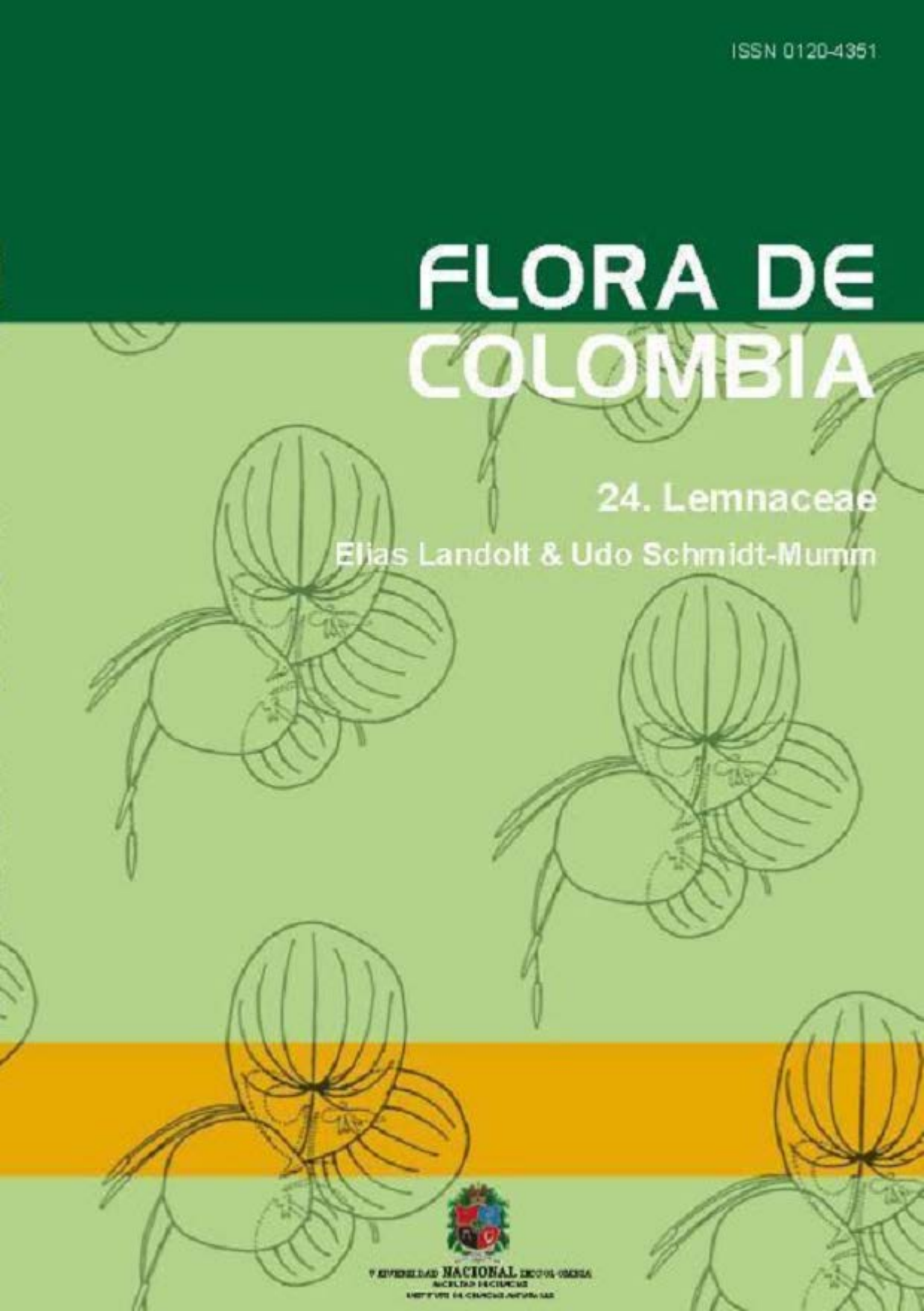
ISSN 0120-4351

FLORA DE COLOMBIA

24. Lemnaceae

Elias Landolt & Udo Schmidt-Mumm



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS

FLORA DE COLOMBIA

MONOGRAFÍA NO. 24

LEMNACEAE

ELIAS LANDOLT

Institute of Integrative Biology (IBZ), ETH Zurich, Universitätstrasse 16. CH-8092 Zürich, Switzerland.
elias.landolt@env.ethz.ch

UDO SCHMIDT-MUMM

Department of Freshwater Ecology-Hydrobotany, University of Vienna, Althanstrasse. 14, A-1091 Vienna, Austria.
Uschmidt@tele2.at

Editores:

JULIO BETANCUR
GLORIA GALEANO
JAIME AGUIRRE-C.

INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

BOGOTÁ, D. C., COLOMBIA
2009

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE CIENCIAS

©Instituto de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Colombia
Apartado 7495, Bogotá, Colombia

© Elias Landolt
Udo Schmidt-Mumm

Editores:
Julio Betancur
Gloria Galeano
Jaime Aguirre-C.

Asistente editorial:
Alejandro Zuluaga

Diagramación:
Liliana P. Aguilar-G.

Impresión:
ARFO Editores e Impresores Ltda.
Cra 15 No. 54 - 32
casaeditorial@etb.net.com
Bogotá, Colombia

ISSN 0120-4351

Cítese como:
Landolt, E. & U. Schmidt-Mumm. Lemnaceae. Flora de Colombia No. 24. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 54 p.

Impreso en Colombia - Printed in Colombia, Bogotá, mayo de 2009

DE LOS EDITORES DE FLORA DE COLOMBIA

Con esta nota estamos entregando a la comunidad científica el número veinticuatro de la Serie Flora de Colombia, del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Esta contribución presenta el tratamiento taxonómico de la familia Lemnaceae para Colombia.

Históricamente, las Lemnaceae habían sido consideradas dentro del orden Arales y estrechamente relacionadas con las Araceae. Actualmente, con estudios basados en datos moleculares, se incluyen dentro del orden Alismatales y forman un clado monofilético al interior de Araceae. En esta obra los autores prefirieron tratarlas como una familia independiente y los Editores consideramos que, sin importar cual sea el nivel jerárquico, las lemnáceas constituyen un grupo claramente distinguible y natural dentro del contexto de las monocotiledóneas.

Las lemnáceas comprenden cinco géneros y cerca de 40 especies, distribuidas en las zonas templadas y tropicales de todo el mundo. En América tropical la familia está representada por los mismos cinco géneros (*Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*) y 18 especies, 15 de las cuales se encuentran en Colombia. Las lemnáceas son plantas diminutas, acuáticas y flotantes que proliferan sobre cuerpos de agua, y se caracterizan por la gran reducción de sus órganos, semejando organismos taloides. Estas plantas generalmente crecen formando agrupaciones densas, la mayor parte de ellas de origen clonal, con raíces muy reducidas o ausentes. Además, tienen gran potencial de uso en sistemas agropecuarios por su alta capacidad para absorber nutrientes del medio, principalmente nitrógeno, de tal forma que se constituyen en fuente importante para la alimentación de aves, porcinos y bovinos.

Sin duda alguna, este tratamiento será de gran utilidad para el estudio de las lemnáceas colombianas y de los países vecinos, y se constituirá en una herramienta útil para la identificación de las especies.

Por otra parte, queremos volver a resaltar que hemos adoptado un nuevo formato para la Serie Flora de Colombia, con la intención de facilitar el trabajo de los autores y los editores y agilizar el proceso de producción de las floras. Además, llamamos la atención sobre la posibilidad de publicar tratamientos de diferentes grupos de plantas sin importar su rango taxonómico o su tamaño. Invitamos a nuestros posibles contribuyentes y autores de tratamientos a visitar nuestra página web (www.icn.unal.edu.co/icn/floradecolombia), en donde podrán consultar las instrucciones para los autores y otra información pertinente sobre la Serie.

Por último, queremos hacer un reconocimiento especial al biólogo Alejandro Zuluaga, Asistente Editorial, por su oportuna y acertada labor que permitió que esta obra viera la luz. Así mismo, a la Facultad de Ciencias por su apoyo para la publicación de esta obra.

RESUMEN

Las Lemnaceae son una familia de plantas acuáticas errantes caracterizadas por la reducción de sus órganos y la poca diferenciación morfológica. La familia consta de cinco géneros y 37 especies y presenta una distribución casi cosmopolita. En Colombia se presentan los cinco géneros (*Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*) y 15 especies. Las plantas se encuentran con mayor frecuencia en el altiplano de Cundinamarca, en el valle del río Magdalena y en las regiones situadas hacia el norte del país. Se presentan claves de identificación, descripciones, comentarios taxonómicos y mapas de distribución para todas las especies.

Palabras clave. Flora de Colombia, *Landoltia*, *Lemna*, Lemnaceae, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*.

ABSTRACT

The Lemnaceae are a family of free floating hydrophytes characterized by their reduction of organs and morphological differentiation. The family comprises five genera and 37 species of near-cosmopolitan distribution. All five genera (*Landoltia*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*) and 15 species are known to occur in Colombia. The plants are most frequent in the highlands of Cundinamarca, in the Magdalena Valley, and in the northern regions. Identification keys, descriptions, taxonomic comments, and distribution maps for all species are included.

Key words. Colombian flora, *Landoltia*, *Lemna*, Lemnaceae, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella*.

INTRODUCCIÓN

Las Lemnaceae conforman una familia pequeña de plantas monocotiledóneas acuáticas. La característica más sobresaliente es su pequeño tamaño, la reducción de sus órganos y la poca diferenciación morfológica. Básicamente, consisten de un grupo de frondas que permanecen sumergidas o flotan sobre el espejo de agua. La condición más extrema se presenta en el género *Wolffia*, en el cual las plantas consisten de un cuerpo esférico y taloide de sólo 0.5 mm de diámetro.

Consideraciones filogenéticas. Históricamente ha sido difícil establecer las relaciones de las Lemnaceae con otros grupos de plantas, especialmente por su gran reducción debida a la alta especialización y adaptación al hábitat acuático. Sin embargo, actualmente se considera que las Lemnaceae se encuentran al final de una línea de reducción evolutiva y no hacia el comienzo de la diferenciación de las angiospermas. Existen dos opiniones principales acerca de las relaciones de las Lemnaceae dentro de las monocotiledóneas, asociarlas con las Helobiae o Alismatiflorae (Eichler 1875, Lawalrée 1945, Deyle 1955) o incluirlas dentro de las Arales, incluso dentro de la familia Araceae (Hegelmaier 1868, Engler 1877, Arber 1920, Brooks 1940, Meusel 1951, Maheshwari 1954, 1958, Daubs 1965, Kandeler 1979).

La supuesta asociación histórica entre las Lemnaceae y las Araceae se basó en la aparente similaridad morfológica que comparten con las plantas del género *Pistia*. Sin embargo, actualmente se reconoce que esta apariencia es sólo superficial y que hay muchos caracteres que las separan (Landolt 1986), diferencias que son incluso sustentadas por análisis filogenéticos. Por otra parte, se llegó a proponer incluir las Lemnaceae dentro de su propio orden (Lemnales), dada la imposibilidad de encontrar cualquier asociación con Araceae, Hydrocharitaceae u otras familias del orden Helobiales, al igual que por su alta especialización ecológica y su supuesta posición ancestral (Landolt 1986).

Adicionalmente, los escasos registros paleobotánicos y fósiles tampoco han permitido resolver las relaciones de parentesco de las Lemnaceae. Los primeros registros asociados a Lemnaceae datan de la transición entre el Cretáceo superior y el Paleoceno, los cuales fueron agrupados dentro del género *Limnobiophyllum* y se consideraban como el eslabón entre las familias Araceae y Lemnaceae (Kvacec 1995). Por otra parte, las semillas fósiles más antiguas que se han asignado a Lemnaceae datan del Oligoceno (Dorofeev 1963).

Los análisis cladísticos muestran una fuerte relación entre las Lemnaceae y las Araceae, indicando que en conjunto conforman un grupo monofilético (Stockey *et al*. 1997). Utilizando análisis moleculares basados en el ADN del cloroplasto, French *et al*. (1995) encontraron que las Lemnaceae debían ser incluidas dentro de la familia Araceae y que, además, no eran cercanas a *Pistia* y que estaban más relacionadas con otros grupos de aráceas. Por otra parte, Behnke (1995) favorece la separación de las familias Acoraceae y Lemnaceae de las Araceae principalmente por la forma y el tamaño de los elementos

tamizados de los plastidios. Así mismo, Grayum (1992) menciona que otros caracteres que distinguen las Lemnaceae de las Araceae son el polen uniporado del tipo ulceolado y los frutos utriculados.

Cabrero *et al.* (2008), basados en análisis moleculares, encontraron que la familia Lemnaceae quedaba embebida dentro de las Araceae y que conformaba un clado que divergió muy tempranamente de las demás Araceae. Este clado forma un grupo monofilético muy bien caracterizado morfológica y ecológicamente (véase también Les *et al*. 2002, Crawford *et al*. 2006). Así, según lo anterior, sólo si se separan los géneros *Lysichiton*, *Symplocarpus*, *Orontium* y *Gymnostachys* en una o dos familias independientes, se podría mantener la familia Lemnaceae como tal. Sin embargo, para este tratamiento preferimos mantener las Lemnaceae como una familia aparte, especialmente porque consideramos que se debe explorar más sus relaciones de parentesco y por sus particulares características morfológicas y ecológicas.

Historia taxonómica. Curiosamente, hasta el siglo dieciséis, de acuerdo a Hieronymus Bock, se suponía que las Lemnaceae eran el primer estado de desarrollo de los berros. Vallisneri, en 1741, fue el primero en describir las flores de Lemnaceae (Landolt 1986). Sin embargo, la primera monografía de Lemnaceae fue escrita por Schleiden en 1839 y en ella consideró cuatro géneros y cinco especies: *Wolffia* (*W. arrhiza*), *Lemna* (*Lemna minor*, *L. gibba*), *Telmatophace* (*T. gibba = Lemna gibba*) y *Spirodela* (*S. polyrhiza*). Luego, Hegelmaier (1868) publicó otra monografía en la que incluía tres géneros (*Spirodela*, *Lemna* y *Wolffia*) y 21 especies. Posteriormente, el mismo Hegelmaier (1871, 1895) separó el género *Wolffia* en *Wolffia* y *Wolffiella*. Es de resaltar el gran valor que aún tienen los trabajos de Hegelmaier, especialmente por lo cuidadoso y extremadamente exacto en sus observaciones anatómicas e insuperables ilustraciones. En 1965 Daubs publicó una nueva monografía para la familia y en ella consideró principalmente lo que se conocía para Norteamérica. Lo anterior impulsó a Hartog & van der Plas (1970) a publicar su "Synopsis of the Lemnaceae", en la cual consideraron seis géneros (*Lemna*, *Pseudowolffia*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Wolffiella* y *Wolffiopsis*) y 29 especies. La última monografía para la familia fue publicada por Landolt (1986) y Landolt & Kandeler (1987), la que contiene además un compendio de la mayoría de los trabajos realizados hasta entonces.

Para la familia Lemnaceae se conocen otros tratamientos importantes dirigidos a su conocimiento para alguna región en particular, como Norteamérica (Thompson 1897) o Europa (Kandeler 1979). Por otra parte, Hillman (1961) compiló toda la literatura existente para Lemnaceae e incluyó trabajos morfológicos, anatómicos, fisiológicos y fitoquímicos. Más recientemente Landolt (1998) presentó una revisión completa sobre la anatomía de la familia. Iqbal (1999) publicó un manual dirigido al tratamiento de aguas residuales y a la producción de forraje para animales. Sin embargo, si se quiere obtener un panorama amplio sobre la familia y sus aplicaciones, se aconseja consultar la página web mantenida por Cross (sitio web: http://www.mobot.org//jwcross/duckweed).

Consideraciones morfológicas

Fronda. La fronda es un cuerpo verde con apariencia de hoja o de talo que consiste de un conjunto de órganos y tejidos que no tienen una diferenciación pronunciada. La interpretación de la fronda no es muy clara, incluso, la mayoría de los autores concuerdan en que el desarrollo de la planta permanece de alguna manera en un estado embrionario. La parte basal de la fronda se originó de un vástago, mientras que la parte distal de una hoja (Fig. 1). Las frondas nuevas se originan de bolsas en la base de la fronda. Una fronda madre puede dar lugar a más de 20 frondas filiales, dependiendo de la especie y sus condiciones de crecimiento. Normalmente las frondas se reproducen rápidamente y duran entre 2 y 10 semanas, incluso, a bajas temperaturas o en estado de reposo pueden durar mucho más. Por otra parte, bajo condiciones desfavorables algunas especies pueden formar yemas de reposo o turiones (como en *Spirodela polyrhiza* y en las especies de *Wolffia*). Los turiones son más pequeños que las frondas, no presentan tejido aerenquimatoso o espacios intercelulares y están llenos de gránulos de almidón. Estos se hunden y caen al fondo para germinar nuevamente cuando las condiciones ambientales vuelven a ser favorables. Los turiones pueden permanecer latentes por muchos meses o, inclusive, años. Una fronda normal consiste de una a más de diez capas de tejido parenquimático ubicadas entre las epidermis superior e inferior (Fig. 2, 3).

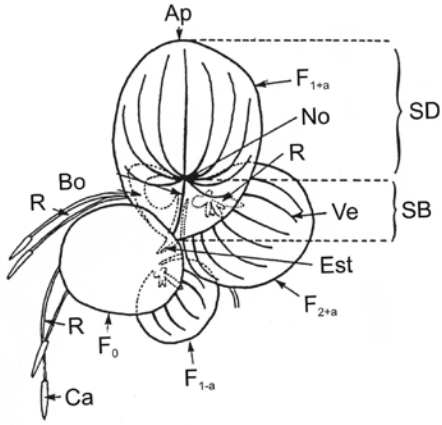


Figura 1. Grupo de frondas de *Spirodela polyrhiza* vistas por encima (x 6) (tomado de Hegelmaier 1868). SB: sección basal de la fronda; SD: sección distal de la fronda. Ap: ápice; Bo: bolsa; Ca: caliptra; Est: estípite; F_0: fronda materna; F_{1+a}: primera fronda filial de la primera generación, lado +; F_{1-a}: primera fronda filial de la primera generación, lado -; F_2: fronda filial de la segunda generación; No: nodo; R: raíces; Tr: sector de células elongadas que conectan el estípite y el nodo; Ve: nervio.

La epidermis es uniestratificada y consiste de células en forma de panel que pueden tener paredes rectas entre sí (*Spirodela*, *Wolffiella*, *Wolffia*) u onduladas (*Landoltia*, *Lemna*). En *Wolffia* y *Wolffiella* las células de la epidermis tienen aproximadamente el mismo número de cloroplastos que las células debajo de la epidermis; sin embargo, en los demás géneros estas células contienen muy poco plasma y cloroplastos. Las células epidérmicas de la superficie superior (la expuesta al aire) se encuentran protegidas por una cutícula cerosa. Por otra parte, con excepción de las especies sumergidas, las frondas de todas las Lemnaceae que emergen del agua desarrollan estomas por la superficie superior. Los estomas se organizan de forma paralela a lo largo de los nervios y/o márgenes de las

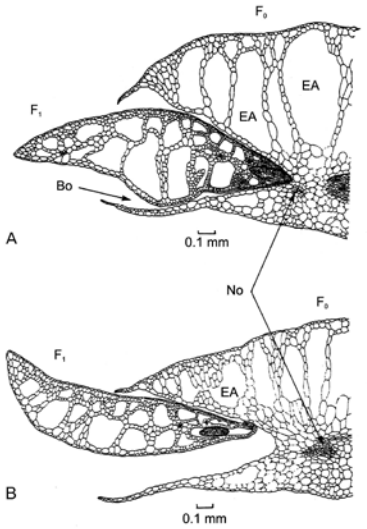


Figura 2. Corte transversal de frondas de *Lemna gibba* (tomado de Efrat *et al*. 1977). A: fronda gibosa; B: fronda plana. EA: espacios aéreos; F_0: fronda materna; F_1: fronda filial; Bo: bolsa; Ep: epidermis; No: nodo.

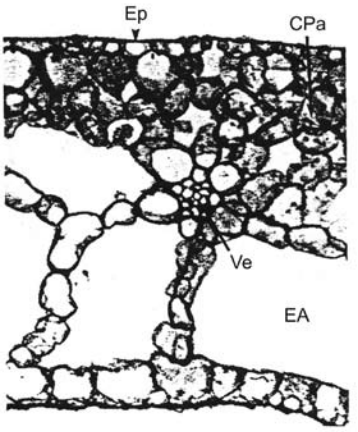


Figura 3. Microfotografía de corte transversal de la fronda de *Spirodela polyrhiza* (x 420) (tomado de Jacobs 1947). EA: espacios aéreos; Ep: epidermis; Ve: venas; CPa: células parenquimáticas.

frondas y están rodeadas por 4 a 9 células (Fig. 4). El número de estomas es una propiedad característica para cada especie, pero también depende de las condiciones del hábitat. Por ejemplo, el número de estomas en *Wolffiella* y *Wolffia* puede variar entre 0 y 150, mientras que en *S. polyrhiza* generalmente tiene más de 5000. Las células del tejido que se encuentran debajo de la epidermis superior son pequeñas, tienen espacios aéreos subestomatales e intercelulares prominentes (excepto en las frondas sumergidas), mientras que las de la epidermis inferior tienen muchas vacuolas y están densamente empaquetadas. Por otra parte, las células de la epidermis superior contienen mayor número de cloroplastos que las de la inferior.

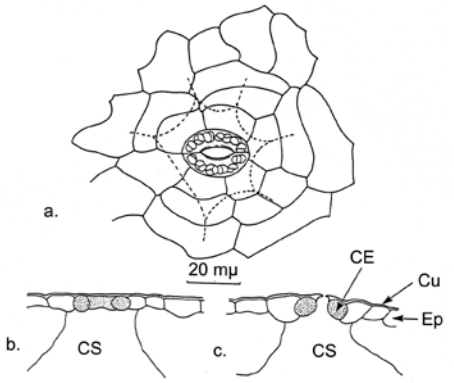


Figura 4. Complejos estomáticos de *Spirodela intermedia* (tomado de Klich & Mujica 1986). a: área las cámaras subestomáticas (línea rayada); b: corte longitudinal; c: corte transversal. Ep: células epidérmicas; CE: células estomáticas; CS: cámara subestomática; Cu: cutícula.

Órganos reproductivos. En la mayor parte de las especies prevalece la propagación vegetativa y muy pocas veces se presentan órganos reproductivos. Los órganos de floración consisten de 1 o 2 estambres y un ovario, algunas veces rodeado por una escama (Fig. 5). La interpretación de los órganos de floración es bastante controversial, incluso, algunos autores lo definen como una inflorescencia. De hecho, los autores que ubican a las Lemnaceae cerca a *Pistia* u otros géneros de Araceae, se refieren a una inflorescencia con 1 o 2 flores masculinas y una femenina. Sin embargo, no existe evidencia morfológica que sustente ésta hipótesis, por lo que resulta más razonable denominar este órgano de floración simplemente como flor. Los granos de polen son trinucleados, monospóricos y tienen una pequeña protuberancia cónica a espinosa en la superficie, al igual que un poro para la germinación (Fig. 6). El ovario tiene forma de botella y termina en un estilo más estrecho y el estigma. Se compone de un carpelo cerrado y unilocular. El óvulo inicialmente es átropo (ortótropo), pero en *Spirodela*, *Landoltia* y algunas especies de *Lemna* cambia a anfítropo -sí el ovario presenta una semilla-, o a anátropo -sí el ovario presenta dos o más semillas-. El óvulo se encuentra encerrado en dos pares de tegumentos que contienen cloroplastos (Fig. 7), es crasinucelado (más de una capa de células por encima del saco embrionario). El saco embrionario es monospórico en *Spirodela* (Maheshwari & Maheshwari 1963) y biespórico en *Lemna* y *Wolffia* (Maheshwari & Kapil 1963a). Por otra parte, el desarrollo embrionario es del tipo asteral (Maheshwari & Kapil 1963b) (Fig. 8).

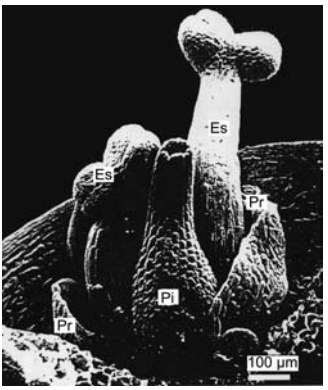


Figura 5. Fotografía SEM de la flor de *Lemna aequinoctialis* (x 130) (tomado de Shih 1979). Es: estambre; Pi: pistilo; Pr: profilo.

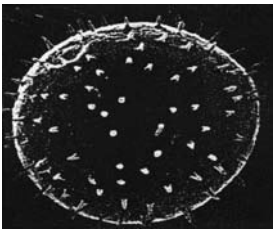


Figura 6. Fotografía SEM de grano de polen de *Landoltia punctata* (x 3000) (tomado de Landolt 1956), obsérvese el único poro de germinación hacia la parte superior izquierda.

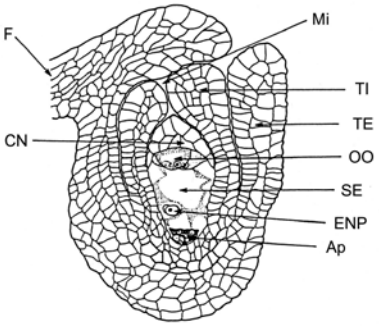


Figura 7. Óvulo con el saco embrionario de *Spirodela intermedia* (x 480) (tomado de Maheshwari & Maheshwari 1963). Ap: antípodas; CN: capa nucelar; ENP: endosperma nucelar primario; F: funículo; Mi: micrópilo; OO: oosfera; SE: saco embrionario; TE: tegumento externo; TI: tegumento interno.

Grandes grupos dentro de Lemnaceae. La familia Lemnaceae se considera constituida por dos grandes grupos: 1) la subfamilia Lemnoideae o tribu Lemneae, compuesta por los géneros *Spirodela*, *Landoltia* y *Lemna*; y 2) la subfamilia Wolffioideae o tribu Wolffieae, compuesta por los géneros *Wolffiella* y *Wolffia*.

Tribu Lemneae. En la mayoría de los tejidos se presentan células de cristal, las cuales contienen cristales de oxalato (Fig. 9). La fronda tiene forma circular, obovada o lanceolada y consiste de una parte basal con dos bolsas laterales, en las cuales se originan las frondas filiales jóvenes, y de una parte distal que termina en el ápice (Fig. 1). El lado en el cual se forma la primera fronda filial se denomina como lado positivo (+), mientras que el que lleva la segunda fronda filial se denomina como lado negativo (-). Entre la sección basal y la distal se puede observar un nodo del cual se originan uno a varios nervios que se dirigen hacia el ápice. Las partes basal y distal poseen aerénquima y en algunas especies bajo ciertas condiciones ambientales, como en *Spirodela intermedia*, *Landoltia punctata*, *Lemna gibba* y *L. obscura*, los espacios aéreos se pueden alargar y formar frondas gibosas (Fig. 2). Las frondas filiales se encuentran conectadas a la fronda materna por medio de un estípite, el cual eventualmente puede romperse y así permitir la separación de las dos frondas; una hilera de células alargadas (tráqueas) se continúan con el estípite. Por otra parte, dependiendo de la especie o las condiciones ambientales, la fronda filial se puede separar de la materna tan pronto está madura, o pueden permanecer juntas a lo largo de una o varias generaciones formando grupos sueltos, rosetas o aglomerados. La propagación y separación sucesiva de nuevas frondas o grupos de frondas se muestra en la Fig. 10. Generalmente sólo hay una flor por fronda, excepcionalmente dos, y se originan en una de las bolsas basales. Las raíces se originan en el nodo del lado inferior de la fronda, a partir de la capa de células que hay debajo de la epidermis

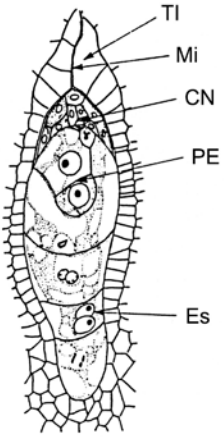


Figura 8. Saco embrionario fertilizado de *Lemna aequinoctialis*, mostrando el proembrión y el endosperma 8-celular (x 800) (tomado de Maheshwari & Kapil 1963b). Es: endosperma; TI: tegumento interno; M: micrópilo; CN: capa nucelar; PE: proembrión.

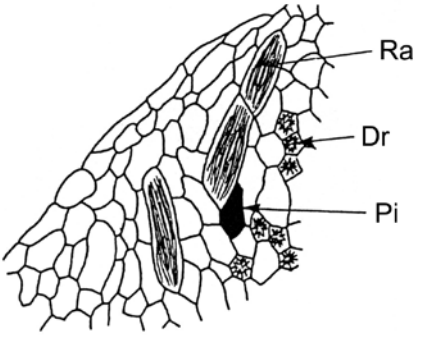


Figura 9. Corte de la fronda de *Landoltia punctata* (x 240) (tomado de Hegelmaier 1868). Dr: drusas; Pi: célula de pigmento; Ra: rafidios.

(Hegelmaier 1868), las cuales nunca se ramifican y no desarrollan pelos radicales; el ápice radical se encuentra cubierto por una caliptra. Las flores tienen 2 estambres, son 4-loculares, con un ovario 1-5 ovulado y están rodeadas por una escama, interpretada como un profilo (Fig. 5). Las semillas son acostilladas longitudinalmente.

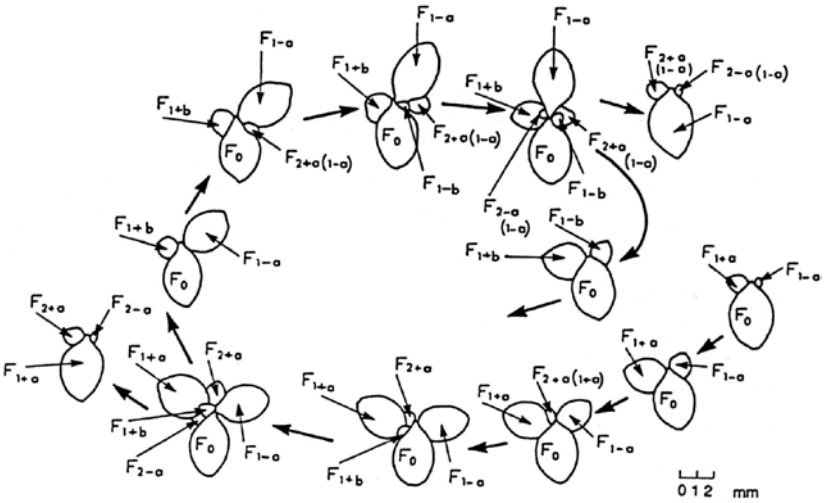


Figura 10. Diagrama del ciclo de crecimiento vegetativo de *Lemna aequinoctialis* (tomado de Datko *et al*. 1980). F_0: fronda materna; F_1: fronda filial de la primera generación; F_2: fronda filial de la segunda generación; $F_{2+a(1-a)}$: primera fronda filial del lado + de la segunda generación, originada de la primera fronda del lado - de la primera generación; a: primera fronda filial; b: segunda fronda filial; +: lado positivo; -: lado negativo.

En el género *Spirodela* hay una escama membranácea, llamada profilo, que se encuentra adherida a la base de la fronda (Fig. 11) y cubre el primordio de la raíz con un lóbulo ubicado en la parte inferior de la fronda. Las 7-21 raíces son adventicias y se originan de la parte inferior del nodo y contienen varias traqueidas que se extienden hacia el ápice. Los tejidos de *Spirodela* presentan células idioblastos con cristales de oxalato o rafidios o células con drusas, con uno a dos cristales en forma de estrella y localizadas en la capa subepidermal de la fronda; estos cristales pueden servir como protección contra daños causados por moluscos y otros organismos pequeños. Por otra parte, en la mayor parte de los órga-

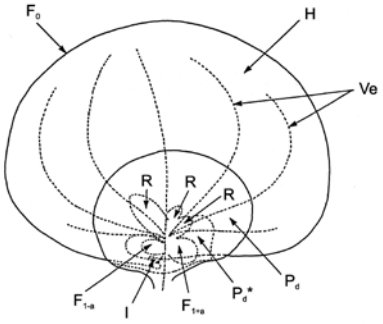


Figura 11. Vista superior de fronda joven de *Spirodela polyrhiza* (x 55) (tomado de Hegelmaier 1868). I: incisión de la bolsa; F_0: fronda materna; F_{1+a}: primera fronda filial de la primera generación, lado +; F_{1-a}: primera fronda filial de la primera generación, lado -; H: cuerpo foliáceo; P_d: profilo, lobo dorsal; P_d*: esquina del lobo dorsal dirigiéndose hacia el lado ventral; R: raíces; Ve: nervios.

nos se presentan células de pigmento, las cuales contienen compuestos fenólicos que se observan como manchas pardas sobre las frondas muertas, y que probablemente actúan como protección contra el daño causado por pequeños animales.

El género *Landoltia* se distingue de *Spirodela* principalmente por su profilo reducido y por tener 3-7 nervios. Presenta (1)2-7(12) raíces que tienen traqueidas restringidas a la parte basal. Por otra parte, al igual que en *Spirodela*, las células contienen cristales de oxalato como rafidios y drusas (Fig. 9) y células de pigmento en la mayoría de los tejidos.

En el género *Lemna* no se presenta el profilo, el número de raíces se encuentra reducido a sólo una (Fig. 12) y se presentan solamente 1-5(-7) nervios. Las raíces no tienen traqueidas. El fruto generalmente consiste de una sola semilla que es longitudinalmente costillada, sin embargo, dos especies pueden contener hasta 5 semillas. Las células con cristales de oxalato solo se encuentran presentes en forma de rafidios y no se presentan células de pigmento.

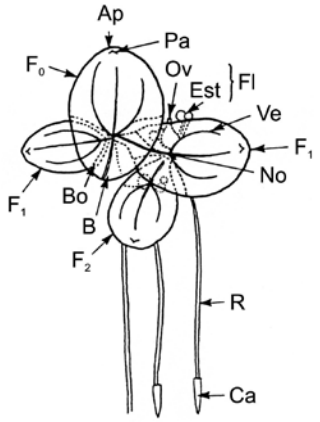


Figura 12. Vista superior de *Lemna aequinoctialis* (x 7) (tomado de Hegelmaier 1868). Ap: ápice; B: base; Bo: bolsa; Ca: caliptra; Est: estambre; Fl: flor; F_0: fronda materna; F_1: fronda filial de la primera generación; F_2: fronda filial de la segunda generación; No: nodo; Ov: ovario; Pa: pápula; R: raíz; Ve: nervio.

Tribu Wolffieae. A diferencia de la tribu Lemneae, las Wolffieae no tienen raíces ni nervios. Las frondas filiales se originan en una bolsa o cavidad basal solitaria, la cual se dirige en forma recta hacia la parte posterior (Fig. 13). Generalmente forman grupos de 1-2 frondas y en algunas especies de *Wolffiella* se pueden formar agrupaciones con forma de estrella. Por otra parte, no hay células con cristales de oxalato, mientras que las células de pigmento pueden estar presentes en la mayor parte de los tejidos, como ocurre en las especies suramericanas de *Wolffiella* y en *Wolffia brasiliensis*, o estar ausentes, como ocurre en las demás especies suramericanas de *Wolffia*. Sin embargo, a lo largo de la línea de dehiscencia de las anteras siempre están presentes las células de pigmento. Las flores consisten de una antera 2-locular, un pistilo 1-ovular y no tienen escama, por lo que las flores se localizan en una cavidad situada en la parte superior de la fronda. Las semillas son casi lisas.

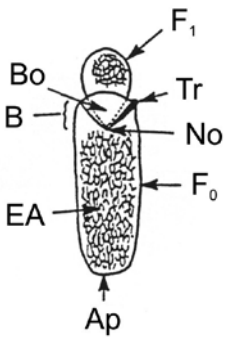


Figura 13. Vista superior de *Wolffiella oblonga* (x 7) (tomado de Hegelmaier 1868). Ap: ápice; B: parte basal; Bo: bolsa; EA: espacios aéreos; F_0: fronda materna; F_1: fronda filial de la primera generación; No: nodo; Tr: hilera de células alargadas.

La principal diferencia entre *Wolffiella* y *Wolffia* es que en *Wolffiella* las frondas son planas, delgadas y con aerénquima, al menos en la parte distal cercana al nodo (Fig. 13), mientras que en *Wolffia* son gibosas, tridimensionales y sin aerénquima (Fig. 14, 15). Por otra parte, en *Wolffiella* la cavidad floral permanece en posición lateral a la línea media de la fronda, excepto en *Wolffiella welwitschii* que puede estar hacia ambos lados de ella. En *Wolffia* la cavidad siempre es solitaria y se encuentra más o menos sobre la línea media.

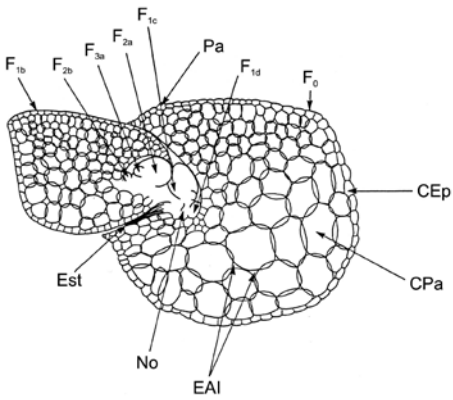


Figura 14. Corte longitudinal de *Wolffia arrhiza* (x 55) (tomado de Hegelmaier 1868). CEp: células epidérmicas; CPa: células parenquimáticas; EAI: espacios aéreos intercelulares; Est: estípite; F_0: fronda materna; F_{1b}: segunda fronda filial de la primera generación; F_{1c}: tercera fronda filial de la primera generación; F_{2a}: primera fronda filial de la segunda generación; F_{3a}: primera fronda filial de la tercera generación; No: nodo; Pa: pápula.

Distribución y hábitat. Las Lemnaceae son plantas pleustófitas, o sea, plantas errantes que habitan sobre o por debajo de la superficie del agua. Debido a que las plantas no enraízan en el suelo no pueden tomar los nutrientes de éste y son arrastradas fácilmente por las corrientes de agua o del viento. De esta manera, las Lemnaceae se encuentran restringidas a pequeños cuerpos de aguas quietas o a lugares en donde quedan fijadas por las raíces de otras plantas acuáticas o palustres, como *Phragmites*, *Typha*, *Eichhornia azurea* o ciperáceas, entre muchas otras.

Algunas Lemnaceae son capaces de colonizar cuerpos de agua estacionales, como *Lemna aequinoctialis*, *L. gibba* y *Wolffiella welwitschii*, permaneciendo durante la estación seca en forma de semilla. Otras especies, también, pueden crecer sobre paredes de rocas húmedas, como ocurre con *Lemna minor* (en Norteamérica, Europa, África), *L. aequinoctialis* (en África) y el grupo formado por *L. valdiviana* (*L. valdiviana*, *L. minuta*, *L. yungensis*). En Suramérica se tienen registros de lemnáceas que crecen sobre rocas húmedas en Brasil, Bolivia y Ecuador, lo que muy probable-

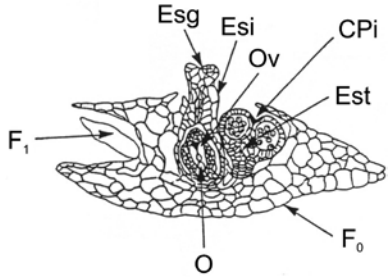


Figura 15. Corte longitudinal de una fronda florecida de *Wolffia microscopica* (x 50) (tomado de Maheshwari 1954). CPi: célula de pigmento; Esi: estilo; Esg: estigma; Est: estambre; F_0: fronda materna con una flor en la cavidad; F_1: primera fronda filial; O: óvulo; Ov: ovario.

mente índica que también se pueden presentar en Colombia. Las condiciones requeridas son que la roca esté cubierta por una delgada lámina de agua y que les llegue intensa radiación solar.

La absorción de nutrientes se encuentra restringida a la superficie exterior de la fronda y a las raíces, cuando están presentes. Sin embargo, las raíces no se encuentran equipadas con pelos radicales, así que la superficie de absorción es bastante limitada. Lo anterior índica que las lemnáceas no están adaptadas a aguas con escasa concentración de nutrientes. De hecho, en aguas ricas en nutrientes y climas calurosos, pueden cubrir el espejo de agua con varias capas de plantas sobrepuestas, y las tasas de multiplicación pueden ser sorprendentemente altas. Las frondas de las capas inferiores que no reciben luz directa son capaces de vivir heterotróficamente a partir de las sustancias orgánicas secretadas por las frondas de las capas superiores.

Aspectos fitosociológicos. De acuerdo con Landolt (1999, 2000b), las especies de Lemnaceae de Colombia hacen parte de la clase fitosociológica *Lemnetea* (*minoris*), la cual está distribuida por todo el mundo y comprende dos órdenes y tres alianzas. El orden *Lemnetalia gibbae* contiene la alianza *Azollo filiculoides-Lemnion gibbae* y las asociaciones *Lemno minutae-Lemnetum gibbae* y *Azollo filiculoides-Wolffielletum oblongae.* Por su parte, el orden *Lemnetalia aequinoctialis* contiene las alianzas *Wolffio globosae-Lemnetum obscurae* y *Salvinio minimae-Lemnion aequinoctialis* (con las asociaciones *Lemno aequinoctialis-Wolffielletum ligulatae*, *Lemno aequinoctialis-Wolffielletum welwitschii* y *Wolffio columbianae-Lemnion obscurae*).

El orden *Lemnetalia gibbae* se encuentra distribuido en Colombia en la región andina, por encima de 2000 m de altitud. La especie típica, *Lemna gibba*, es muy abundante en aguas con alto contenido de nitrógeno. La asociación *Lemno minutae-Lemnetum gibbae* se presenta en las regiones más frías, en donde la temperatura en la noche puede descender por debajo de 0° C, y está representada principalmente por las especies *L. gibba*, *L. minuta*, *L. valdiviana* y *Azolla filiculoides*. La asociación *Azollo filiculoides-Wolffielletum oblongae* se presenta en regiones más cálidas y libres de heladas y puede contener especies como *Spirodela intermedia*, *Wolffia brasiliensis*, *W. columbiana*, *W. oblonga*, *Wolffiella lingulata*, *Limnobium laevigatum* y *Ricciocarpus natans*. Por el contrario, en Colombia el orden *Lemnetalia aequinoctialis* se encuentra extendido por tierras bajas y cálidas. La asociación *Lemno aequinoctialis-Wolffielletum welwitschii* requiere de altas temperatura y concentración de sales, por lo que se distribuye principalmente en las regiones centrales y bajas del norte de Colombia. La asociación *Wolffio clumbianae-Lemnetum obscurae* requiere de periodos secos más extremos y se encuentra restringida a la región Caribe.

Aplicación económica de las Lemnaceae. A continuación se enumeran las cinco principales aplicaciones económicas conocidas para las lemnáceas, pero para una descripción más detallada se puede consultar Landolt & Kandeler (1987).

1. Como alimento. Las lemnáceas han sido muy utilizadas para la producción de alimentos ricos en proteínas y como hortalizas, especialmente por su alta productividad en cultivo (hasta 40 toneladas de peso seco por ha al año). Así, han sido muy utilizadas para producir alimento de alta calidad para aves, pescados, camarones, cerdos y ganado. Por otra parte, en algunos lugares del mundo, como en Tailandia e Israel por ejemplo, *Wolffia* se cultiva en estanques para ser utilizada como hortaliza para el consumo humano (Bhanthumnavin & McGarry 1971, Porath 1996).

2. Como fuente de energía. Las lemnáceas poseen alto contenido de energía utilizable, calculada entre 9000 y 18000 J por gr de peso seco (Mestayer *et al*. 1984). Esta energía se puede utilizar para la fermentación y la producción de metano o etanol (Sekine 1979). Por otra parte, se considera promisorio su uso en la producción biotecnológica de compuestos fitoquímicos como vitaminas, enzimas, sustancias terapéuticas, etc.

3. Para el tratamiento de aguas sucias. Las lemnáceas poseen una capacidad asombrosa para la remoción de nitrógeno (hasta 4.7 kg/ha/día), fósforo (hasta 1.6 kg/ha/día), potasio (hasta 2.1 kg/ha/día), sodio, calcio y magnesio. Lo anterior ha hecho que se usen en todo el mundo sistemas de purificación para aguas residuales e industriales. También, son usadas para la remoción de metales pesados de aguas polucionadas, pues tienen alta capacidad de retención de metales pesados como Al, Zn, Mn, Fe, y Cu.

4. En la regulación de ecosistemas acuáticos. Las lemnáceas son muy importantes en el mantenimiento de algunos ecosistemas acuáticos, tanto por el suministro de energía como por proporcionar condiciones de hábitat necesarias para el crecimiento de otros organismos. Así, pueden participar en la retención del agua, en la disminución de la sobrecarga de nutrientes y contaminantes, en el balanceo de la temperatura del agua y en la reducción de la evapotranspiración. Por otra parte, limitan el crecimiento de las poblaciones de mosquitos, algunos de ellos claves en la transmisión de enfermedades tropicales. Sin embargo, pueden crecer desmesuradamente sobre el espejo de agua y así disminuir el intercambio gaseoso e impedir el suministro de oxígeno al ecosistema, condiciones que pueden afectar el mantenimiento de poblaciones de algunos organismos acuáticos.

5. Como organismos utilizados en bioensayos. Las lemnáceas han sido utilizadas ampliamente como organismos experimentales en investigaciones fisiológicas, fitoquímicas y de contaminación. Por ejemplo, han sido muy utilizadas como organismos de prueba para estudiar el efecto de toxinas y otras sustancias que contaminan el medio ambiente.

TRATAMIENTO TAXONÓMICO

LEMNACEAE*

Lemnaceae S. F. Gray, Nat. Arr. Brit. P. 2: 729. 1821 ("Lemnadeae"; Dumortier, Fl. Belg.: 147. 1827).

Género tipo. *Lemna* L.

Referencias. von Humboldt *et al*. (1816); Schleiden 1839; Hegelmaier 1868, 1895; Daubs 1965; Den Hartog & van der Plas 1970; Landolt 1986; Schmidt-Mumm 1992; Landolt 2000a.

Hierbas acuáticas, perennes o rara vez anuales, flotantes en la superficie del agua o sumergidas, reducidas a pequeños cuerpos verdes denominados frondas los cuales corresponden parcialmente a la hoja y parcialmente al tallo. **Frondas** 1 a muchas, adherentes entre ellas, circulares a oblongas o lanceoladas, planas o convexas en el lado inferior (gibosas), o globulares a ovoide, 0.4-1.5 cm de largas, con o sin nervios; las frondas filiales se forman sucesivamente a partir de una cavidad basal o 2 bolsas básales, separables o adheridas por varias semanas; nodo (punto de origen de nervios, raíces y frondas filiales) situado aproximadamente a $\frac{1}{3}$ de la base hacia el ápice. **Turiones** (en algunas especies) formándose bajo condiciones desfavorables, con apariencia de fronda pero más pequeños, compactos, se hunden hacia el fondo. **Raíces** ausentes o 1-21, filiformes, surgen del lado inferior de la fronda; pelos radicales ausentes. **Flores** rara vez presentes, en la mayoría de las especies 1, rara vez 2 por fronda, emergen de una de las bolsas o de una cavidad en la superficie superior de la fronda. **Sépalos** y **pétalos** ausentes. **Estambres** 1 o 2. **Gineceo** con 1 ovario, en forma de botella, 1-7 ovulado, ahusado hacia un estilo corto; estigma 1, infundibuliforme. **Fruto** indehiscente, apertura por desgarre.

Composición y distribución. La familia Lemnaceae contiene cinco géneros y 37 especies que se distribuyen por todo el mundo, excepto en las regiones ártica, antártica y desérticas. Sin embargo, la mayor riqueza de especies se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En Colombia la familia se encuentra representada con cinco géneros y 15 especies, con mayor riqueza de especies en altiplano de Cundinamarca, en el valle del río Magdalena y en la región Caribe.

Clave para los géneros de Lemnaceae en Colombia

1. Frondas con 1-21 raíces y con 1-21 nervios; cada fronda con 2 bolsas laterales en la base las cuales se producen las frondas filiales; generalmente una flor, raramente dos,

* La lista completa de los especímenes estudiados se puede consultar en el apartado "Lista de los especímenes examinados" o en extenso en la Web: www.icn.unal.edu.co/icn/floradecolombia.

rodeada por una pequeña escama membranosa y utricular; estambres 2, 4-loculares; 1-5 semillas, costilladas longitudinalmente. **2**

1. Frondas sin raíces y sin nervios; una cavidad o bolsa basal en donde se producen las frondas filiales; 1-2 flores que emergen de una cavidad en la superficie superior de la fronda, no rodeadas por una escama; estambre 1, 2-locular; 1 semilla, casi lisa **4**

2. Frondas con 1 raíz, 1-5(-7) nervios, sin una escama en la base **2. *Lemna***
2. Frondas con 2-21 raíces y (3-)5-21 nervios, rodeadas en la base por una pequeña escama membranosa que cubre el punto de adherencia de las raíces **3**

3. Frondas 1-1.5 veces más largas que anchas, con 7-21 nervios, con (5-)7-21 raíces de las cuales 1-5 (pero nunca todas) perforan la escama envolvente **3. *Spirodela***
3. Frondas 1.5-3 veces más largas que anchas, con (3-)5-7 nervios, con (1-)2-7(-12) raíces de las cuales todas perforan la escama envolvente **1. *Landoltia***

4. Fronda delgada y plana, con una bolsa terminal plana, con espacios aéreos cerca de la base o a través de toda la fronda; las flores emergen de una cavidad situada lateralmente de la línea media. **5. *Wolffiella***
4. Fronda no delgada y plana, globular a ovoide, de apariencia navicular o cilíndrica, con una cavidad terminal, sin espacios aéreos; las flores emergen de una cavidad cerca de la línea media. **4. *Wolffia***

1. Landoltia

Landoltia Les & Crawford, Novon 9: 532. 1999.

Especie tipo. *Landoltia punctata* (G. Mey.) Les & Crawford.

Referencias. Les & Crawford 1999.

Frondas lanceoladas a obovadas, 1.5-3 veces más largas que anchas, flotantes en la superficie del agua, 1 a varias coherentes para formar pequeños grupos, en la base rodeadas por una escama foliar (profilo) bífida la cual cubre el punto de adherencia de las raíces; superficie superior de la fronda lustrosa, con una hilera de pápulas pequeñas, esta distintivas a lo largo de la línea media, con más de 50 estomas; superficie inferior y los márgenes rojizos; 3-7 nervios, con una hilera de traqueidas desde el nodo hasta la parte distal; 2 bolsas laterales en la base de la fronda, ambas paredes de la bolsa se originan por el sobre-crecimiento del tejido marginal en la base de la fronda; el tejido presenta células de cristal (drusas y rafidios) y células de pigmento; las frondas florecidas son similares a las estériles. **Turiones** ausentes. **Raíces** (1-)2-7(-12), hasta 7 cm de largo, todas perforan el lóbulo envolvente del profilo, provistas únicamente con una hilera de traqueidas en la parte basal de las raíces. **Flores** originándose en una de las bolsas, rodeadas por una

hojuela (escama) utricular la cual se abre por una incisión lateral o rara vez por dos incisiones. **Estambres** 2 por flor, con 4 lóculos; lóculo externo situado distintivamente por encima del interno. **Gineceo** con 1 óvulo anfítropo y 2 óvulos anátropos; saco embrionario monospóreo; endosperma con 3-5 capas de células. **Fruto** lateralmente alado hacia la parte distal. **Semilla** longitudinalmente costillada.

Composición y distribución. El género *Landoltia* contiene una sola especie que se encuentra distribuida por todo el mundo.

1-1. *Landoltia punctata* (G. Mey.) Les & Crawford, Novon 9: 532. 1999. **Basónimo:** *Lemna punctata* G. Mey., Prim. Fl. Esseq.: 262. 1818. **Tipo:** Chile. Magallanes y la Antártica chilena: Tierra del Fuego Island, Orange Harbor, 1838, *Wilkes expedition* (neótipo US; isoneótipos DS, GH, KANU, MO). **Figs. 6, 9, 16**

Spirodela punctata (G. Mey.) C. H. Thomps., Rep. (Annual) Missouri Bot. Gard. 9: 28. 1897.

Frondas frecuentemente algo puntiagudas en la parte distal, 1.5-8 mm de largo, 1½-2 veces más largas que anchas, frecuentemente gibosas; espacios aéreos en 2-3 capas, alcanzando casi el margen de la fronda. **Raíces** 2-7, rara vez 1 o hasta 12, todas perforan la escama envolvente; caliptra de la raíz puntiaguda o redondeada. Las plantas florecen y fructifican ocasionalmente. **Gineceo** con 1-2 óvulos; estilo 0.15-0.2 mm de largo. **Fruto** 0.8-1.0 x 1.0-1.2 mm. **Semillas** 1, rara vez 2, 0.8-1.2 x 0.5-0.6 mm, con 10-15 costillas, márgenes alados cerca de la parte distal del fruto, aproximadamente 0.1 mm de anchas.

Distribución y hábitat. Actualmente *Landoltia punctata* está distribuida por todo el mundo, pero se cree que es originaria del suroeste de Asia y Australia. Habita en regiones con climas templados a subtropicales y con inviernos no muy drásticos. En Colombia está presente en la región andina (vertiente magdalenense) y amazonia (llanura amazónica).

Especímenes representativos. Cundinamarca: municipio La Vega, vereda Cacahual, humedal Cacahual, Parque Ecológico Laguna del Tabacal, 1370 m, 5 nov 2005, *Mora-Goyes MFM 262* (HPUJ). **Guainía**: río Guaviare al otro lado de San Fernando (Venezuela), 250 m, 25 nov 1948, *Molina 18Va224* (COL, mezclada con *Salvinia sprucei*).

2. Lemna

Lemna L., Sp. Pl. 2: 970. 1753.

Especie tipo. *Lemna minor* L.

Referencias. Landolt 1986; Reveal 1990; Schmidt-Mumm 1992; Crawford & Landolt 1996.

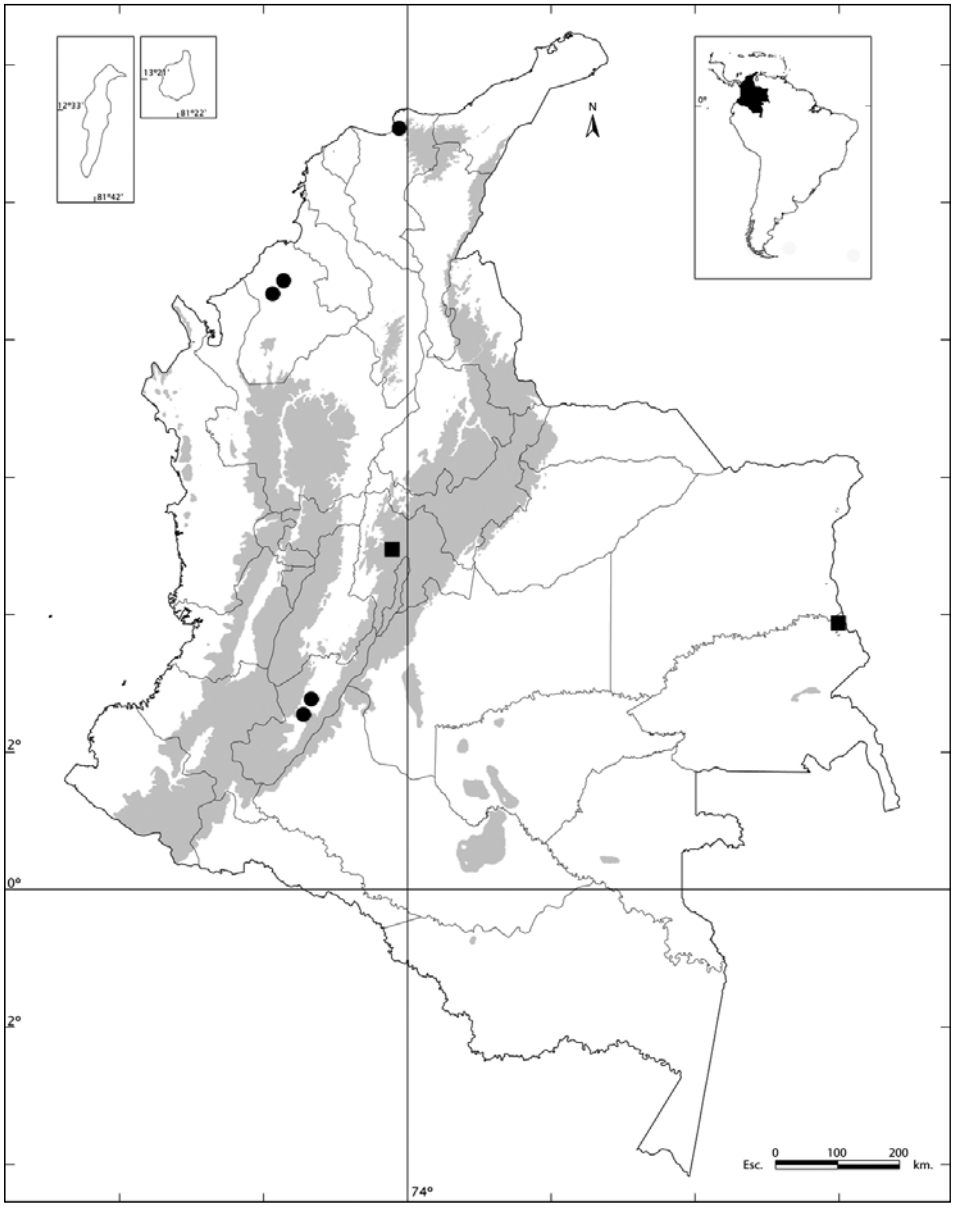


Figura 16. Distribución geográfica de *Spirodela polyrhiza* (●) y *Landoltia punctata* (■).

Etimología. El nombre *Lemna* proviene del griego y hace referencia a plantas que crecen como malezas acuáticas.

Frondas lanceoladas a obovadas, 1-5 veces más largas que anchas, flotan en o por debajo de la superficie del agua, 1 a varias coherentes, forman grupos pequeños a grandes, sin hojuela (profilo)en la base; superficie superior lustrosa, con o sin pápulas a lo largo de la línea media, con mucho más de 50 estomas (con excepción de las frondas sumergidas); superficie inferior y márgenes algunas veces rojizos; nervios 1-5, con o sin traqueidas; paredes de las 2 bolsas se originan por el sobrecrecimiento del tejido marginal en la base de la fronda; tejido con células de cristal (únicamente rafidios), células de pigmento ausentes; las frondas florecientes similares a las vegetativas (en Colombia). **Turiones** ausentes (en Colombia). **Raíz** 1, hasta 15 cm de largo, sin traqueidas. **Flores** originadas en una de las dos bolsas, rodeada en la base por una hojuela (escama) la cual se abre por una incisión en 1 o 2 lados, o con una apertura estrecha en la parte distal. **Estambres** 2 por flor, con 4 lóculos; los lóculos externos se sitúan distintivamente más altos que los internos. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo (la mayoría de las especies), 1 óvulo anfítropo o 2-5 óvulos anátropos; saco embrionario bísporeo; endosperma con 1-3 capas de células. **Frutos** lateralmente alados hacia la parte distal o sin alas. **Semilla** longitudinalmente costillada.

Composición y distribución. El género tiene una distribución mundial y presenta 13 especies, cinco de la cuales están en Colombia.

Clave para las especies de *Lemna* en Colombia

1. 3-5 nervios; raíces hasta 15 cm de largo; frondas algunas veces gibosas o rojizas o con manchas rojas. **2**
1. 1 nervio; raíces no exceden 1.5 cm de largo; fronda nunca gibosa, sin coloración rojiza o manchas rojas. **4**

2. Raíces hasta 3.5 cm de largo, con vaina alada hacia la base y con punta pronunciadamente puntiaguda; frondas sin coloración rojiza y no gibosas. ..... **1. *L. aequinoctialis***
2. Raíces hasta 15 cm de largo, con vaina no alada hacia la base y con punta usualmente redondeada o levemente puntiaguda; frondas frecuentemente rojizas o con manchas rojas y frecuentemente gibosas. **3**

3. Los espacios aéreos más grandes > 0.3 mm de diámetro; la coloración rojiza de la superficie inferior comienza desde el margen; ovario con (1-) 2-5 óvulos ..... **2. *L. gibba***
3. Los espacios aéreos más grandes < 0.3 mm de diámetro; la coloración rojiza de la superficie inferior comienza desde el nodo; ovario con 1 óvulo. ..... **4. *L. obscura***

4. Nervio normalmente prominente, más largo que la extensión de espacios aéreos o atravesando al menos las 3/4 partes de la distancia entre el nodo y la punta; con una sola capa de espacios aéreos; frondas algunas veces sumergidas. ..... **5. *L. valdiviana***
4. Nervio algunas veces inconspicuo, rara vez más largo que la extensión de espacios aéreos, no más largo que 2/3 de la distancia entre el nodo y la punta; 1-2 capas de espacios aéreos; las frondas siempre flotan sobre la superficie del agua. ..... **3. *L. minuta***

2-1. *Lemna aequinoctialis* Welw., Ann. Cons. Ultramar. 1: 578. 1858. **Tipo:** Angola. Provincia Luanda: Luanda, 1858, *F. Welwitsch 206* (lectótipo STU; isolectótipos BM, G, K, ZT). **Figs. 5, 8, 10, 12, 17**

Frondas flotantes en la superficie del agua, 1.0-6.5 x 0.8-4.5 mm, 1-3 veces más largas que anchas, con una pápula distintiva cerca de la parte distal de la superficie superior y 1 a varias pápulas encima del nodo, no gibosas, sin pigmentación roja; superficie superior por lo general lustrosas ; nervios 3, los cuales recorren casi en su totalidad la parte distal de la fronda; traqueidas únicamente en el nervio central cerca del nodo; 1-3 capas de espacios aéreos, los cuales casi alcanzan el margen de la fronda; espacios aéreos mayores menos de 0.3 mm de anchos; las plantas florecen y fructifican frecuentemente. **Raíces** hasta 3.5 cm de largo; vaina de la raíz hacia la base lateralmente alada; caliptra de la raíz por lo general marcadamente puntiaguda. **Flor** rodeada por una hojuela utricular que se abre por una incisión lateral, rara vez 2 incisiones. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo; estilo 0.05-0.20 mm de largo. **Fruto** asimétrico (estilo insertado lateralmente hacia la base de la fronda), 0.5-0.8 x 0.4-0.8 mm, sin alas. **Semilla** 1 por fruto, 0.45-0.80 x 0.3-0.7 mm, con 8-26 costillas, la semilla cae del fruto luego del desgarre; cubierta externa de la semilla con 2-7 capas de células subepidermales.

Distribución y hábitat. Esta especie se distribuye por todo el mundo, especialmente en regiones con climas subtropicales y tropicales y templado-cálido en los que se cultiva arroz. Para Colombia se tienen registros de la región Amazonia (llanura amazónica), Andina (valle medio del río Magdalena, vertiente magdalenense) y Caribe (llanura del Caribe), desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 m de altitud.

Especímenes representativos. Amazonas: Leticia, río Loreto-Yacú, 100 m, 11 abr 1944, *Hermann 11312* (COL, GH, NY, US). **Antioquia**: Puerto Triunfo, río Cocorná, 130 m, 25 oct 1985, *Schmidt-Mumm 351* (HPUJ). **Atlántico**: Barranquilla, 15 ene 1971, *Dugand 7335* (COL, ZT), 8 ene 1948, *Gutiérrez-V. 18C005/6* (COL, S, WIS); Campeche, 8 ene 1995, *Landolt 28/95* (COL, ZT); embalse Guájaro, 8 ene 1995, *Landolt 24-27/95* (COL, ZT); Malambo, 7 nov 1970, *Dugand 7331* (COL, ZT). **Bolívar**: Gambote, 10 ene 1995, *Landolt 35-36/95* (COL, ZT); Soplaviento, 16 nov 1926, *Killip 14609* (GH, US); San Cayetano, 10 ene 1995, *Landolt 38/95* (COL, ZT). **Cesar**: Bosconia, 4 ene 1995, *Landolt 3/95* (COL, ZT); ciénaga de Zapatosa, 4 ene 1995, *Landolt 2/95* (COL, ZT).

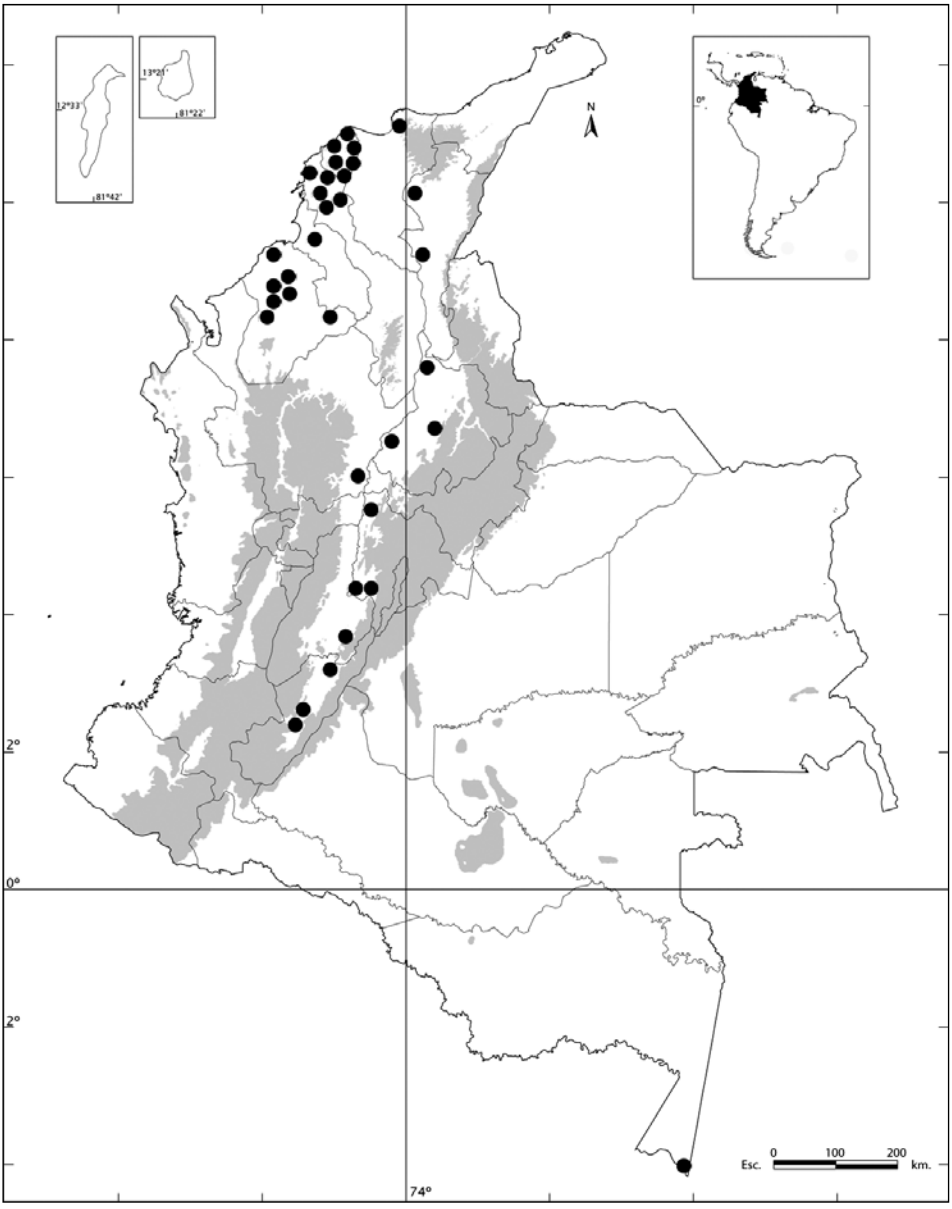


Figura 17. Distribución geográfica de *Lemna aequinoctialis*.

Córdoba: Cereté, 12 ene 1995, *Landolt 40-41/95* (COL, ZT); ciénaga de Ayapel, 11 feb 1973, *Idrobo 6592* (COL); Guayabal, 12 ene 1995, *Landolt 45-46/95* (COL, ZT); Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 47-56/95*, *59/95* (COL, ZT); Montería, 30 m, feb 1971, *Bristow s.n.* (COL). **Cundinamarca**: río Koran, Hacienda Gacho, 15 ene 1995, *Landolt 60/95* (COL, ZT); Tocaima, Berlin, 21 y 22 ene 1995, *Landolt 72/95*, *77/95* (COL, ZT); Tocaima, Vila, 22 ene 1995, *Landolt 78/95* (COL, ZT). **Huila**: El Juncal, 22 ene 1995, *Landolt 74-75/95* (COL, ZT); South of Villavieja, 22 ene 1995, *Landolt 76/95* (COL, ZT). **Magdalena**: Santa Marta, s.d. ca. 1860, *Karsten s.n.* (STU). **Santander**: Barrancabermeja, Jeringas, 120 m, 2 jun 1986, *Schmidt-Mumm 384* (COL); Cimitarra, 19 jun 1944, *Fassett 25379* (US, WIS); Puerto Olaya, 15 jun 1944, *Fassett 25362* (US). **Sucre**: Ovejas, 11 ene 1995, *Landolt 39/95* (COL, ZT). **Tolima**: Natagaima, 21 ene 1995, *Landolt 73/95* (COL, ZT).

2-2. *Lemna gibba* L., Sp. Pl. 2: 970. 1753. **Tipo:** *"Lenticula palustris, major, inferne magis convexa, fructu polyspermo"* in Micheli, Nov. Pl. Gen., 15, t. 11, f. 2, 1729. Lectótipo designado por: Hashimi & Omer in Nasir & Ali (ed.), *Fl. Pakistan* 173 : 5 (1986). **Figs. 2, 18**

Frondas flotantes en la superficie del agua, 1-8 x 0.8-6 mm, 1-1½ veces más largas que anchas, en la superficie superior algunas veces lustrosas, generalmente sin una pápula distintiva, frecuentemente gibosas (hasta 4 mm de gruesas), algunas veces con manchas rojas en la superficie superior, especialmente cerca del extremo distal; algunas veces con una coloración rojiza en la superficie inferior, la pigmentación generalmente comienza desde las márgenes; nervios 3-5(-7), las cuales recorren toda la parte distal de la fronda; traqueidas presentes en todas las nervios desde el nodo hasta el extremo distal; espacios aéreos en 2-3 capas, los cuales casi alcanzan el margen de la fronda; espacios aéreos mayores más de 0.3 mm de anchas; las plantas florece y fructifican frecuentemente. **Raíz** hasta 15 cm de larga; vaina de la raíz sin alas; caliptra de la raíz redondeada o puntiaguda. **Flor** rodeada por una hojuela utricular, con una apertura estrecha en el extremo distal. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo o 2-7 óvulos anfítropos; estilo 0.05-0.1 mm de largo. **Fruto** simétrico, 0.6-1.0 x 0.8-1.2 mm, con el margen alado; ala 0.1-0.2 mm de ancho. **Semillas** 1-5 por fruto, 0.7-0.9 x 0.4-0.6 mm, con 8-16 costillas; cubierta externa de la semilla con 7-9 capas celulares subepidermales; la semilla cae del fruto luego del desgarre.

Distribución y hábitat. *Lemna gibba* tiene distribución cosmopolita y habita en regiones templadas y cálidas, así como en regiones tropicales y subtropicales. En Colombia se encuentra restringida a los Andes del centro de Colombia (altiplano cundiboyacense), entre 2250 y 2650 m de altitud.

Especímenes representativos. Cundinamarca: Bogotá, 2650 m, may 1856, *Triana 1668* (BM, COL); Bojacá, La Herrera, 2550 m, 7 ago 1985, *Schmidt-Mumm 298* (HPUJ); Bosa, 2550 m, 24 feb 1971, *Aguirre 184* (COL); La Florida, Cota, 19 ene 1995, *Landolt 69/95* (COL, ZT); Mosquera, laguna La Herrera, 2550 m, 21 feb 1985, *Wijninga 59* (COL).

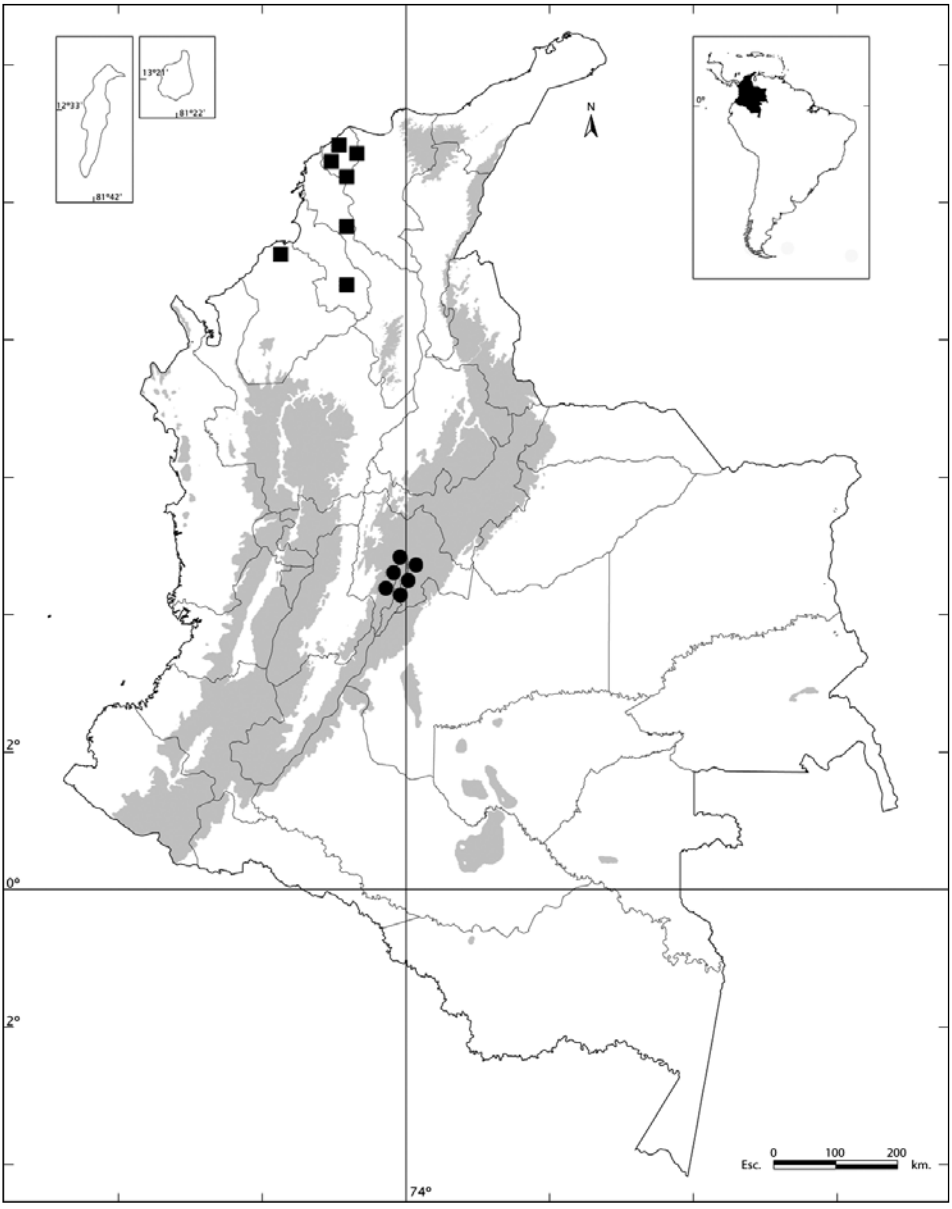


Figura 18. Distribución geográfica de *Lemna gibba* (●) y *Lemna obscura* (■).

2-3. *Lemna minuta* Kunth, Nov. Gen. Sp. ed. 4, 1: 372. 1816. **Tipo:** Chile, Santiago, may 1857. *R. A. Philippi* (neótipo STU; isoneótipos BM, G, GOET, K, LE, MEL, MO, S, SGO, UPS). **Fig. 19**

Lemna minima Phil. ex Hegelm., Englers Bot. Jahrb. 21: 299. 1895.
Lemna minuscula Herter, Rev. Sudamer. Bot. **9**: 185. 1954.

Frondas flotantes en la superficie del agua, 0.8-4 x 0.5-2.5 mm, 1-2 veces más largas que anchas , con o sin pápulas indistintas, no gibosas, sin pigmentación roja; superficie superior lustrosa a opaca o transparentes; nervio 1, algunas veces indistinto, rara vez más largo que la extensión de espacios aéreos, no se extiende más allá de las ⅔ partes de la distancia entre el nodo y la parte final de la fronda, generalmente se extiende directamente hacia la hilera de células alargadas en la base de la fronda por lo cual es simétrica; sin traqueidas; espacios aéreos en 1-2 capas, frecuentemente se extienden casi hasta la parte distal, espacios aéreos mayores menos de 0.3 mm de anchos; las plantas rara vez florecen y fructifican. **Raíces** hasta 1.5 cm de largo; vaina de la raíz sin alas; caliptra de la raíz redondeada o puntiaguda. **Flor** rodeada por una hojuela utricular que se abre por una incisión lateral, rara vez 2 incisiones. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo; estilo 0.2-0.4 mm de largo. **Fruto** asimétrico (estilo insertado lateralmente hacia la base de la fronda), 0.6-1.0 x 0.4-0.7 mm. **Semilla** 1 en cada fruto, 0.4-0.55 x ca. 0.3 mm, con 12-15 costillas.

Distribución y hábitat. La especie se distribuye por todo el continente americano y habita en climas templados y con inviernos suaves. Sin embargo, ha sido introducida a Europa y Asia. En Colombia se encuentra en la región Andina (altiplano cundiboyacense, vertiente magdalenense), 1800 hasta cerca a 3300 m de altitud.

Especímenes representativos. Boyacá: Aquitania, lago de Tota, 3020 m, 6 ene 1989, *Schmidt-Mumm 698* (COL, ZT); páramo de La Sarna, 3300 m, 8 abr 1973, *Cleef 9503* (COL). **Cundinamarca**: Albán, Pollos Vencedor, 1800 m, 11 ago 1985, *Schmidt-Mumm 300* (HPUJ); Vía a Guaymaral, 8 dic 1986, *Schmidt-Mumm 494* (COL, HPUJ, ZT), La Conejera, 19 ene 1995, *Landolt 70/95* (COL, ZT); Fúquene, laguna de Fúquene, 2550 m, 14 oct 1989, *Schmidt-Mumm 962* (HPUJ); laguna de Cucunubá, 2550 m, 18 ene 1995, *Landolt 63/95* (COL, ZT).

2-4. *Lemna obscura* (Austin) Daubs, Illinois Biol. Monogr. 34: 20. 1965. **Basónimo:** *Lemna minor* L. var. *obscura* Austin, Gray, Manual, ed. 5: 479. 1867.**Tipo:** EUA. New Jersey, New Durham Meadows, 1862, *C. T. Austin 8050* (lectótipo MO; isolectótipos NY, STU). **Fig. 18**

Frondas flotantes en la superficie del agua, 1.0-3.5 x 0.8-3.0 mm, 1 ⅕ -1 ⅔ veces más largas que anchas, con una pápula prominente cerca de la parte distal y varias pápulas más pequeñas a lo largo del nervio medio, ocasionalmente gibosas (hasta 2.5 mm de gruesas);

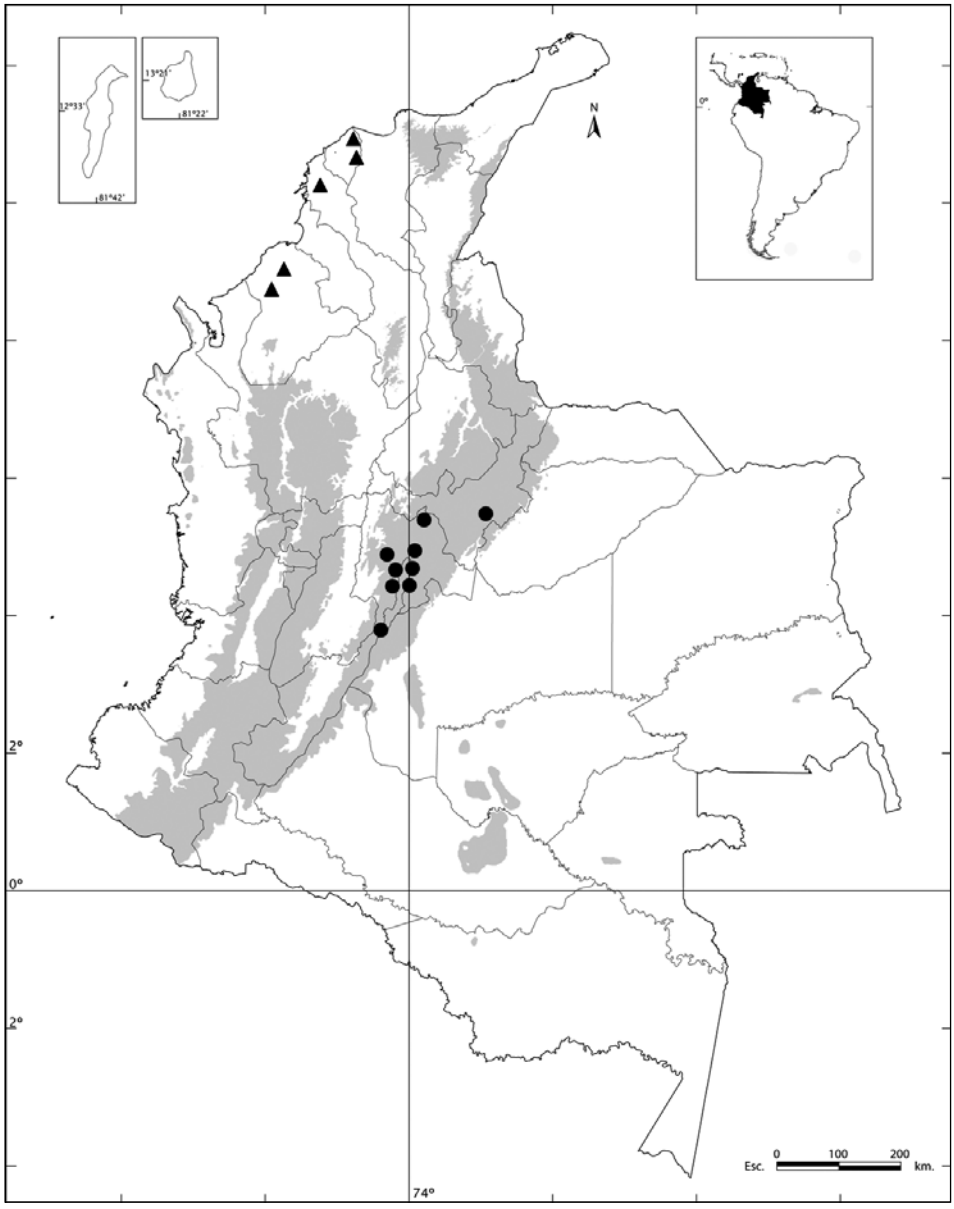


Figura 19. Distribución geográfica de *Lemna minuta* (●) y *Wolffia elongata* (▲).

superficie superior lustrosa, algunas veces con una mancha roja, especialmente cerca de la parte distal; superficie inferior frecuentemente rojas, la pigmentación comienza alrededor del nodo; nervios 3, los cuales recorren casi en su totalidad la parte distal de la fronda, todos los nervios con traqueidas desde el nodo hasta la parte distal; espacios aéreos en 2-3 capas, los cuales casi alcanzan el margen de la fronda; espacios aéreos mayores rara vez más anchas de 0.3 mm; las plantas florecen y fructifican ocasionalmente. **Raíz** hasta 15 cm de largo; vaina de la raíz sin ala; caliptra de la raíz redondeada o puntiaguda. **Flor** rodeada por una hojuela utricular, con una apertura estrecha cerca de la parte distal. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo; estilo 0.15-0.20 mm de lago. **Fruto** simétrico, 0.8-0.9 x ca. 0.7 mm, sin un margen alado. **Semilla** 1 por fruto, 0.7-0.8 x 0.4-0.6 mm, con 10-16 costillas, la semilla permanece dentro del fruto luego del desgarre; cubierta externa de la semilla con 7-9 capas subepidermales.

Distribución y hábitat. Es una especie americana que se distribuye desde el suroriente de Estados Unidos hasta Ecuador y Venezuela, habitando en climas templados y cálidos. Por otra parte, *L. obscura* es bastante invasora en Venezuela, llegando incluso a cubrir el 18% del lago de Maracaibo (http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=4654). Además, posiblemente fue introducida a Hawai. En Colombia se conoce sólo de las llanuras del Caribe, por debajo de 200 m de altitud.

Especímenes representativos. Atlántico: Campeche, 8 ene 1995, *Landolt 28/95* (COL, ZT); embalse Guájaro, 8 ene 1995, *Landolt 22-23/95*, *27/95* (COL, ZT); Malambó, 8 ene 1995, *Landolt 29/95* (COL, ZT); Polonuevo, 8 ene 1995, *Landolt 8/95*, *9/95* (COL, ZT); Ponedera, 7 ene 1995, *Landolt 12/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 9 ene 1995, *Landolt 31/95*, *33/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 52/95* (COL, ZT). **Magdalena**: Fundación, 4 ene 1995, *Landolt 4/95* (COL, ZT).

2-5. *Lemna valdiviana* Phil., Linnaea 33: 329. 1864. **Tipo:** Chile. Región Los Ríos: Provincia Valdivia, S. Juan, Tembladerilla, 1861, *R. A. Philippi* (lectótipo STU; isolectótipo MO). **Fig. 20**

Frondas flotantes, en la superficie del agua o sumergidas, 1-5 x 0.6-3.0 mm, 1⅓-3 veces más largas que anchas; superficie superior lustrosa o transparente, con o sin pápulas distintivas, no gibosas, sin pigmentación roja; 1 nervio, usualmente pronunciado, más largo que la extensión de espacios aéreos o recorren al menos ¾ partes de la distancia entre el nodo y la porción distal de la fronda, frecuentemente forman un ángulo distintivo con la hilera de células alargadas en la base de la fronda, por lo cual es asimétrica; sin traqueidas; espacios aéreos en 1 capa, rara vez se extiende más allá de las ⅔ partes de la distancia entre el nodo y la parte distal; los espacios aéreos mayores menos de 0.3 mm de ancho; las plantas rara vez florecen y fructifican. **Raíces** hasta 1.5 cm de largas; vaina de la raíz sin alas; caliptra de la raíz redondeada o puntiaguda. **Flor** rodeada por hojuelas utriculares que se abren por una incisión lateral, rara vez 2 incisiones. **Gineceo** con 1 óvu-

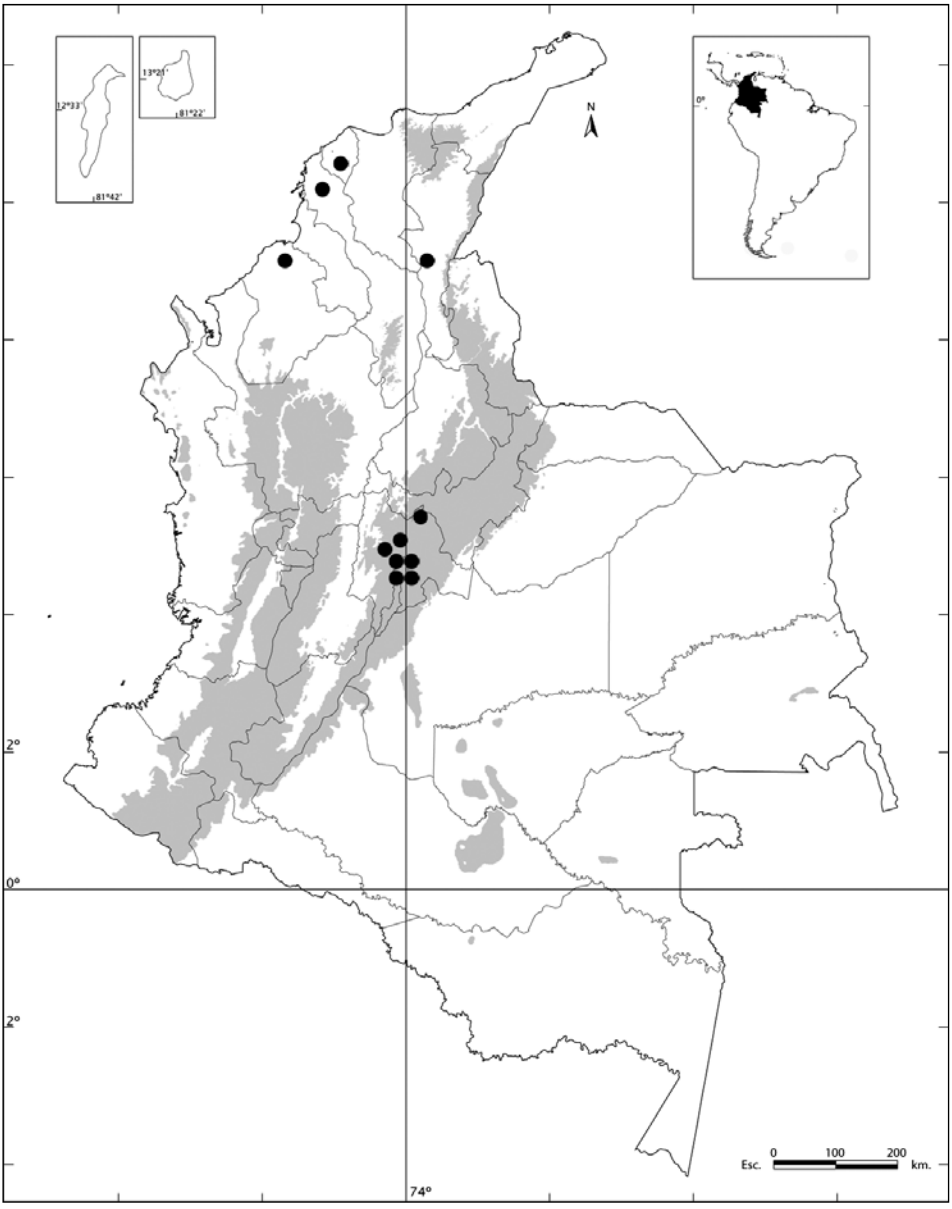


Figura 20. Distribución geográfica de *Lemna valdiviana*.

lo anátropo; estilo aproximadamente 0.2 mm de largo. **Fruto** asimétrico (estilo insertado de lado hacia la base de la fronda), 1.0-1.35 x 0.7-0.9 mm. **Semilla** 1 por fruto, 0.6-0.8 x 0.4-0.6 mm, con 15-29 costillas.

Distribución y hábitat. *Lemna valdiviana* es una especie americana que habita en regiones tropicales cálidas o templadas con inviernos no muy drásticos. *L. valdiviana* tiene la capacidad de colonizar paredes de rocas húmedas en Bolivia. Algunas de estas poblaciones que habitan sobre rocas tienen frondas con base asimétrica y de mayor tamaño (hasta 6 mm de largo y 4 mm de ancho, mientras que las forma típica de *L. valdiviana* rara vez alcanza 3 mm de ancho). De hecho, para Bolivia algunas de estas poblaciones se agrupan dentro de la especie *Lemna yungensis* Landolt. En Colombia se conoce de las regiones Andina (altiplano cundiboyacense) y Caribe (llanura del Caribe), desde el nivel del mar hasta 2700 m de altitud.

Especímenes representativos. Atlántico: La Isla de San José, 6 ene 1995, *Landolt 10/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 10 ene 1995, *Landolt 31/95*, *37/95* (COL, ZT); Gambote, 10 ene 1995, *Landolt 36/95* (COL, ZT). **Cesar**: ciénaga de Zapatosa, 4 ene 1995, *Landolt 2/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 50/95*, *54/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: Bogotá, represa de Tominé, 2700 m, *Fernández-Pérez s.n.* (ZT); Fúquene, laguna de Fúquene, 2550 m, 18 ene 1995, *Landolt 62/95* (COL, ZT); laguna de Cucunubá, 2550 m, 18 ene 1995, *Landolt 63/95* (COL, ZT); Mosquera, laguna La Herrera, 19 ene 1995, *Landolt et al. 66/95* (COL, ZT); Albán, Pollos Vencedor, 1800 m, 2 jul 1987, *Schmidt-Mumm 545* (COL, ZT).

3. Spirodela

Spirodela Schleid., Linnaea 13: 391. 1831.

Especie tipo. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.

Referencias. Landolt 1986; Schmidt-Mumm 1992; Crawford & Landolt 1993.

Etimología. El nombre del género se deriva del griego *speira* (espiral) y *delos* (inequívoco), haciendo referencia al refuerzo en forma de espiral que tienen las paredes de las traqueidas de los nervios.

Frondas obovadas a suborbiculares, 1-1.5 veces más largas que anchas, flotantes en la superficie del agua (únicamente los turiones se hunden al fondo), 1 a varia coherentes para formar grupos con apariencia de roseta, rodeadas en la base por una escama bífida de apariencia foliar (profilo) la cual cubre el punto de adherencia de las raíces; superficie superior lustrosa, sin pápulas distintivas, con más de 50 estomas; superficie inferior y márgenes frecuentemente de coloración rojiza; 7-21 nervios, traqueidas presentes desde

el nodo hasta la parte distal: la base de la fronda presenta 2 bolsas laterales; la pared superior de la bolsa, en la cual se forma la primera fronda filial, esta se origina por el sobrecrecimiento de tejido marginal en la base de la fronda, la pared inferior de esta bolsa es formada por la parte ventral del profilo escuamiforme; ambas paredes de la segunda bolsa se originan por el sobrecrecimiento del tejido marginal en la base de la fronda; el tejido presenta células de cristal (drusas y rafidios) y células de pigmento; las frondas con flores similares a las vegetativas. **Turiones** presentes o ausentes. **Raíces** (5-)7-21 de las cuales 1-5, pero nunca todas, perforan el lóbulo envolvente del profilo, hasta 4 cm de largas, provistas de un sistema de traqueidas que corren casi hasta el final de la parte distal. **Flor** en la base rodeada por una hojuela utricular (escama) la cual tiene una estrecha apertura en la parte distal. **Estambres** 2 por flor, con 4 lóculos; los lóculos externos de las anteras no se sitúan por encima de los internos. **Gineceo** con 1 óvulo anfítropo o 2-5 óvulos anátropos; saco embrionario monospóreo; endosperma con 3-5 capas de células. **Frutos** hacia la parte distal lateralmente alados. **Semilla** longitudinalmente acostilladas.

Composición y distribución. El género *Spirodela* contiene dos especies, *S. polyrhiza* con distribución mundial y *S. intermedia* que se distribuye desde Centro a Suramérica.

Clave para las especies de *Spirodela* en Colombia

1. 2-5 raíces que perforan la escama; turiones ausentes; superficie superior de la fronda sin manchas rojas por encima del nodo. ..... **1. *S. intermedia***
1. 1 o raramente 2 raíces que perforan la escama; algunas veces con turiones pequeños, y orbiculares a reniformes; frondas de color pardo a verde oliva y la superficie superior frecuentemente con una mancha roja por encima del nodo. ..... **2. *S. polyrhiza***

3-1. *Spirodela intermedia* W. Koch, Ber. Schweiz. Bot. Ges. 41: 114. 1932. **Tipo:** Uruguay. Montevideo: Montevideo, ene 1877, *Arechavaletta 2502* (holótipo ZT; isótipo ZT). **Figs. 4, 7, 21**

Frondas la mayoría de las veces redondeadas en la parte distal, 3-12 mm de largo, 1-1.5 veces más largas que anchas, frecuentemente gibosas, sin una mancha roja encima del nodo; espacios aéreos en 3-4 capas, alcanzan casi el margen de la fronda; las plantas florecen y fructifican ocasionalmente. **Turiones** ausentes. **Raíces** 6-21, de las cuales 2 a 5 perforan la escama envolvente; caliptra puntiaguda tanto en especímenes vivos como secos. **Gineceo** con 2-5 óvulos; estilo 0.3-0.5 mm de largo. **Fruto** 1.5-2.75 x 1.2-2.1 mm. **Semillas** 1-5, 1.0-2.0 x 0.8-11.2 mm, con 15-22 costillas; bordes alados cerca de la parte terminal del fruto, 0.15-0.30 mm de anchos.

Distribución y hábitat. *Spirodela intermedia* se encuentra desde Centro a Suramérica, en climas templados, subtropicales y tropicales. En Colombia está presente en las re-

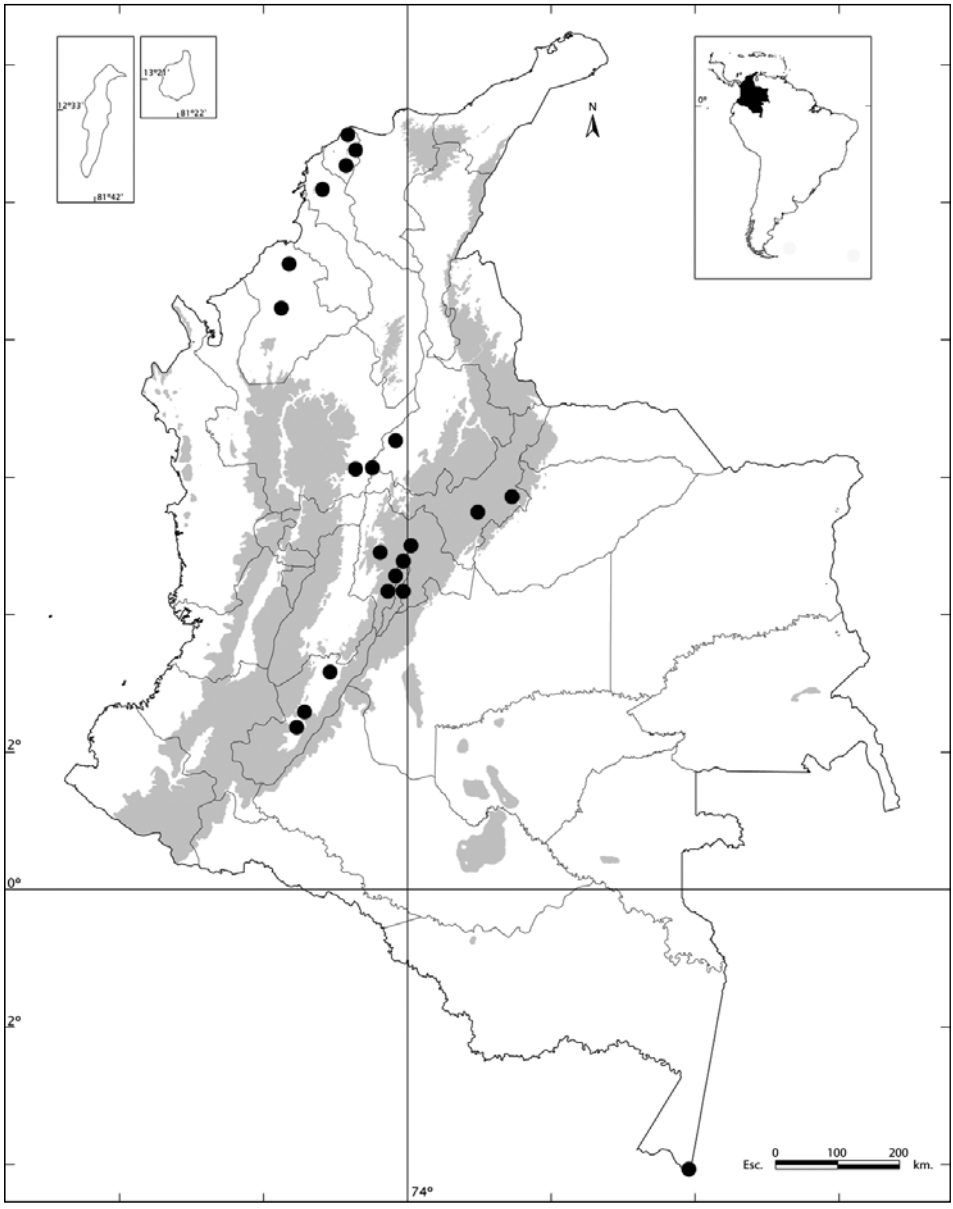


Figura 21. Distribución geográfica de *Spirodela intermedia*.

giones Amazonia (llanura amazónica), Andina (valle medio del río Magdalena, altiplano cundiboyacense, vertiente magdalenense) y Caribe (llanura del Caribe), desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2600 m de altitud.

Especímenes representativos. Amazonas: Leticia, on the Amazon near Loreto-Yacú, 11 abr 1944, *Hermann 11312* (COL, US). **Antioquia**: Puerto Triunfo, río Cocorná, 130 m, 24 oct 1985, *Schmidt-Mumm 345* (COL, ZT). **Atlántico**: Barranquilla, 15 ene 1971, *Dugand 7335* (COL); Soledad, 5 ene 1995, *Landolt 5/95* (COL, ZT); La Isla de San José, 6 ene 1995, *Landolt 10/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Gambote, 10 ene 1995, *Landolt 35/95* (COL, ZT). **Boyacá**: Aquitania, lago de Tota, 3020 m, 6 ene 1989, *Schmidt-Mumm 699* (COL); Labranzagrande, 1150 m, 1932, *Amortegui 417* (US); Puerto Boyacá, 11 jun 1964, *Espinal-T. 1717* (COL). **Córdoba**: Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 54/95* (COL, ZT); Montería, 7 ene 1949, *Bechara-Zainum 19Bo097* (US). **Cundinamarca**: Albán, Pollos Vencedor, 1800 m, 2 jul 1987, *Schmidt-Mumm 545* (COL, ZT); Bogotá, vía a Guaimaral, 2550 m, 8 dic 1986, *Schmidt-Mumm 494* (COL, HPUJ, ZT); Bogotá, Santa María del Lago, 2550 m, 17 ene 1995, *Landolt 71/95* (COL, ZT); La Florida, Cota, 19 ene 1995, *Landolt 69/95* (COL, ZT); Mosquera, laguna La Herrera, 2550 m, 16 mar 1985, *Vink 104* (COL). **Huila**: El Juncal, finca Horizonte, 22 ene 1995, *Landolt 74/95* (COL, ZT); laguna El Juncal, 22 ene 1995, *Landolt 75/95* (COL, ZT); Villavieja, 400 m, 21 jun 1950, *Smith 1243* (UC). **Santander**: Puerto Olaya, 15 jun 1944, *Fassett 25363* (US).

3-2. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., Linnaea 13: 392. 1839. **Basónimo:** *Lemna polyrhiza* L., Sp. Pl. 2: 970. 1753. **Tipo:** Sin designar. **Figs. 1, 3, 11, 16**

Frondas en la parte distal redondeadas o puntiagudas, 1.5-10 x 1.5-8 mm, 1-1.5 veces más largas que anchas, delgadas o rara vez gibosas, algunas veces con una mancha roja encima del nodo, frondas algunas veces pequeñas, de forma orbicular a reniformes, pardas a verde oliva,; espacios aéreos en 2-4 estratos, los cuales casi alcanzan el margen de la fronda; las plantas rara vez florecen o fructifican. **Turiones** sin raíces, los cuales se forman bajo condiciones desfavorables y caen al fondo del agua. **Raíces** 7-21, de las cuales 1, rara vez 2, perforan la escama envolvente; caliptra redondeada o puntiaguda en especímenes vivos, siempre puntiaguda en los especímenes secos. **Gineceo** con 1-2 óvulos; estilo aproximadamente 0.3 mm de largo. **Fruto** 1.0-1.5 x 1.0-1.5 mm. **Semilla** 1, rara vez 2, 0.7-1.0 mm de largo, aproximadamente 0.7 mm de ancho, con 12-20 costillas, con bordes alados cerca a la parte terminal del fruto.

Distribución y hábitat. Esta especie está ampliamente distribuida por todo el mundo, especialmente en regiones con climas tropicales cálidas o templadas con veranos cálidos. En Colombia se encuentra restringida a las llanuras del Caribe y el valle del río Magdalena.

Especímenes representativos. Córdoba: Cereté, 12 ene 1995, *Landolt 41/95* (COL, ZT); Montería, 1949, *Molina 19Bo205, 19Bo206* (US). **Huila**: El Juncal, finca Horizonte,

22 ene 1995, *Landolt 74/95* (COL, ZT); laguna El Juncal, 22 ene 1995, *Landolt 75/95* (COL, ZT). **Magdalena**: Santa Marta, 1918, *Pennell 4770* (NY); Santa Marta, Las Flores, 1922, *Viereck s.n.* (US).

4. Wolffia

Wolffia Horkel ex Schleid., Beitr. Bot. 1: 233. 1844.

Especie tipo. *Wolffia michelii* Schleid.

Referencias. Landolt 1986; Schmidt-Mumm 1992; Landolt 1994; Crawford & Landolt 1995.

Etimología. El género *Wolffia* se nombró en honor al médico alemán J. F. Wolff (1778-1806).

Frondas gruesas, globulares, ovoides, cilíndricas, o en forma de nuez, 1-4 veces más largas que anchas, usualmente flotantes en o inmediatamente por debajo del espejo de agua, 1-2 frondas coherentes, en la base no se encuentran rodeadas por una hojuela (profilo); superficie superior lustrosa o transparente, con o sin pápulas, con 1-100 estomas; nervios ausentes; espacios aéreos ausentes; 1 cavidad terminal en la base de la fronda; células de cristal ausentes, pero en algunas especies con células de pigmento en el tejido vegetativo; frondas fértiles similares a las vegetativas. **Turiones** pequeños, de coloración verde blancuzca, estos se forman bajo condiciones desfavorables y se hunden al fondo. **Raíces** ausentes. **Flor** originada en una cavidad cerca de la línea media de la superficie superior de la fronda, sin una hojuela envolvente. **Estambres** 1 por flor, con 2 lóculos. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo; saco embrionario bísporico; endosperma con 1 capa de células. **Semilla** ca. 0.4 x 0.3 mm, casi lisa; cubierta externa con 2-4 capas de células subepidermales.

Composición y distribución. El género *Wolffia* contiene once especies que se distribuyen por las regiones tropicales y templadas del mundo. En Colombia el género está representado con cuatro especies.

Clave para las especies de *Wolffia* en Colombia

1. Fronda en forma de nuez, con células de pigmento en el tejido vegetativo, usualmente con una papila distintiva en el centro de la superficie superior, con 50-100 estomas en la superficie superior. ..... **1**. ***W. brasiliensis***
1. Fronda cilíndrica, globular a ovoide, sin células de pigmento en el tejido vegetativo, sin una papila distintiva en la superficie superior, con 1-10(-30) estomas en la superficie superior. **2**

2. Frondas cilíndricas, 2-4 veces más largas que anchas, parte distal de la fronda filial muchas veces sumergida ..... **3**. ***W. elongata***
2. Frondas globulares a ovoides, 1-2 veces más largas que anchas, la parte distal de la fronda filial no se encuentra a mayor profundidad que la fronda proximal. **3**

3. Fronda 1-1.3 veces más larga que ancha, 0.4-1.2 mm de ancho ..... **2**. ***W. columbiana***
3. Fronda 1.3-2 veces más larga que ancha, 0.3-0.5 mm de ancho ..... **4**. ***W. globosa***

4-1. *Wolffia brasiliensis* Weddell, Ann. Sci. Nat. III, 12: 170. 1849. **Tipo:** Brasil. Mato Grosso: jul 1845, *M. H. A. Weddell s.n.* (lectótipo STU; isolectótipos K, L, MO). **Fig. 22**

Frondas flotantes en la superficie del agua, en forma de nuez (la superficie inferior hemisférica, la superficie superior ligeramente convexa), 0.5-1.6 x 0.7-1.5 mm, 1-1.5 veces más largas que anchas, 0.3-0.7 veces más gruesas que anchas, redondeadas en la parte distal, con una pápula prominente en la mitad de la superficie superior (en algunas frondas pequeñas la pápula puede estar ausente), lustrosas y de un verde intenso; células de pigmento en el tejido vegetativo (en células muertas se muestran como manchas pardas); 50-100 estomas en la superficie superior; 1-2 capas de células en empalizada debajo de la epidermis superior. Las plantas florecen y fructifican ocasionalmente.

Distribución y hábitat. *Wolffia brasiliensis* es una especie americana que habita a lo largo de todo el continente, en climas cálidos templados a tropicales. En Colombia se presenta en las regiones Andina (altiplano cundiboyacense) y Caribe (llanuras del Caribe), desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2600 m de altitud.

Especímenes representativos. **Atlántico**: Campeche, 8 ene 1995, *Landolt 28/95* (COL, ZT); Tubara, 7 ene 1995, *Landolt 18/95* (COL, ZT). **Bolívar**: San Cayetano, 11 ene 1995, *Landolt 38/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Cereté, 11 ene 1995, *Landolt 40/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: Bogotá, Sincleje, 18 ago 1910, *Hélier s.n.* (G); La Florida, Cota, 19 ene 1995, *Landolt 69/95* (COL, ZT); Tocaima, Berlín, 21 ene 1995, *Landolt 72/95* (COL, ZT); Zipaquirá, Tibitó, 2550 m, 14 oct 1989, *Schmidt-Mumm 959* (COL); río Koran, Hacienda Gacho, 15 ene 1995, *Landolt 60/95* (COL, ZT). **Magdalena**: Fundación, 4 ene 1995, *Landolt 4/95* (COL, ZT); Santa Marta, 1 abr 1918, *Pennell 4770* (NY). **Sucre**: Ovejas, 11 ene 1995, *Landolt 39/95* (COL, ZT).

4-2. *Wolffia columbiana* Karsten, Bot. Unters. 1: 103. 1865. **Tipo:** Colombia. Santa Marta: *H. Karsten s.n.* (lectótipo STU). **Fig. 23**

Frondas flotantes inmediatamente por debajo del espejo de agua, con una pequeña parte en el centro emergente, casi globular, 0.5-1.4 x 0.4-1.2 mm, 1-1.3 veces más largas que anchas, 1-1.3 veces más gruesas que anchas, verdes transparentes; pápulas ausentes; sin células de pigmento en el tejido vegetativo; rara vez hasta con 30 estomas en la superficie superior. Las plantas rara vez florecen y fructifican.

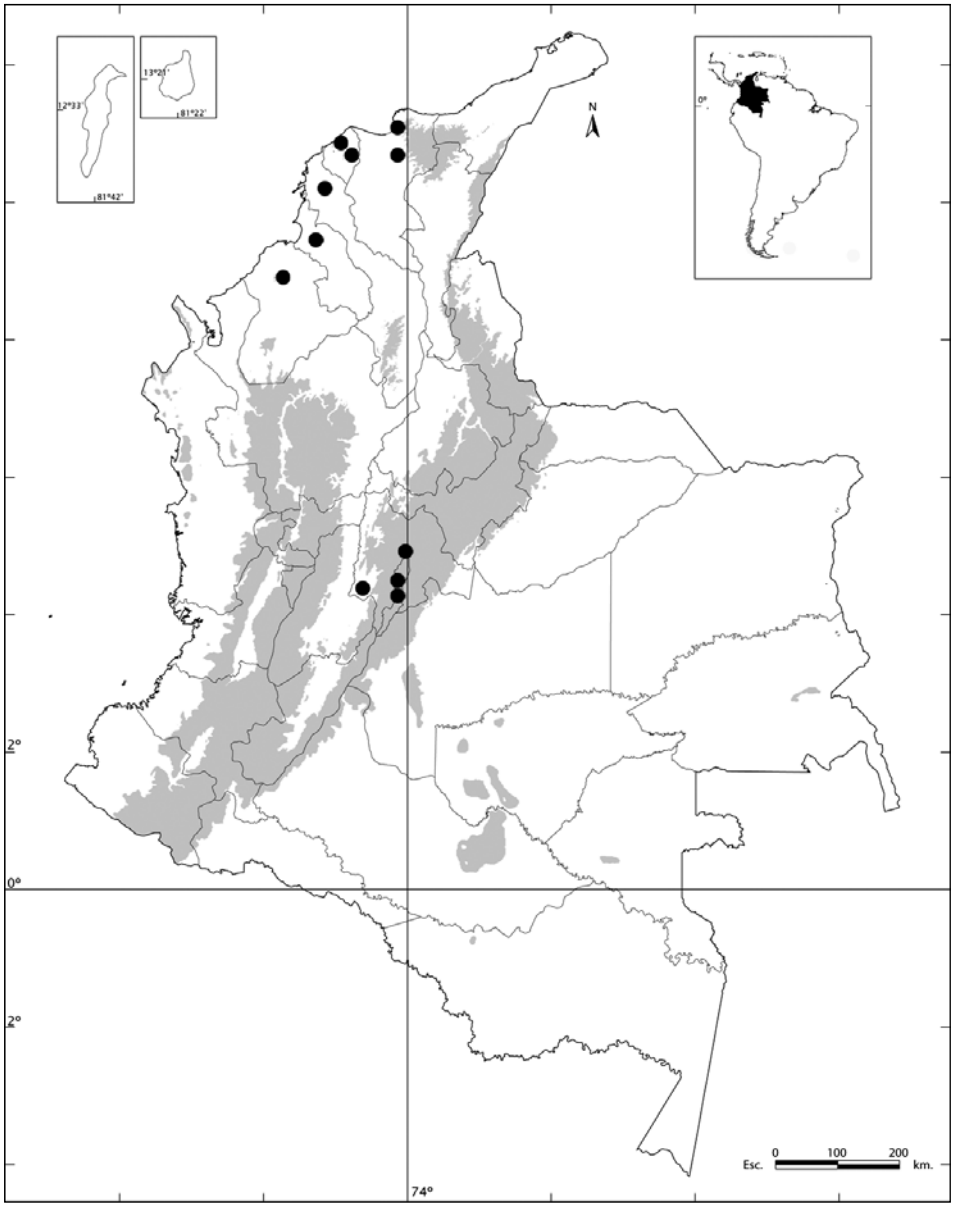


Figura 22. Distribución geográfica de *Wolffia brasiliensis*.

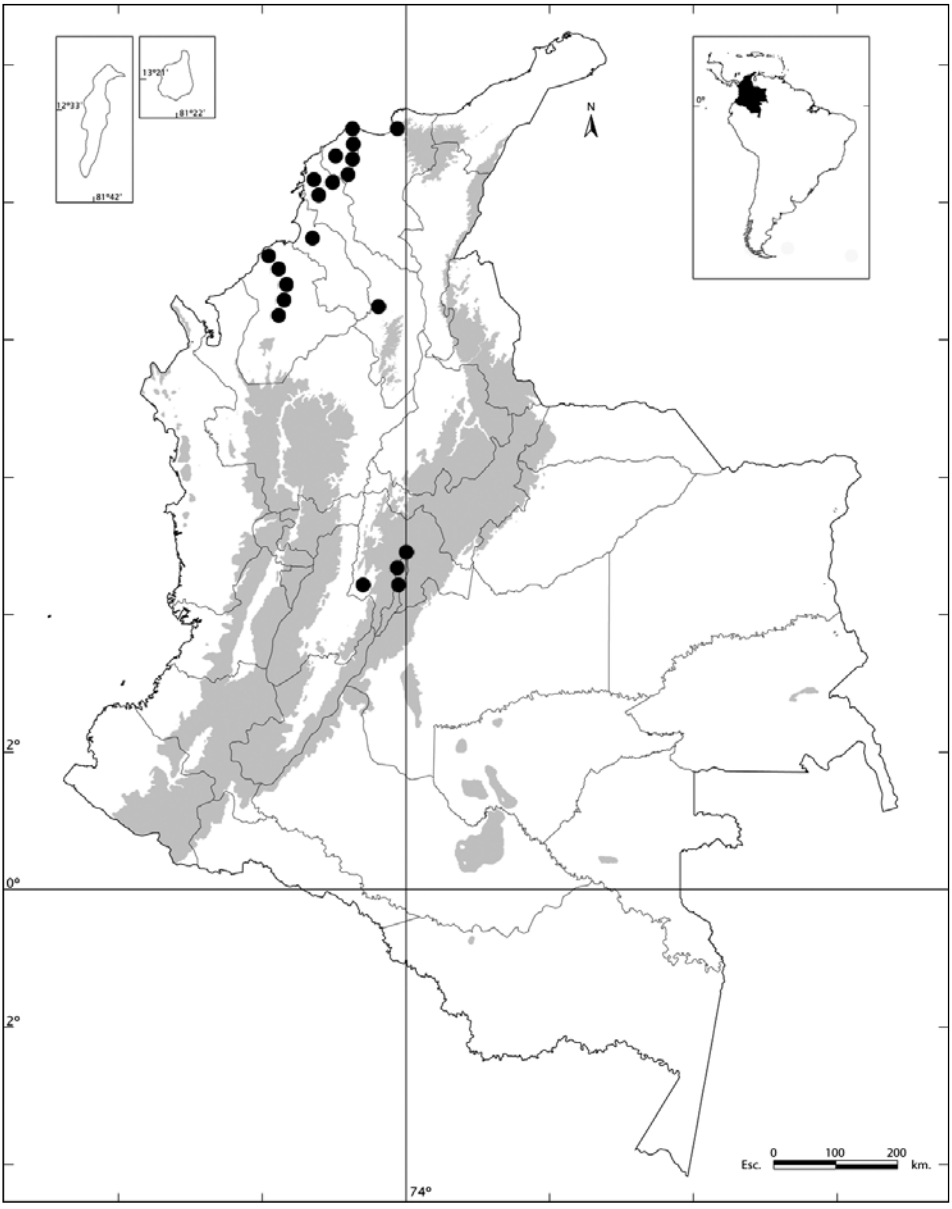


Figura 23. Distribución geográfica de *Wolffia columbiana*.

Distribución y hábitat. *Wolffia columbiana* se encuentra desde el sur de Canadá hasta el sur de Argentina. En Colombia se distribuye principalmente a través de la llanura del Caribe, aunque hay unos pocos registros del altiplano cundiboyancense, y desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2600 m de altitud.

Especímenes representativos. **Atlántico**: Barranquilla, Río Magdalena, 8 ene 1948, *Gutiérrez 18C005/6* (COL, US, WIS); Campeche, 8 ene 1995, *Landolt 28/95* (COL, ZT); embalse Guájaro, 8 ene 1995, *Landolt 22-27/95* (COL, ZT); Luruaco, 7 ene 1995, *Landolt 19/95* (COL, ZT); Malambo, 7 nov 1970, *Dugand 7331* (ZT). **Bolívar**: Arjona, 15 nov 1926, *Killip 14604* (GH), 9 ene 1995, *Landolt 31/95, 33/95, 37/95* (COL, ZT); San Cayetano, 9 ene 1995, *Landolt 38/95* (COL, ZT); Soplaviento, 16 nov 1926, *Killip 14609* (GH, US). **Cesar**: Chimichagua, río Cesar, 30 m, 3 jul 1990, *Schmidt-Mumm 1075* (HPUJ), 20 oct 1990, *Schmidt-Mumm 1093* (HPUJ). **Córdoba**: Cereté, 12 ene 1995, *Landolt 41/95* (COL, ZT); Guayabal, 12 ene 1995, *Landolt 45-46/95* (COL, ZT); Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 47/95, 51-53/95, 55-56/95, 59/95* (COL, ZT); Montería, 30 m, feb 1971, *Bristow s.n.* (COL), 11 ene 1949; San Bernardo de los Vientos, 12 ene 1995, *Landolt 57-58/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: Bogotá, Sincleje, 18 ago 1910, *Hélier s.n.* (G); Funza, 19 ene 1995, *Landolt 68/95* (COL, ZT); La Conejera, 19 ene 1995, *Landolt 70/95* (COL, ZT); Mosquera, Laguna La Herrera, 2550 m. 4 ago 1985, *Schmidt-Mumm 296* (COL); Tocaima, Berlín, 23 ene 1995, *Landolt 77/95* (COL, ZT). **Sucre**: Ovejas, 11 ene 1995, *Landolt 39/95* (COL, ZT).

4-3. *Wolffia elongata* Landolt, Veröff. Geobot. Inst., Stiftung Rübel, Zürich, 70: 27. 1980. **Tipo:** Colombia. Atlántico: Barranquilla, 1948, *G. Gutiérrez-V. & F. E. Barkley 18C006* (holótipo COL; isótipos S, US). **Fig. 19**

Frondas flotantes con la parte basal apenas por debajo de la superficie del agua, 0.8-2.5 x 0.3-0.6 mm, 2-4 veces más largas que anchas, parte distal de la fronda filial frecuentemente dirigida hacia dentro del agua, cilíndricas, verde transparentes; pápulas ausentes; sin células de pigmento en el tejido vegetativo; con 0-5 estomas en la superficie superior de la parte basal. Las plantas florecen y fructifican ocasionalmente.

Distribución y hábitat. Es una especie que se conoce sólo del norte de Colombia y de la isla de Curazao. En Colombia se conoce sólo de la llanura del Caribe, por debajo de 200 m de altitud.

Especímenes representativos. Atlántico: Barranquilla, pantanos del río Magdalena, 8 ene 1948, *Gutiérrez 18C005/6* (COL, S, WIS); Sabanagrande - Santo Tomas, 6 ene 1995, *Landolt 14/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 15 nov 1926, *Killip 14504* (GH). **Córdoba**: Lorica, junction to Nariño, 12 ene 1995, *Landolt 52/95* (COL, ZT); Montería, 11 ene 1949, *Molina 19Bo205* (US).

4-4. *Wolffia globosa* (Roxb.) Hartog & Plas, Blumea 18: 367. 1970. **Basónimo:** *Lemna globosa* Roxb., Fl. Ind., ed. 1832, 3: 565. 1832. **Tipo:** India. Bengala Occidental: Rajnagar, 13 nov 1969, *S. N. Mitra* (neótipo ZT). **Fig. 24**

Frondas flotantes inmediatamente por debajo del espejo de agua, únicamente con una pequeña parte central emergente, 0.4-0.8 x 0.3-0.5 mm, 1.25-1.7 veces más largas que anchas, 1-1.5 veces más gruesas que anchas, elipsoides, verde transparentes; pápulas ausentes; sin células de pigmento en el tejido vegetativo; con 0-10, rara vez hasta 30 estomas en la superficie superior. Las plantas rara vez florecen y fructifican.

Distribución y hábitat. Es una especie ampliamente distribuida en el mundo, en climas templados y cálidos a tropicales y más bien secos. En Colombia está restringida a las tierras bajas de la llanura del Caribe.

Especímenes representativos. Atlántico: Campeche, 8 ene 1995, *Landolt 28/95* (COL, ZT); embalse Guájaro, 8 ene 1995, *Landolt 22-24/95* (COL, ZT); Malambo, 8 ene 1995, *Landolt 29/95* (COL, ZT); Sabanagrande, 5 ene 1995, *Landolt 7/95* (COL, ZT); Soledad, 5 ene 1995, *Landolt 5/95, 6/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 10 ene 1995, *Landolt 33/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 48/95* (COL, ZT); Pelayito, 12 ene 1995, *Landolt 42/95* (COL, ZT).

5. Wolffiella

Wolffiella (Hegelm.) Hegelm., Bot. Jahrb. 21: 303. 1895.

Especie tipo. *Wolffiella oblonga* (Phil.) Hegelm.

Referencias. Landolt 1986; Schmidt-Mumm 1992; Crawford *et al*. 1997; Kimball *et al*. 2003.

Etimología. El nombre hace alusión a que es similar a una *Wolffia* de tamaño pequeño.

Frondas delgadas, orbiculares a ovadas o lingüiformes, 1-6 veces más largas que anchas, por lo general flotan por debajo de la superficie del agua, 1 a varias coherentes para formar pequeños grupos o varias agrupadas con forma de estrella, sin una hojuela (profilo) en la base; superficie superior transparente, sin pápulas, con 1-35 estomas; nervios ausentes; espacios aéreos presentes, en 1 capa; 1 bolsa terminal en la base de la fronda; células de cristal ausentes, pero con células de pigmento en el tejido vegetativo; las frondas fértiles algunas veces más pequeñas, flotantes sobre o inmediatamente por debajo del espejo de agua. **Raíces** ausentes. **Flores** originadas en 1 o 2 cavidades al lado de la línea media en la superficie superior de la fronda, no se encuentran rodeadas por una hojuela. **Estambre** 1, con 2 lóculos por flor. **Gineceo** con 1 óvulo anátropo; saco embrionario

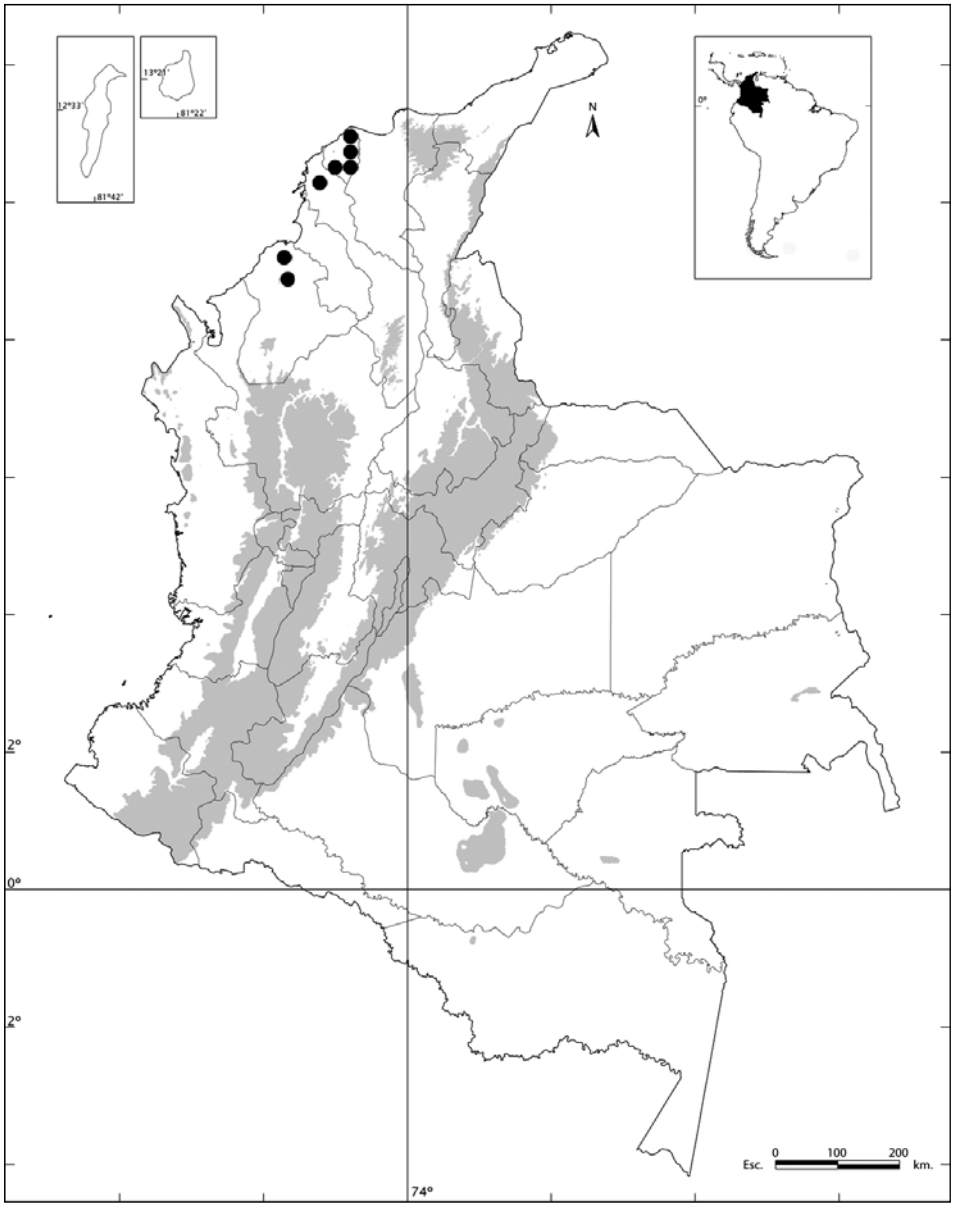


Figura 24. Distribución geográfica de *Wolffia globosa*.

bísporico; endosperma con 1 capa de células. **Semilla** ca. 0.4 x 0.3 mm, casi lisa; cubierta externa con 2-4 capas de células subepidermales.

Composición y distribución. El género *Wolffiella* contiene once especies que se distribuyen preferentemente en el cinturón tropical de América y África. En Colombia el género está representado por tres especies.

Clave para las especies de *Wolffiella* en Colombia

1. Una hilera de células alargadas a lo largo de la línea media de la pared inferior de la bolsa; 2 flores por fronda. ..... **3. *W. welwitschii***
1. Una hilera de células alargadas entre la línea media y la pared inferior de la bolsa; 1 flor por fronda. **2**

2. Angulo de la bolsa 70-120°; el área de espacios aéreos en la base de la fronda rara vez más largo que ancho. ..... **1. *W. lingulata***
2. Angulo de la bolsa 45-90°; el área de espacios aéreos en la base de la fronda generalmente más largo que ancho. ..... **2. *W. oblonga***

5-1. *Wolffiella lingulata* (Hegelm.) Hegelm., Bot. Jahrb. 21: 303. 1895. **Basónimo:** *Wolffia lingulata* Hegelm., Lemnaceen: 132. 1868. **Tipo:** México. may 1868, *L. Hahn* (holótipo STU) **Fig. 25**

Frondas sumergidas, generalmente con la parte basal cerca de la superficie del agua y la punta doblada hacia abajo, 3-9 x 0.8-5 mm, 1.5-4 veces más largas que anchas, 2-5 frondas coherentes, anchamente lingüiformes u ovadas, en la base con apariencia de silla de montar, redondeadas en el extremo distal, algunas veces más estrechas en la parte distal que en la basal, con 0-10 estomas, especialmente a lo largo del margen lateral de la base; el área de los espacios aéreos que se encuentra cerca de la base rara vez más largo que ancho; bolsa normalmente simétrica, con un ángulo de 70-120°; la hilera de células alargadas corre entre la línea media y el borde de la pared inferior de la bolsa; el punto de adherencia de la fronda filial no es conspicuo después de la separación; las plantas florecen y fructifican ocasionalmente, frondas fértiles algunas veces más estrechas que las vegetativas. **Flor** 1 por fronda.

Distribución y hábitat. Especie que se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta la región central de Chile y Argentina. En Colombia habita preferencialmente en las llanuras del Caribe, aunque hay unos pocos registros del altiplano cundiboyacense, y desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2600 m de altitud.

Especímenes representativos. Atlántico: Cuatro Bocas, 7 ene 1995, *Landolt 17/95* (COL, ZT); embalse Guájaro, 8 ene 1995, *Landolt 23/95, 25/95* (COL, ZT); La Isla de San José, 6 ene 1995, *Landolt 10/95* (COL, ZT); Ponedera, 6 ene 1995, *Landolt 13/95* (COL,

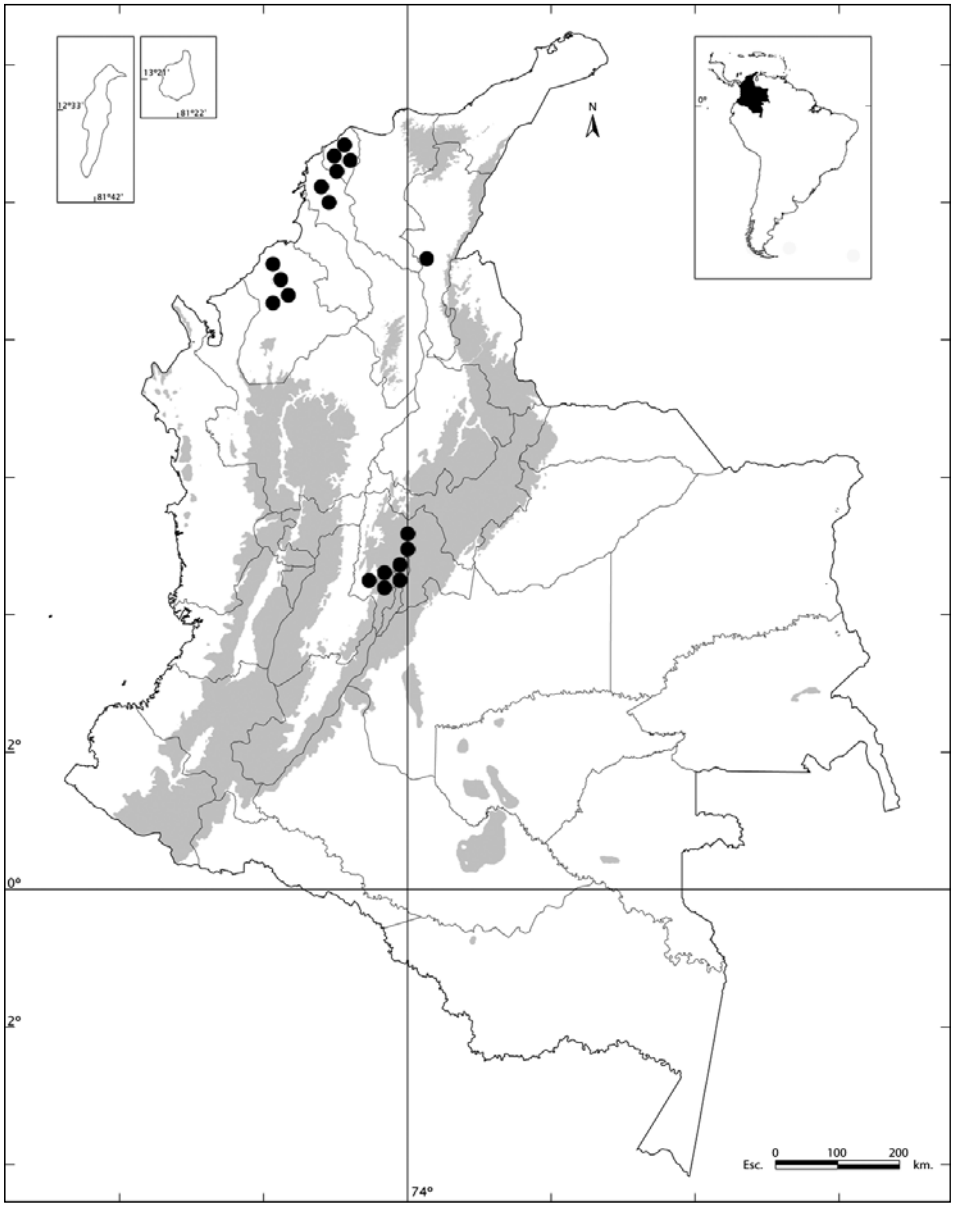


Figura 25. Distribución geográfica de *Wolffiella lingulata*.

ZT); Soledad, 5 ene 1995, *Landolt 5/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 10 ene 1995, *Landolt 31/95, 34/95, 37/95* (COL, ZT); Gambote, 10 ene 1995, *Landolt 36/95* (COL, ZT). **Cesar**: Ciénaga de Zapatosa, 4 ene 1995, *Landolt 2/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Cereté, 12 ene 1995, *Landolt 41/95* (COL, ZT); Guayabal, 12 ene 1995, *Landolt 45-46/95* (COL, ZT); Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 49-51/95, 53-56/95* (COL, ZT); Montería, 30 m, feb 1971, *Bristow s.n.* (COL), 7 ene 1949; Pelayito, 12 ene 1995, *Landolt 44/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: La Florida, Cota, 19 ene 1995, *Landolt 69/95* (COL, ZT); Fúquene, laguna de Fúquene, 2550 m, 18 feb 1989, *Schmidt-Mumm 702a* (COL); laguna de Cucunubá, 2550 m, 18 ene 1995, *Landolt 63/95* (COL, ZT); Mosquera, laguna La Herrera, 10 feb 1989, *Schmidt-Mumm 705a* (COL, ZT); Tocaima, Berlín, 23 ene 1995, *Landolt 77/95* (COL, ZT).

5-2. *Wolffiella oblonga* (Phil.) Hegelm., Bot. Jahrb. 21: 303. 1895. **Basónimo:** *Lemna oblonga* Phil., Linnaea 29: 45. 1857.**Tipo:** Chile. Región Santiago: Santiago de Chile, may 1857, *R. A. Philippi* (lectótipo STU; isolectótipo BM, G, GOET, K, L, LE, MEL, MO, S, SGO, UPS, ZT). **Figs. 13, 26**

Frondas sumergidas, generalmente con la parte basal cerca de la superficie del agua y la punta doblada hacia abajo, 1.2-7 x 0.4-2.5 mm, 3-8 veces más largas que anchas, 2-8 frondas coherentes (frecuentemente agrupadas con forma de estrella), estrechamente lingüiformes a acintadas, ocasionalmente algo contortas, redondeadas en la parte distal, generalmente más estrechas en la parte distal que en la parte basal; 0-8 estomas, especialmente a lo largo del margen lateral de la base; el área de espacios aéreos que se encuentra cerca de la base más largo que ancho y frecuentemente se extiende a través de toda la fronda; bolsa ligeramente asimétrica, con un ángulo de 45-90°; la hilera de células alargadas corre a lo largo o cerca del borde de la pared inferior de la bolsa; el punto de adherencia de la fronda filial usualmente prominente después de la separación; las plantas florecen y fructifican ocasionalmente, fronda fértil similar a la vegetativa. **Flor** 1 por fronda.

Distribución y hábitat. *Wolffiella oblonga* se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta la región central de Chile y Argentina. En Colombia habita en las llanuras del Caribe y el altiplano cundiboyacense, y desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2600 m de altitud.

Especímenes representativos. Atlántico: La Isla de San José, 6 ene 1995, *Landolt 10/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 10 ene 1995, *Landolt 31/95, 37/95* (COL, ZT); Gambote, 10 ene 1995, *Landolt 36/95* (COL, ZT). **Cesar**: ciénaga de Zapatosa, 4 ene 1995, *Landolt 2/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 53/95* (COL, ZT); San Bernardo de los Vientos, 12 ene 1995, *Landolt 57/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: Fúquene, laguna de Fúquene, 2550 m, 18 feb 1989, *Schmidt-Mumm 720* (COL); laguna de Cucunubá, 2550 m, 18 ene 1995, *Landolt 63/95* (COL, ZT); Mosquera, laguna La Herrera, 21 feb 1985, *Wijninga 59* (COL); Tena, laguna de Pedro Palo, 2000 m, 23 ene 1995, *Landolt 79-80/95* (COL, ZT); Tocaima, Berlín, 22 ene 1995, *Landolt 77/95* (COL, ZT).

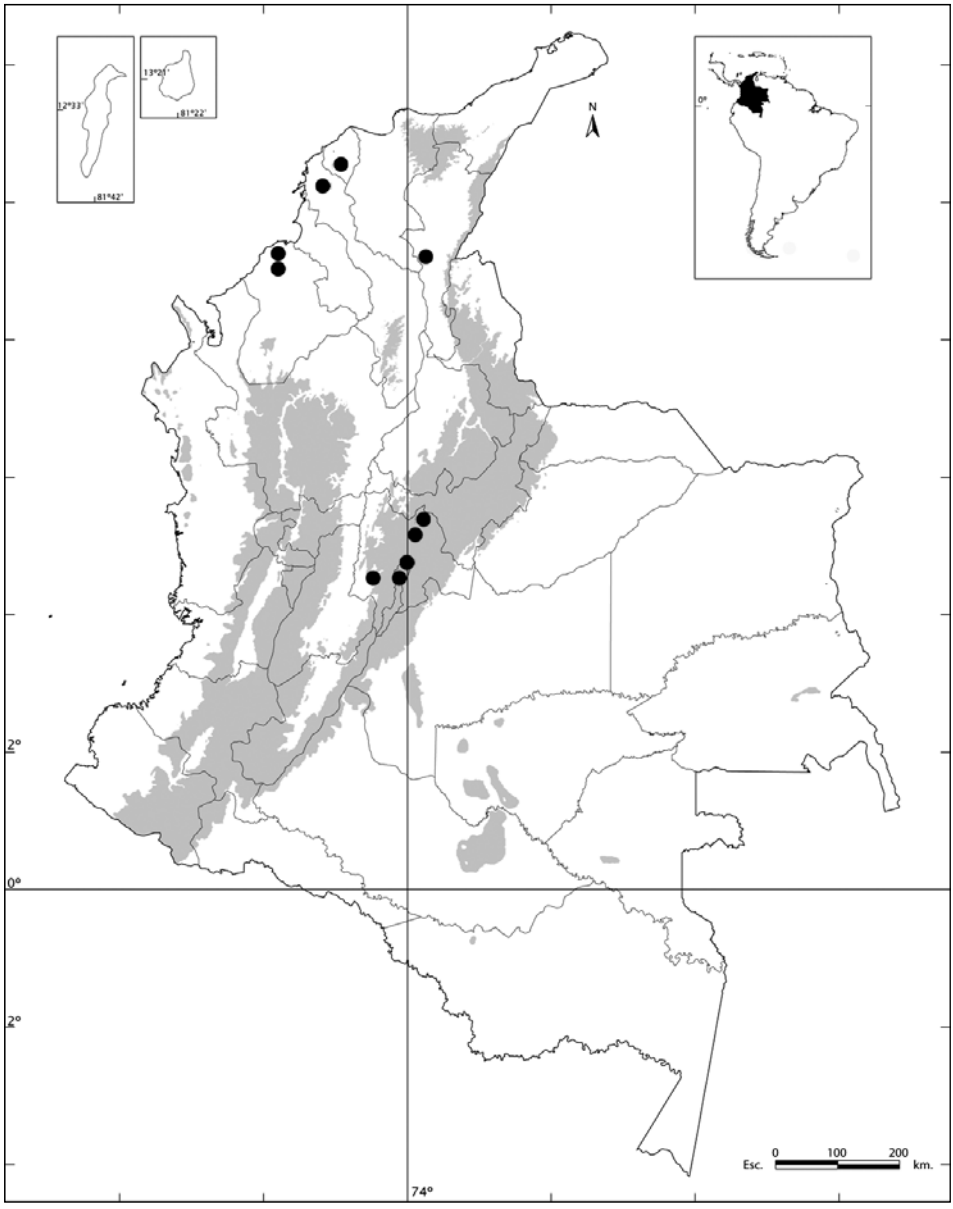


Figura 26. Distribución geográfica de *Wolffiella oblonga*.

5-3. *Wolffiella welwitschii* (Hegelm.) Monod, Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, hors-sér. 2: 242. 1949. **Basónimo:** *Wolffia welwitschii* Hegelm., J. Bot. 3: 114. 1865.**Tipo:** Angola. distr. Ambriz, near Quizembo, 1853, *F. Welwitsch 209* (holótipo STU; isótipos BM, C, G, H, K, L). **Fig. 27**

Frondas sumergidas, generalmente con la parte basal cerca de la superficie del agua y la punta doblada hacia abajo, con 2-3 frondas coherentes, en la base con apariencia de silla de montar, redondeadas en la parte distal, aproximadamente igual de anchas tanto en la parte distal como en la parte basal, 3-7 x 2.5-5.0 mm, 1¼-2 veces más largas que anchas; con 0-12 estomas, especialmente a lo largo del margen lateral de la base; el área de espacios aéreos que se encuentra cerca de la base no es más largo que ancho; bolsa simétrica, con un ángulo de 100-120°; con una hilera de células alargadas que corre a lo largo de la línea media de la pared inferior de la bolsa; el punto de adherencia de la fronda filial no es conspicuo después de la separación; las plantas florecen y fructifican frecuentemente, las frondas fértiles son similares a las vegetativas. **Flores** generalmente 2 por fronda.

Distribución y hábitat. Es una especie que se distribuye por el cinturón tropical de África y América. En Colombia se presenta principalmente en tierras bajas de la llanura del Caribe y del valle medio del río Magdalena. Hay registros de la especie para el altiplano cundiboyacense, pero se sabe que allí fue introducida.

Especímenes representativos. Antioquia: Puerto Triunfo, río Cocorná, 130 m, 26 oct 1985, *Schmidt-Mumm 352* (COL). **Atlántico**: Barranquilla, 15 ene 1971, *Dugand 7335* (ZT); Cuatro Bocas, 7 ene 1995, *Landolt 15/95, 16/95, 17/95* (COL, ZT); Manatí, 8 ene 1995, *Landolt 20/95, 21/95* (COL, ZT); Polovuevo, 6 ene 1995, *Landolt 8/95, 9/95* (COL, ZT); Ponedera, 6 ene 1995, *Landolt 12/95, 13/95* (COL, ZT). **Bolívar**: Arjona, 9 ene 1995, *Landolt 32/95, 34/95, 37/95* (COL, ZT); Galerazamba, 9 ene 1995, *Landolt 30/95* (COL, ZT); Gambote, 9 ene 1995, *Landolt 35-36/95* (COL, ZT). **Cesar**: Bosconia, 4 ene 1995, *Landolt 3/95* (COL, ZT). **Córdoba**: Guayabal, 12 ene 1995, *Landolt 45/95* (COL, ZT); Lorica, 12 ene 1995, *Landolt 49/95, 53-56/95, 59/95* (COL, ZT); Montería, 30 m, feb 1971, *Bristow s.n.* (COL); Pelayito, 12 ene 1995, *Landolt 43-44/95* (COL, ZT); San Bernardo de los Vientos, 12 ene 1995, *Landolt 58/95* (COL, ZT). **Cundinamarca**: Mosquera, laguna La Herrera, 2550 m, 10 feb 1989, *Schmidt-Mumm 705b, 706b* (COL, ZT); río Koran, Hacienda Gacho, 15 ene 1995, *Landolt 60/95* (COL, ZT). **Huila**: Villavieja, 400 m, 21 jun 1950, *Smith 1243* (UC).

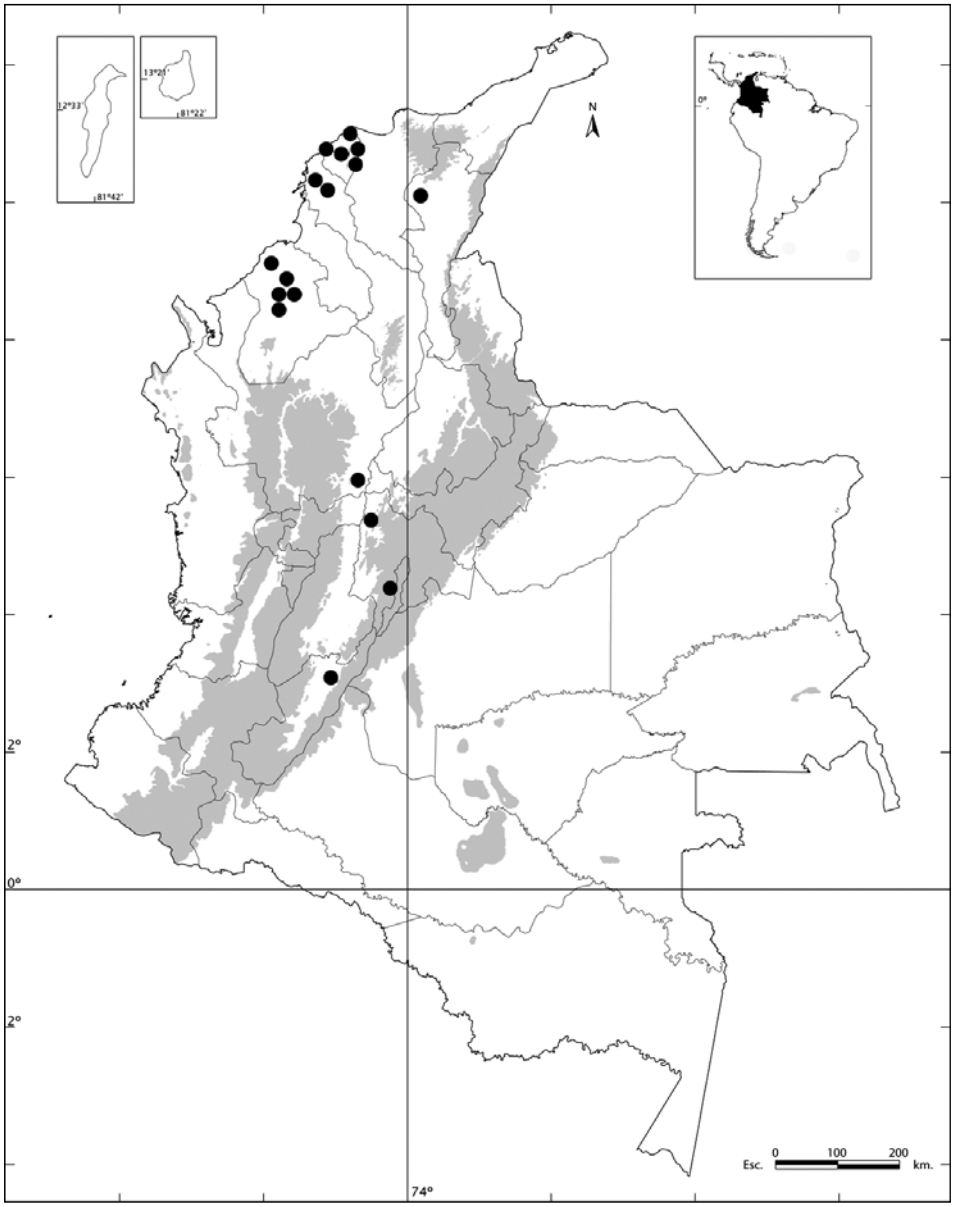


Figura 27. Distribución geográfica de *Wolffiella welwitschii*.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a Fidel Ernesto Poveda y Walter Lämmler por su compañía y eficiente colaboración durante las expediciones para muestrear las Lemnaceae de Colombia durante el año 1995. Especial agradecimiento al Prof. Dr. Luis E. Mora-Osejo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, por su apoyo logístico en el trabajo de campo. Igualmente agradecemos a Julio Betancur y Alejandro Zuluaga, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, por su invaluable colaboración en la revisión del manuscrito. El segundo autor también desea expresar sus agradecimientos a los directores y curadores del Herbario Nacional Colombiano (COL), especialmente a Orlando Rangel-Ch. y Jaime Aguirre por su ayuda durante la revisión de los especímenes.

LITERATURA CITADA

Arber, A. 1920. Water plants: a study of aquatic angiosperms. Cambridge University Press. 435 pp.

Behnke, H.-D. 1995. P-type sieve-element plastid and the systematics of the Arales (sensu Cronquist 1988) with S-type plastids in *Pistia*. Plant. Syst. Evol. 195: 87-119.

Bhanthumnavin, K. & M.G. McGarry. 1971. *Wolffia arrhiza* as a possible source of inexpensive protein. Nature 232(5331): 495.

Brooks, J.S. 1940. The cytology and morphology of the Lemnaceae. Ph.D. thesis Cornell University.

Cabrero, L.I., G.A. Salazar, M.W. Chase, S.J. Mayo, J. Bogner & P. Davila. 2008. Phylogenetic relationships of Aroids and duckweeds (Araceae) inferred from coding and noncoding plastid DNA. Amer. J. Bot. 95(9): 11534-1165.

Crawford, D.J. & E. Landolt. 1993. Allozyme studies in *Spirodela* (Lemnaceae): variation among conspecific clones and divergence among species. Syst. Bot. 18: 389-394.

Crawford, D. J. & E. Landolt. 1995. Allozyme divergence among species of *Wolffia* (Lemnaceae). Plant Syst. Evol. 197: 59-70.

Crawford, D.J. & E. Landolt. 1996. An allocyme study of two sibling species of *Lemna* (Lemnaceae) with comments on their morphology, ecology and distribution. Bull. Torr. Bot. Club 123(1):1-6.

Crawford, D.J., E. Landolt, D.H. Les & R.T. Kimball. 2006. Speciation in duckweeds (Lemnaceae): phylogenetic and ecological inferences. Aliso 22: 231-242.

Crawford, D. J., E. Landolt., D. H. Les & E. Tepe E. 1997. Allozyme variation and the taxonomy of *Wolffiella*. Aquatic Botany 58(1): 43-54.

Cross, J. W. 2002. The charms of duckweed. http://www.mobot.org/jwcross/duckweed.htm (consultada: oct 2008).

Cross, J. W. 2002. Duckweed invasion in lake Maracaibo. The charms of duckweed. (13 jul 2004). http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=4654 (consultada: oct 2008).

Datko, A.H., S.H. Mudd & J. Giovanelli. 1980. *Lemna paucicostata* Hegelm. 6746. Life cycle and characterization of the colony types in a population. Plant physiol. 65: 913-923.

Daubs, E.H. 1965. A monograph of Lemnaceae. Illinois Biol. Monogr. 34: 118 pp.

Den Hartog, C. & F. van der Plas. 1970. A synopsis of the Lemnaceae. Blumea 18: 355-368.

Deyl, M. 1955. The evolution of the plants and the taxonomy of the monocotyledons. Acta Mus. Nat. Prag 11B(6): 143 pp.

Dorofeev, P.I. 1963. The tertiary floras of Western Siberia. (In Russian). Bot. Inst. Komarov Akad. Nauk. SSSR 1963: 129-130.

Efrat, Y., A.H. Pieterse & F. Bouman. 1977. A comparative study of developing air chambers in flat and gibbous fronds of *Lemna gibba* L. Acta Bot. Neerl. 26: 343-347.

Eichler, A. 1875. Blütendiagramme 1. Abt. II, Monocotyledoneae, A. Helobiae, 1. Lemnaceae: 73-80. Leipzig.

Engler, A. 1877. Vergleichende Untersuchungen über die morphologischen Verhältnisse der Araceae. Nova Acta K. Leop.-Carol. Dt. Akad. Naturf. 39: 135-224.

French, J.C., M.G. Chung & Y.K. Hur. 1995. Chloplast DNA phylogeny of the Ariflorae. In: Rudall, P.J., P.J. Gripp, D.F. Cutler & C.J. Humphries (eds.), Monocotyledons: systematics and evolution: pp. 255-275. Royal Botanic Gardens, Kew.

Grayum, M.H. 1992. Comparative external pollen ultrastructure of the Araceae and putatively related taxa. Monogr. Syst. Bot. Miss. Bot. Gard. 43: 167 pp.

Hegelmaier, F. 1868. Die Lemnaceen. Eine monographische Untersuchung. Engelmann, Leipzig. 169 pp.

Hegelmaier, F. 1871. Über die Fructificationstheile von *Spirodela*. Bot. Z. 29(38): 621-630; 645-666.

Hegelmaier, F. 1895. Systematische übersicht der Lemnaceen. Bot. Jahrb. 21: 268-305.

Hillman, W.S. 1961. The Lemnaceae, or duckweeds. A review of the descriptive and experimental literature. Bot. Rev. 27: 221-287.

Iqbal, S. 1999. Duckweet aquaculture. Potentials, possibilities and limitations for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries. SANDEC Report No. 6/99. EAWAG.

Kandeler, H. 1979. Family Lemnaceae S. F. Gray 1821. In: Hegi, G. (ed.), Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Parey, Berlin-Hamburg. 2/1 (Lief. 5): 335-346.

Jacobs, D.L. 1947. An ecological life history of *Spirodela polyrhiza* (greater duckweed) with emphasis on the turion phase. Ecol. Monogr. 17(4): 437–469.

Kimball, R. T., D.J. Crawford, D.H. Les & E. Landolt. 2003. Out of Africa: molecular phylogenetics and biogeography of *Wolffiella* (Lemnaceae). Biological Journal of the Linnean Society 79: 565-576.

Klich, M.G. & M.B. Mujica. 1986. Stomatal morphology and ontogeny in *Spirodela intermedia* W. Koch. Aquat. Bot. 26: 155-164.

Kvacec, Z. 1995. *Limnobiophyllum* Krassilov - a fossil link between the Araceae and the Lemnaceae. Aquat. Bot. 50: 49-61.

Landolt, E. 1980. Description of six new species of Lemnaceae. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 70: 22-29.

Landolt, E. 1986. The family of Lemnaceae - a monographic study. Vol. 1. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 71: 1-566.

Landolt, E. 1994. Taxonomy and ecology of the section *Wolffia* of the genus *Wolffia* (Lemnaceae). Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich 60: 137-151.

Landolt, E. 1998. Anatomy of the Lemnaceae (duckweeds). Encyclopedia of Plant Anatomy XIII/4. Extreme adaptions in angiosperous hydrophytes: 1-127.

Landolt, E. 1999. Pleustonic communities with Lemnaceae in South America. Appl. Veg. Sci. 2: 7-19.

Landolt, E. 2000a. Lemnaceae. Págs. 143-153. En: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico, Vol. 22: Magnoliophyta: Alismatidae, Arecidae, Commelinidae (in part), and Zingiberidae. Oxford and New York Oxford Univ. Press.

Landolt, E. 2000b. Contribution on the Lemnaceae (duckweeds) of Ecuador. Fragm. Flor. Geobot. 45: 221-237.

Landolt, E. & R. Kandeler. 1987. The family of Lemnaceae - a monographic study. Vol. 2. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 95: 1-638.

Lawalrée, A. 1945. La position systématique des Lemnaceae et leur classification. Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 77: 27-38.

Les, D.H. & D.J. Crawford. 1999. *Landoltia* (Lemnaceae), a new genus of duckweed. Novon 9: 530-533.

Les, D.H., D.J. Crawford, E. Landolt, J.D. Gabel & T.T. Kimball. 2002. Phylogeny and systematics of Lemnaceae, the duckweed family. Systematic Botany 27(2): 221-240.

Maheshwari, S.C. 1954. The emryology of *Wolffia*. Phytomorphology 4: 355-365.

Maheshwari, S.C. 1958. *Spirodela polyrhiza*: the link between the aroids and the duckweeds. Nature 181: 1745-1747.

Maheshwari, S.C. & R.N. Kapil. 1963a. Morphological and embryological studies on the Lemnaceae, I. The floral structure and gametophytes of *Lemna paucicostata*. Amer. J. Bot. 50: 677-686.

Maheshwari, S.C. & R.N. Kapil. 1963b. Morphological and embryological studies on the Lemnaceae, II. The endosperm and embryo of *Lemna paucicostata*. Amer. J. Bot. 50: 907-914.

Maheshwari, S.C. & N. Maheshwari. 1963. The female gametophyte, endosperm and embryo of *Spirodela polyrhiza*. Beitr. Biol. Pflanzen 39: 179-188.

Mestayer, C.R., D.D. Culley jr., L.C. Standifer & K.L. Koonce. 1984. Solar energy conversion efficiency and growth aspects of the duckweed, *Spirodela punctata* (G. F. W. Mey.) Thompson. Aquat. Bot. 19: 157-170.

Meusel, H. 1951. Die Bedeutung der Wuchsform für die Entwicklung des natürlichen Systems der Pflanzen. Feddes Rep. 54: 137-172.

Porath, D. 1996. Duckweed (Lemnaceae): The duckweed *Lemna gibba* cv. Galilee: A biotechnical agent for recycling ammonium into available protein. Environm. Res. Forum 5-6: 307-312.

Reveal, J.L. 1990. The neotypification of *Lemna minuta* Humb., Bonpl. & Kunth, an earlier name for *Lemna minuscula* Herter (Lemnaceae). Taxon 39: 328-330.

Schleiden, M. J. 1839. Prodromus Monographiae Lemnacearum oder Conspectus generum atque specierum. Linnaea 13: 385-392.

Schmidt-Mumm, U. 1992. Primer registro de *Wolffiella oblonga* (Phil.) Hegel. y sinopsis de las Lemnaceae en Colombia. Caldasia 17(1): 11-20.

Sekine, I. 1979. Alcohol and methane from Lemnaceae. (In Japanese). Jap. Kokai Tokyo Koho. Patent No. 56-78594.

Shih, C.Y. 1979. SEM studies of the flowering duckweed, *Lemna perpusilla*, 6746. Scann. Electr. Microsc. 1979(3): 479-486.

Stockey, R.A., G.L. Hoffman & G.W. Rothwell. 1997. The fossil monocot, *Limnobiophyllum scutatum*: Resolving the phylogeny of Lemnaceae. Amer. J. Bot. 84: 355-368.

Thompson, C.H. 1897 (1898). A revision of the American Lemnaceae occuring north of Mexico. Ann. Rep. Miss. Bot. Gard. 9: 21-42.

Von Humboldt, A., A. Bonpland & C.S. Kunth. 1816. Nova genera et species plantarum. Lutetiae Parisiorum 1: 371-372.

LISTA NUMÉRICA DE TAXONES

1 ***Landoltia***
1-1 *L. punctata* (G. Mey.) Les & Crawford

2 ***Lemna***
2-1 *L. aequinoctialis* Welw.
2-2 *L. gibba* L.
2-3 *L. minuta* Kunth in H.B.K.
2-4 *L. obscura* (Austin) Daubs
2-5 *L. valdiviana* Phil.

3 ***Spirodela***
3-1 *S. intermedia* W. Koch
3-2 *S. polyrhiza* (L.) Schleid.

4 ***Wolffia***
4-1 *W. brasiliensis* Weddell
4-2 *W. columbiana* Karsten
4-3 *W. elongata* Landolt
4-4 *W. globosa* (Roxb.) Hartog & Plas

5 ***Wolffiella***
5-1 *W. lingulata* (Hegelm.) Hegelm.
5-2 *W. oblonga* (Phil.) Hegelm.
5-3 *W. welwitschii* (Hegelm.) Monod

LISTA DE ESPECÍMENES EXAMINADOS

Aguirre, L. E. 184 (2-2). **Amortegui, B. G.** 417 (3-1).

Bailey, L. H. 258 (2-1). **Barkley, F. A.** 19Bo204-206 (3-2, 4-2, 4-3); 18Va224 (1-1); 18C005/6 (2-1, 4-2, 4-3). **Bechara-Zainum, J.** 19Bo097 (3-1); 19Bo204-306 (5-1). **Bristow, J. M.** s.n. (2-1, 4-2, 5-1, 5-3).

Cleef, A. M. 6592 (2-1); 9503 (2-3).

Dugand, A. 7331 (2-1, 4-2); 7335 (2-1, 3-1, 4-2, 5-3); s.n. (4-2).

Espinal-T., L. S. 1717 (3-1).

Fassett, N. C. 25362 (2-1); 25363 (3-1); 25379 (2-1). **Fernández-Pérez, A.** s.n. (2-3, 2-5).

Gutiérrez-V., G. 18C005/6 (2-1, 4-2, 4-3).

Hélier Frére s.n. (2-2, 2-3, 4-1, 4-2). **Hermann, F. J.** 11312 (3-1, 2-1). **Holton, I. F.** s.n. (2-2, 2-3).

Idrobo, J. M. 6592 (2-1).

Karsten, G. K. W. H. s.n. (2-1, 4-2). **Killip, E. P.** 14504 (2-1, 4-3, 4-2); 14609 (2-1, 4-2).

Landolt, E. 1/95 (2-2); 2/95 (2-1, 2-5, 5-1, 5-2); 3/95 (2-1, 5-3); 4/95 (2-4, 4-1); 5-6/95 (2-1, 2-4, 3-1, 4-2, 4-4, 5-1); 7/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-4, 5-1); 8/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-4, 5-3); 9/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-4, 5-3); 10/95 (2-1, 2-5, 3-1, 4-2, 5-1, 5-2); 11 /95 (2-1); 12/95 (2-1, 2-4, 4-2, 5-3); 13/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-3); 14/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-3); 15/95 (2-1, 5-3); 16/95 (2-1, 5-3); 17/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-3); 18/95 (4-1); 19/95 (2-1, 2-4, 4-2); 20/95 (2-1, 4-2, 5-3); 21/95 (2-1, 5-3); 22/95 (2-4, 4-2, 4-4); 23/95 (2-4, 4-2, 4-4, 5-1); 24/95 (2-1, 4-2, 4-4); 25/95 (2-1, 4-2, 5-1); 26/95 (2-1, 4-2); 27/95 (2-1, 2-4, 4-2); 28/95 (2-1, 2-4, 4-1, 4-2, 4-4); 29/95 (2-4, 4-2, 4-4); 30/95 (5-3); 31/95 (2-1, 2-4, 2-5, 4-2, 5-1, 5-2); 32/95 (2-1, 5-3); 33/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-4); 34/95 (2-1, 5-1, 5-3); 35/95 (2-1, 3-1, 5-3); 36/95 (2-1, 2-5, 5-1, 5-2, 5-3); 37/95 (2-1, 2-5, 4-2, 5-1, 5-2, 5-3); 38/95 (2-1, 4-1, 4-2); 39/95 (2-1, 4-1, 4-2); 40/95 (2-1, 4-1); 41/95 (2-1, 3-2, 4-2, 5-1); 42/95 (2-1, 4-4); 43/95 (2-1, 5-3); 44/95 (2-1, 5-1, 5-3); 45/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-3); 46/95 (2-1, 4-2, 5-1); 47/95 (2-1, 4-2); 48/95 (2-1, 4-4); 49/95 (2-1, 5-1, 5-3); 50/95 (2-1, 2-5, 5-1); 51/95 (2-1, 4-2, 5-1); 52/95 (2-1, 2-4, 4-2, 4-3); 53/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-2, 5-3); 54/95 (2-1, 2-5, 3-1, 5-1, 5-3); 55/95 (2-1, 4-2, 5-1); 56/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-3); 57/95 (4-2, 5-2); 58/95 (2-1, 4-2, 5-3); 59/95 (2-1, 4-2, 5-3); 60/95 (2-1, 4-1, 5-3); 61/95 (2-5, 4-1, 4-2, 5-1); 62/95 (2-3, 2-5, 5-1, 5-2); 63/95 (2-3, 2-5, 5-1, 5-2); 64/95 (2-2); 65/95 (2-2, 2-3); 66/95 (2-3, 2-5, 5-1, 5-2); 67-68/95 (2-2, 3-I,

2-3, 4-2); 69/95 (2-2, 2-3, 2-5, 3-1, 4-1, 4-2, 5-1); 70/95 (2-2, 2-3, 4-2); 71/95 (2-3, 2-5, 3-1, 4-2, 5-1); 72/95 (2-1, 4-1); 73/95 (2-1); 74/95 (2-1, 3-1, 3-2,); 75/95 (2-1, 3-1, 3-2,); 76/95 (2-1); 77/95 (2-1, 4-2, 5-1, 5-2); 78/95 (2-1, 4-1); 79/95 (2-3, 2-5, 5-1, 5-2); 80/95 (2-3, 2-5, 5-1, 5-2); 81/95 (2-3, 4-2, 5-1); 82/95 (2-3); 83/95 (2-5).

Mason, H. L. 13750 (3-1). **Molina, J. A.** 19Bo204-206 (3-2, 4-2, 4-3); 18Va224 (1-1). **Mora-Goyes, M. F.** 262 (1-1).

Pennell, F. W. 4770 (3-2, 4-1).

Schmidt-Mumm, U. 295 (2-3); 296 (4-2); 297 (5-2); 298 (2-2); 300 (2-3); 345 (3-1); 351 (2-1); 352 (5-3); 384 (2-1); 494 (2-3, 3-2); 545 (2-5, 3-1); 698 (2-3); 699 (3-1); 702a (5-1); 704 (4-2); 705 (5-2); 705a (5-1); 705b (5-3); 706 (2-3); 706a (2-2); 706b (5-3); 713 (5-1); 720 (5-2); 728 (3-1); 729 (4-2); 730 (5-2); 731 (2-2); 736 (2-2); 737 (2-2); 737a (4-2); 738 (2-3); 739 (3-1); 743 (3-1); 958 (2-5); 959 (4-1); 960 (5-1); 961 (5-1, 5-2); 962 (2-3); 968 (3-1); 971 (4-1); 1075 (4-2); 1093 (4-2). **Smith, A. C.** 1243 (3-1, 5-3); 14504 (2-1, 4-2, 4-3); 14609 (2-1, 4-2).

Triana, J. J. 682bis (2-2); 1668 (2-2).

Viereck, H. L. s.n (3-2). **Vink, R.** 59 (2-2, 5-2); 104 (3-1, 5-2).

Wijninga, V. M. 59 (2-2, 5-2); 104 (3-1, 5-2).

INDICE DE NOMBRES CIENTÍFICOS

(Los números en negrita indican la página en donde el taxón se describe)

Acoraceae 5
Alismatiflorae 5
Araceae 5, 6, 9
Arales 5
Azolla filiculoides 14
Cyperaceae 13
Eichhornia azurea 13
Gymnostachys 5
Helobiae 5
Helobiales 5
Hydrocharitaceae 5
Landoltia 7, 9, 10, 12, **17**, 18
  L. punctata 9, 10, 17, **18**, 19
Lemna 6, 7, 9, 12, 16, 17, **18**, 20
  L. aequinoctialis 9, 10, 11, 12, 13, 20, **21**, 22
  L. gibba 6, 8, 10, 13, 14, 20, **23**, 24
  L. globosa 38
  L. minima 25
  L. minor 6, 13, 18
  L. minor var. *obscura* 25
  L. minuscula 25
  L. minuta 13, 14, 21, **25**, 26
  L. oblonga 42
  L. obscura 10, 20, 24, **25,** 27
  L. polyrhiza 32
  L. punctata 18
  L. valdiviana 13, 14, 21, **27,** 28, 29
  L. yungensis 13, 29
Lemnaceae **16**
Lemnadeae 16
Lemnales 5
Lemneae 10, 12
Lemnoideae 10
Limnobiophyllum 5
Limnobium laevigatum 14
Lysichiton 6
Orontium 6
Phragmites 13
Pistia 5, 9
Pseudowolffia 6
Ricciocarpus natans 14
Spirodela 6, 7, 9, 10, 11, 12, 17, **29**, 30
  S. intermedia 8, 9, 10, 14, **30**, 31
  S. polyrhiza 6, 7, 8, 11, 19, 29, 30, **32**
  S. punctata 18
Symplocarpus 6
Telmatophace 6
  T. gibba 6
Typha 13
Wolffia 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 17, **33**, 38
  W. arriza 6, 13
  W. brasiliensis 12, 14, 33, **34**, 35
  W. columbiana 14, **34**, 36, 37
  W. elongata 26, 34, **37**
  W. globosa 34, 38, 39
  W. lingulata 40
  W. microscópica 13
  W. michelii 33
  W. welwitschii 44
Wolffiella 6, 7, 8, 10, 12, 13, 17, **38**, 40
  W. lingulata 14, **40**, 41
  W. oblonga 12, 38, 40, **42,** 43
  W. welwitschii 13, 40, **44**, 45
Wolffieae 10, 12
Wolffioideae 10
Wolffiopsis 6

ELIAS LANDOLT

Fue Profesor de Botánica en el Instituto Federal Suizo, Zurich (Eidgenössische Technische Hochschule) desde 1964 hasta 1993, además, Director del Instituto Geobotánico, Fundación Rübel (Geobotanisches Institut, Siftung Rübel). Ha trabajado extensamente en aspectos relacionados con la sistemática, la taxonomía y la ecología de las Lemnaceae, así como de otros grupos de plantas alpinas. Es autor de la flora de Suiza (en conjunto con H. E. Hess y R. Hirzel) y de Zurich, como también algunas contribuciones a la "Lista Roja de las Plantas de Suiza" y el "Valor Indicador de las Especies de Plantas Suizas".

UDO SCHMIDT-MUMM

Obtuvo el título de Biólogo en la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, en 1986. Entre 1988 y 1992 fue Profesor-Investigador en la Pontificia Universidad Javeriana, especialmente dentro del programa "Investigaciones para el Desarrollo de la Ecología y la Sistemática", en donde colaboró en los proyectos "Elaboración de la Flora Fanerogámica del Parque Nacional Natural Chingaza" y "Comunidades Vegetales del Parque Nacional Natural Chingaza". Ha realizado varias publicaciones en el campo de la taxonomía y la ecología de los macrófitos acuáticos de Colombia y, actualmente, realiza su posgrado en la Universidad de Viena, Austria, enfocado hacia los macrófitos acuáticos del Danubio.