

UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE MACRÓFITOS ACUÁTICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA BIO LOGÍA.

ENRIQUE HAUENSTEIN B. M.S.,
ELIZABETH TRONCOSO H.

Se dan a conocer las múltiples posibilidades de utilización que poseen las plantas acuáticas vasculares, en los laboratorios de cursos de Biología o Ciencias Naturales, principalmente las sumergidas, puesto que por las características especiales de su morfología y funcionamiento son elementos de gran utilidad para demostraciones morfológicas, fisiológicas o ecofisiológicas, en niveles de enseñanza básica, media y universitaria.

INTRODUCCION

La Biología es una ciencia que se debe enseñar y comprender fundamentalmente a través de procesos activos y de observación, desarrollados ya sea en el laboratorio o en el terreno mismo. En este sentido, el material didáctico más útil lo constituyen los propios organismos vivos.

Para el estudio de aspectos relacionados con la morfología y fisiología de los vegetales superiores, se prestan muy bien las plantas acuáticas, debido a su particular estructura, a su abundancia y a las facilidades de su recolección y cultivo (Retamales, 1934).

Los antecesores de las plantas superiores fueron formas acuáticas, que para iniciar la colonización de hábitats secos y nutricionalmente pobres, debieron sufrir profundas transformaciones en su proceso evolutivo. Tal acontecimiento ocurrió entre los períodos Silúrico y Devónico, hace aproximadamente 400 millones de años, período que culminó con la aparición de las plantas superiores (cormófitos) adaptadas al ambiente terrestre-aéreo. Posteriormente, algunas de estas plantas terrestres retornaron al ambiente acuático primitivo, configurando actualmente, menos del 1% del total de especies de plantas vasculares (Ramírez, 1978, p.48), aunque por su alto grado de especialización constituyen un grupo biológicamente importante. A manera de ejemplo y considerando solamente el aspecto funcional, se puede indicar que estas plantas se diferencian de las terrestres porque absorben agua y nutrientes por toda su superficie sumergida; al fotosintetizar lo hacen en tallos y hojas, pudiendo extraer CO_2 del

bicarbonato disuelto en el agua. Todo esto las hace tener un extraordinario desarrollo vegetativo, aunque en condiciones desfavorables pueden sufrir una fuerte reducción del cuerpo vegetativo y son incapaces de resistir la sequía.

Los macrófitos acuáticos pueden separarse en dos grandes grupos: errantes y radicantes (Ramírez et al. 1979, 1982b, p.7).

El primer grupo lo constituyen aquellas plantas que viven flotando libremente, ya sea a media agua o sobre la superficie de ésta; tal es el caso del jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), la hierba guatona (*Limnobium laevigatum*) y las lentejas de agua (*Lemna* spp.).

El segundo grupo, mucho más numeroso, lo componen plantas arraigadas al sustrato, las que a su vez pueden subdividirse en: sumergidas, natantes y emergentes.

Como ejemplo de la primera subdivisión, se puede mencionar a los luchecillos (*Egeria densa*, *Elodea* spp.), que permanecen fijos al sustrato y sus tallos y hojas se encuentran totalmente sumergidos, emergiendo solamente las flores. Las plantas radicantes natantes se caracterizan por poseer tallos alargados, que en su parte inferior llevan hojas sumergidas

y en el extremo superior hojas flotantes de aspecto diferente, algunas de ellas son los hueros (*Potamogeton spp.*) y el nenúfar (*Nymphaea alba*). Por último, las plantas acuáticas radicantes emergentes son aquellas que se conocen también con el nombre de "helófitas o palustres", y son típicas de pantanos fangosos en riberas de poca profundidad. Llevan la mayor parte del tallo y hojas emergiendo sobre el agua; ejemplo son la totora (*Scirpus californicus*) y el vatro (*Typha angustifolia*).

RECOLECCION Y CULTIVO.

Estas plantas pueden colectarse en los meses de primavera y verano, en ambiente lóticos (ríos, esteros, canales) y principalmente en ambientes lénticos (lagos, lagunas, charcos), cuerpos de agua que son abundantes en la IX y X regiones del país (Ramírez et al. 1982b, p.1). Una vez colectadas, se prensan, se secan y herborizan de acuerdo a técnicas tradicionales para este efecto (Hauenstein y Parada, 1975, p.96-98), o bien, se conservan vivas en cubetas o bolsas plásticas con agua del mismo hábitat.

La mayoría de estos hidrófitos puede mantenerse fácilmente en el laboratorio o sala de clases. Para ello, basta con poner las plantas en acuarios o cubetas plásticas que contenen

gan tierra o arena y agua de río o de vertiente, puesto que el cloro del agua las daña, y en lo posible con suficiente aireación proporcionada a través de una bomba de succión. Para este efecto, puede utilizarse también un sistema como el esquematizado en la fig.1.

OBSERVACIONES Y EXPERIMENTOS.

Para desarrollar este capítulo, nos referiremos principalmente a experimentos posibles de ser realizados con un grupo de hidrófitas sumergidas, conocidas vulgarmente como "luchecillos", cuyas características anatómicas, fisiológicas y ecológicas, han sido estudiadas por autores como Espinosa (1927), Hauenstein (1981) y Rodríguez et al. (1981). Asimismo, Ramírez et al. (1981) indican que en Chile existen tres especies de estos luchecillos: *Elodea canadensis*, *E. potamogeton* y *Egeria densa*, las que son morfológicamente muy semejantes entre sí.

En consecuencia, a continuación se describen algunas características morfológicas, procesos fisiológicos y aspectos ecológicos posibles de ser observados en estos vegetales y que son homólogos en las plantas superiores terrestres, constituyendo aspectos fundamentales en el estudio de estos organismos dentro del

ámbito de las ciencias biológicas.

1. MORFOLOGIA.

a) *Aerénquima:*

Las plantas acuáticas, generalmente, presentan abundante tejido aerífero (aerénquima) formado por células que dejan toda una red de grandes espacios intercelulares. Por estos espacios circulan gases provenientes del agua circundante o de los procesos de fotosíntesis y respiración. Estos tejidos favorecen la flotación de las plantas y permiten el transporte de oxígeno a los órganos sumergidos.

El tejido aerenquimático se puede observar en un corte transversal por tallo, de alguno de los luchecillos anteriormente mencionados. Para este efecto, se retiran las hojas del tallo y se hace el corte en la zona internodal, utilizando para ello una hoja de afeitar nueva. Es conveniente hacer varios cortes lo más finos posible y recibirlos en un vaso con agua para evitar que se sequen. De ellos, se elige el más delgado y se pone en un portaobjetos con una gota de agua; luego se tapa con un cubreobjetos y se observa al microscopio (fig.2b).

b) Apice vegetativo:

En el extremo de los tallos y raíces de las plantas superiores, se encuentran los llamados ápices o conos vegetativos que están conformados por tejidos embrionarios o meristemas. Estos meristemas son tejidos vegetales que tienen la capacidad de división celular y, por lo tanto, son los centros de crecimiento de la planta. Generalmente van protegidos por escamas que evitan rupturas o deshidratación. Las células meristemáticas son pequeñas, isodiamétricas, de paredes celulares delgadas, sin vacuola y con un gran núcleo central.

Para observar estos tejidos, se utiliza el extremo de un tallo de lucheillo y se sigue la siguiente metódica: con una pinza se extraen todas las hojas que cubren el ápice del tallo, luego se corta 0.5 cm del ápice y se pone el trozo sobre un portaobjetos. Con una hoja de afeitar y bajo una lupa se hace un corte longitudinal por la parte media, y una de estas mitades se observa al microscopio (fig.2c).

c) Pared celular:

La célula vegetal, a diferencia de la célula animal, presenta una pared celular inerte, permeable y rígida, que la envuelve, protege y ayu

da a mantener su forma. Esta pared está consti
tuida principalmente de celulosa.

Para observarla nítidamente, es necesario poner en un portaobjetos una gota de solución concentrada (azúcar o cloruro de zinc al 13%), y en ella un trozo pequeño de hoja de lucheci
llo; el conjunto se tapa con un cubreobjetos y se observa al microscopio (fig.3b).

La solución agregada provoca deshidrata -
ción de las células, haciendo que el protoplasma
se separe de la pared celular, la cual per
manece sin cambios. Para observar la célula en su estado normal, basta con reemplazar la solución por agua destilada (fig.3a).

d) *Cloroplastos:*

Estos son organelos celulares de color ver
de y de forma más o menos elipsoidal, que por contener clorofila participan en el proceso fo
tosintético.

Se pueden observar en hojas de luchecillos
o de alguna otra acuática sumergida, como Pota
mogeton pectinatus o Callitriche palustris, em
pleando para este efecto la metódica reseñada en el punto anterior (1c) y agregando solamente agua destilada (fig.3a).

e) *Granos de almidón:*

Una de las maneras en que las células vegetales tienden a almacenar materiales alimenticios, es en la forma de gránulos de almidón. Estos gránulos pueden ser reconocidos fácilmente haciéndolos reaccionar con una solución de lugol.

Para observar granos de almidón en *luchecillos*, hay que repetir la actividad 1a), haciendo un corte transversal por tallo en una zona lo más alejada posible del ápice vegetativo, y agregar una gota de lugol. Al observar al microscopio, el almidón se aprecia como pequeños granos de color azul intenso (casi negro) dentro del citoplasma de las células parenquimáticas próximas a la epidermis (fig.2b).

Como material alternativo se puede utilizar también el rizoma (tallo subterráneo modificado) de nenúfar (*Nymphaea alba*).

2. FISILOGIA.

a) *Movimiento citoplasmático:*

Habitualmente el citoplasma de las células vivas presenta movimientos o corrientes inter-

nas (ciclosis), provocadas por modificaciones físico-químicas que tienen lugar en él.

Para observar este movimiento al microscopio, las hojas de luche-cillos se prestan muy bien, ya que sólo están formadas por dos estratos de células y carecen de epidermis (fig. 3d). Como el citoplasma no es visible, es translúcido, no es posible ver directamente su movimiento, pero se puede apreciar indirectamente a través del desplazamiento de los cloroplastos. En esta actividad es conveniente iluminar bien abriendo el diafragma del microscopio, puesto que la luz y el calor de la lámpara aceleran este movimiento.

Para demostrar que este fenómeno es observable sólo en células vivas, se puede matar el tejido colocándolo en agua hirviendo durante 1 minuto y luego volver a observar.

b) *Plasmólisis:*

La célula vegetal adulta posee una gran cavidad central denominada vacuola (o), la cual está llena de "jugo celular" de composición variable. Rodeando esta cavidad se encuentra el citoplasma, el que a su vez está limitado por la membrana plasmática y la pared celular. Si la célula se pone en una solu

ción concentrada de azúcar (sacarosa), ésta se deshidrata y el citoplasma se desprende de la pared celular; este fenómeno se denomina "plasmólisis". Si la célula es puesta nuevamente en agua pura, recupera su estado original, se dice que está "deplasmolizada". Ambos fenómenos se observan sólo en células vivas.

Para demostrar la plasmólisis, se toma un trozo de hoja de lucheillo y se coloca sobre un portaobjetos con una gota de solución concentrada de azúcar, se cubre y observa al microscopio. Al cabo de unos minutos el citoplasma y el vacuolo se contraen (fig.3b). Para observar la deplasmólisis, a la preparación anterior se le reemplaza el azúcar por agua pura; de esta forma, el vacuolo recupera su agua y la célula se deplasmoliza recobrando su forma original.

c) *Valor osmótico:*

El jugo celular, presente en la vacuola de la célula, está compuesto de diversos elementos orgánicos e inorgánicos que presentan una concentración variable. La concentración de estos elementos es un mecanismo que permite a la célula captar agua (por osmosis) del medio hipotónico que la rodea. Esta capacidad de atraer agua que tiene la célula, es posible de ser me

dida a través del método plasmolítico, que se basa en el fenómeno descrito en el punto anterior.

Para determinar el valor osmótico del jugo celular, se toman trozos de hojas de luchecillos y se realiza el siguiente procedimiento: se llenan 8 tubos de ensayo hasta un tercio de su capacidad, con la siguiente serie de soluciones molares de sacarosa (0.30 - 0.28 - 0.26 - 0.24 - 0.22 - 0.20 - 0.18 y 0.16 M). Se introducen en los tubos las hojas de luchecillo, con intervalos de 4 minutos. Después de 30 minutos de inmersión, se observan las células bajo el microscopio para ver plasmólisis, examinando en la preparación alrededor de 25 células. Aquella solución en la cual aproximadamente el 50% de las células se presenten con plasmólisis inicial, se considera tiene el mismo valor osmótico que la savia celular.

El valor osmótico de la solución de sacarosa así seleccionada, se puede determinar sabiendo que 1 Mol de sacarosa puede desarrollar una presión osmótica de 34.6 atmósferas. Por ejemplo, si se determina que aproximadamente el 50% de las células de la hoja de luchecillo puesta en la solución de sacarosa 0.20 M presentan plasmólisis incipiente, entonces esa misma concentración posee el jugo

celular, por lo cuál su presión o valor osmótico es de 6.92 atm.

d) *Fotosíntesis:*

La mayoría de las plantas superiores son autótrofas, es decir, son capaces de sintetizar su propio alimento y producir oxígeno a partir de anhídrido carbónico, agua y de la energía radiante del sol; dicho proceso se conoce como fotosíntesis.

Para demostrar este proceso en el laboratorio, se recomienda realizar una actividad muy sencilla y conocida, en la cual se toman trozos de vástago (tallo y hojas) de lucheillo y se colocan bajo un embudo de vidrio, el cual a su vez se introduce en una cubeta con agua. El oxígeno desprendido de la fotosíntesis se recoge, por desplazamiento del agua, en un tubo de ensayo que ha sido colocado invertido sobre el embudo (fig.3e). Posteriormente se puede introducir una pajuela con un punto de ignición, la cual se inflama en contacto con el oxígeno desprendido.

En esta actividad se pueden incorporar algunas modificaciones, como por ejemplo, para ver el efecto de la intensidad luminosa, de los tipos de luz, del pH o de la concentración de

CO₂ sobre la tasa fotosintética. Asimismo, como material alternativo se pueden utilizar especies como: *Miriophyllum aquaticum*, *M. elatinoi* *des*, *Ceratophyllum demersum*, *Callitriche palustris*, *Potamogeton pectinatus* y las lentejas de agua *Lemna gibba* y *L. minima*.

3. ECOLOGIA.

Una de las características de las plantas acuáticas, es el extraordinario desarrollo vegetativo que pueden llegar a tener cuando las condiciones del medio son adecuadas. Esta capacidad de crecimiento puede ser medida bajo condiciones normales o bajo diversas condiciones experimentales (salinidad, pH, nutrientes, luz, etc.), con lo cual se puede conocer el comportamiento autoecológico de una especie determinada. Esto a su vez, permite hacer comparaciones con el comportamiento de otras especies bajo condiciones similares, y deducir así, por ejemplo, la capacidad competitiva que puede tener la planta en su medio natural.

Para este efecto, se separan trozos de luzchecillo con el ápice sano y se instalan bajo las condiciones deseadas, en un sistema como el de la fig.1 o simplemente en una bolsa plástica o frasco de vidrio con agua; cuidando de

renovar periódicamente el agua y controlando los factores que se estén utilizando. No se debe olvidar medir el trozo de planta al iniciar el experimento; posteriormente se puede ir realizando esta misma operación cada 4 ó 5 días. Con los datos obtenidos se pueden confeccionar curvas de crecimiento.

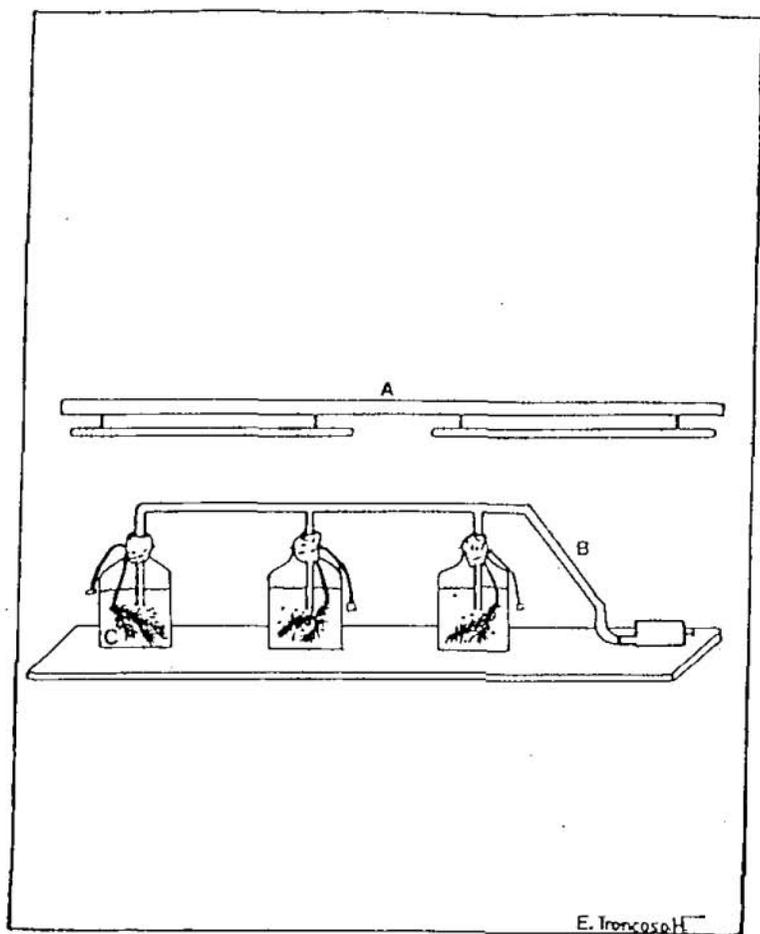


Fig. 1.

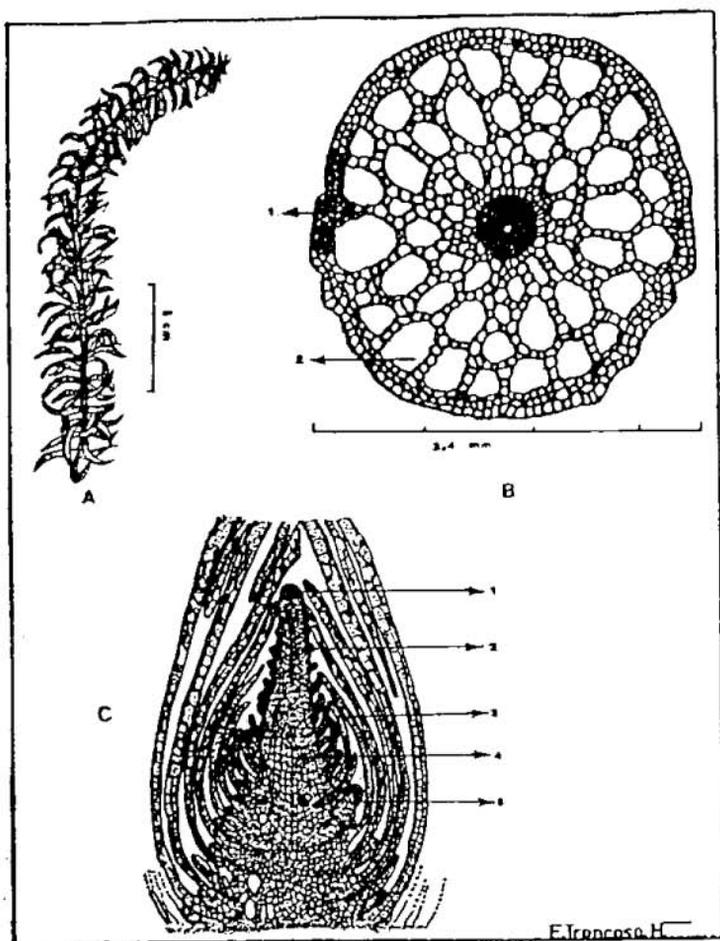


FIG. 2.

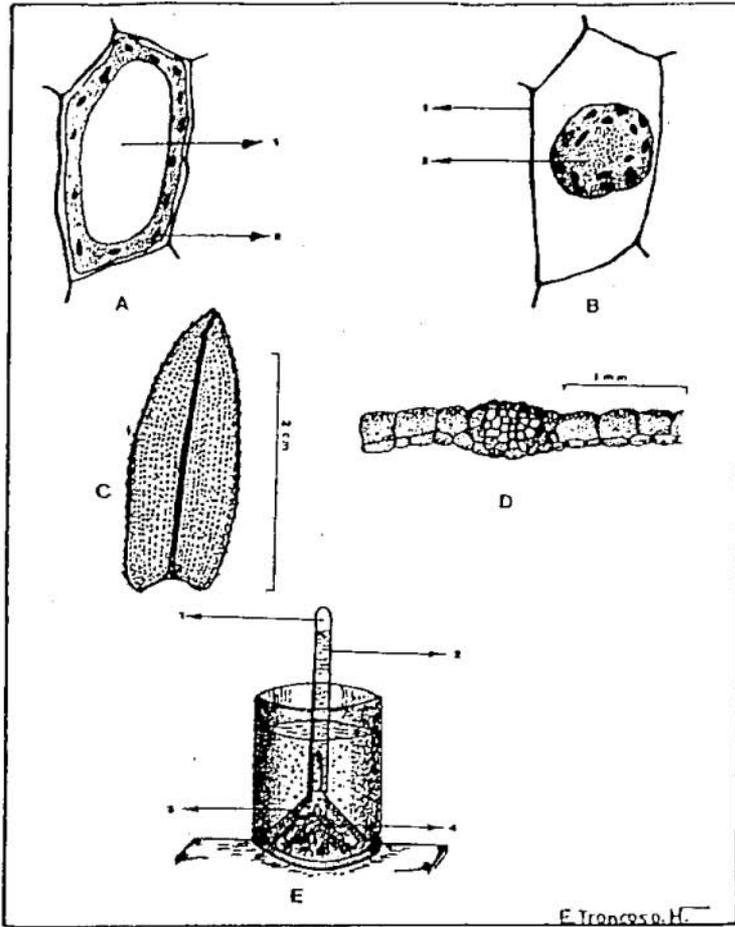


FIG. 3.

LEYENDA DE LAS FIGURAS.

Fig.1 : Sistema de cultivo artificial en laboratorio. a= sistema de iluminación, b= sistema de aireación, c= botellas de cultivo con plantas.
(Tomado de Hauenstein, 1981).

Fig.2 : *Egeria densa*. a= hábito, b=corte transversal por tallo (1=granos de almidón, 2=parénquima aerífero) c=ápice vegetativo (1=meristema, 2=primordio foliar, 3=hojuela, 4=cuerpo, 5=primordio de yema).

Fig.3 : *Egeria densa*. a=célula normal (1=vacuola, 2=cloroplasto), b=célula plasmolizada (1=pared celular, 2=protoplasma), c=hoja, d=corte transversal por hoja, e=experimento de Fotosíntesis (1=columna de oxígeno, 2=tubo de ensayo invertido, 3=embudo, 4=plantas acuáticas).

CONSIDERACIONES FINALES.

En el presente artículo se ha pretendido mostrar la importancia que puede revestir en la enseñanza de la Biología o de las Ciencias Naturales, el uso de un reducido y especializado grupo de plantas, como son las hidrófitas vasculares. Se ha tomado como ejemplo a los luchecillos, que son acuáticas sumergidas, y se ha demostrado cómo con una especie de éstas (*Egeria densa*) se pueden realizar múltiples actividades, sencillas y fáciles de llevar a cabo. Esto facilita enormemente la tarea del profesor, en cuanto a que los alumnos logren comprender la morfología y algunos procesos fisiológicos que ocurren en los vegetales superiores.

A lo anterior habría que agregar que, por las facilidades de recolección y mantención o cultivo de estos macrófitos acuáticos en el laboratorio, representan un material vivo disponible y utilizable a través de todo el año. Quizás uno de los problemas que se pueden presentar al respecto, es el de la identificación de las especies. Para esto, se sugiere consultar los excelentes trabajos de Ramírez et al. (1976, 1979, 1981, 1982a, 1982b) o bien, solicitar la asesoría de un especialista de algún centro universitario, con lo

cual se aclararía la identidad de la planta utilizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ESPINOSA, M. Notas botánicas I. La polinización de la *Elodea potamogeton* (Bert.). *Revista Chilena de Hist. Nat.*, 31, 1927, p.150-156.
- HAUENSTEIN, E. *Distribución y Ecología de Egeria densa* Planch. en la cuenca del río Valdivia, Chile. Tesis. Magister en Ciencias, Fac. de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1981.
- HAUENSTEIN, E. y PARADA, E. *Curso práctico de Botánica general*. Ediciones Universitarias de la Frontera, Chile, 1975.
- RAMIREZ, C. Las plantas acuáticas vasculares y su ambientación en ambientes límnicos y salobres del Sur de Chile. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*, 11, 2, 1978, p. 48-49.
- RAMIREZ, C. y STEGMEIER, E. Formas de vida en hidrófitos chilenos. *Medio Ambiente*, 6, 1, 1982a, p.43-54.

- RAMIREZ, C., ROMERO, M. y RIVEROS, M. Lista de cormófitos acuáticos de la región de Valdivia. Museo Nacional de Hist. Nat., Chile, Publ. Ocas., 22, 1976, p.3-12.
- RAMIREZ, C., ROMERO, M. y RIVEROS, M. Habit, habitat, origin and geographical distribution of Chilean vascular hydrophytes. *Aquatic Botany*, 7, 3, 1979, p.241-253.
- RAMIREZ, C., GODOY, R. y HAUENSTEIN, E. Las especies de luche-cillos (Hydrocharitaceae) que prosperan en Chile. *Anales Mus.Hist.Nat. Valparaíso*, 14, 1981, p.47-55.
- RAMIREZ, C., GODOY, R., CONTRERAS, D. y STEGMAIER, E. *Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas*. Instituto de Botánica, Fac.de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1982b.
- RETAMALES, I. *Algunas plantas acuáticas de la flora chilena y su utilidad en los laboratorios de Botánica*. Tesis, Instituto Pedagógico, Universidad de Chile, Santiago, 1934.

RODRIGUEZ, R., DELLAROSSA, V. y MUÑOZ, M. Anatomía de los órganos vegetativos de *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae) y antecedentes ecológicos de esta especie en Laguna Grande de San Pedro, Concepción, Chile. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*, 14, 3, 1981, p.291.