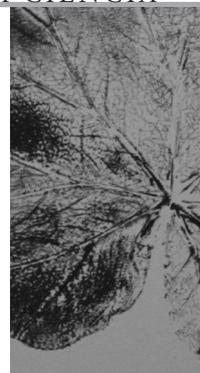




Hoja de begonia, litografía, 77 x 57 cm, 1986

Plantas acuáticas y su relevancia en la acuicultura

♦ Jaime Bonilla Barbosa
Jorge Luna Figueroa



México es considerado, en el ámbito mundial, como uno de los seis países con mayor diversidad biológica, en donde las especies de plantas acuáticas son el grupo que ha cobrado mayor relevancia tanto por su importancia biológica como por su valor en el campo de la acuicultura. Desde el punto de vista histórico, las plantas acuáticas de este país han formado parte del desarrollo cultural del hombre, a partir de la recolecta y desde el origen de la agricultura.¹

Entre los grupos de plantas reconocidos —incluidos algas, hongos, musgos, helechos, gimnospermas y angiospermas—, estas han proporcionado la mayoría de las especies que actualmente se utilizan para diversos fines, en particular para la acuicultura. Por la gran variedad botánica y cultural de México, el conocimiento de las plantas acuáticas útiles ha requerido de la realización de estudios regionales, lo que ha permitido la integración de este conocimiento, que comprende la introducción, domesticación, conservación y manejo de estas plantas de interés, tanto en el mismo país como en el mundo.

En la acuicultura, definida como la “ciencia que engloba todas las actividades que tienen por objeto la producción, desarrollo y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales, de aguas dulces, salobres o saladas, y que implica el control de las diferentes etapas de su desarrollo y que proporcionan a los organismos los medios adecuados para su reproducción o propagación, crecimiento, desarrollo y engorde”,² las plantas acuáticas (micro o macrófitas) tienen estrecha relación con los organismos acuáticos que comparten el mismo hábitat cercano a ellas.

Además, es necesario considerar que la acuicultura aumenta cada año debido a la disminución de las reservas de pesca mundiales y al incremento en la demanda de los productos del mar, así como a la necesidad cada vez mayor de alimentos para una población creciente y demandante de artículos alimenticios de calidad. En este sentido, la acuicultura juega un papel importante en la producción de organismos animales y vegetales con diferentes finalidades: desde la producción de alimentos hasta la cada día mayor actividad ornamental, industria con un alto potencial económico.

¹ Efraim Hernández X., *Apuntes sobre la exploración etnobotánica y su metodología*, Colegio de Postgraduados, Chapingo, 1971, p. 25.

² M. M. López, P. Mallorquín y M. Vega, *Genómica de especies piscícolas*, Informe de Vigilancia Tecnológica, Genoma España, Sector Agroalimentario, 2003.



Las plantas acuáticas existentes en los ambientes naturales (lagos, presas, ríos, manantiales) o artificiales (estanques, jardines acuáticos o acuarios) están incluidas en seis grandes unidades de vegetación, basadas en las formas de vida dominantes.³ Estas son las hidrófitas enraizadas emergentes, aquellas plantas que están enraizadas al sustrato con una porción del tallo sumergido y las hojas y estructuras reproductivas por encima del agua. Las hidrófitas enraizadas sumergidas son aquellas plantas que están enraizadas al sustrato con sus estructuras vegetativas completamente sumergidas y cuyas estructuras reproductivas pueden estar sumergidas, emergiendo o flotando. Las hidrófitas enraizadas de hojas flotantes son aquellas plantas que están enraizadas al sustrato y cuyas hojas y estructuras reproductivas flotan o emergen del agua. Las hidrófitas de tallos postrados son aquellas en las que sus tallos están creciendo horizontalmente sobre la superficie del agua y sus estructuras vegetativas y reproductivas emergen del agua. Las hidrófitas libremente flotadoras son aquellas plantas en las que sus estructuras vegetativas y reproductivas flotan sobre la superficie del agua y sus raíces están sumergidas y no están fijadas al sustrato. Por último, las hidrófitas libremente sumergidas son aquellas plantas que no están fijadas al sustrato y cuyas estructuras

vegetativas están sumergidas, mientras que las reproductivas emergen del agua.

Históricamente, en el país, algunas de las formas de vida antes indicadas han sido consideradas como de escasa importancia debido a lo difícil que es el colectarlas, pero en los últimos años esto ha cambiado notablemente, debido al papel vital que juegan en los ecosistemas acuáticos naturales o artificiales, principalmente, ya que cumplen ciertas funciones de manera preponderante pero cuyo valor más relevante radica sobre todo, desde el punto de vista ecológico, ornamental y como fuente de alimento, en el campo de la acuicultura.

Función filtradora, estabilizadora y en la sedimentación

En la acuicultura, las plantas acuáticas forman parte fundamental de los productores primarios, ya que aportan oxígeno al medio ambiente, el cual es aprovechado en la respiración de los animales acuáticos; absorben el dióxido de carbono en la columna de agua; actúan como bombas o filtros para la circulación de sustancias minerales y orgánicas en el medio acuático; estabilizan el sedimento; forman parte del sustrato de especies de algas, o bien en la anidación tanto de aves como de peces; y, además, ofrecen protección y alimento a los animales acuáticos pequeños.⁴

³ Jaime Raúl Bonilla Barbosa, "Flora acuática vascular", en Isolda Luna, Juan José Morrone y David Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la faja volcánica transmexicana*, UNAM/Conabio, México DF, 2007, p. 118.

⁴ Robert G. Wetzel, *Limnology*, Saunders, Philadelphia, 1975; Alejandro Novelo y Antonio Lot, "Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales", en *Memoria del Simposio Internacional sobre Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva, Tabasco*, INIREB, Div. Regional Tabasco, Villahermosa, 1989, p. 8.

Todas las plantas acuáticas pueden utilizar amonio (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) o nitratos (NO_3^-) como fuente de nitrógeno⁵ —con la finalidad de simplificar, se utilizará el término “amonio” tanto para el amonio (NH_4^+) como para su componente secundario más tóxico, el amoniaco (NH_3). En los acuarios, estanques o jardines acuáticos, los compuestos nitrogenados son los contaminantes más comunes. De estos a su vez, los más frecuentes, el amoniaco y los nitritos, son extremadamente tóxicos para los peces y los microorganismos del agua.

Las plantas vasculares, algas y todos los organismos fotosintéticos utilizan el nitrógeno proveniente del amoniaco, no de los nitratos, para producir sus proteínas. Cuando la planta absorbe nitratos, estos son transformados en amonio mediante el proceso denominado “reducción de nitratos”. Esto tal vez explica por qué muchas plantas acuáticas (*Ceratophyllum demersum* (“cola de zorra”), *Eichhornia crassipes* (“lirio acuático” o “Jacinto”), *Salvinia molesta* (“oreja de ratón”), *Egeria densa* (“elodea”), *Elodea canadensis* (“elodea”), *Stuckenia pectinata* (“granza” o “grama”), entre otras, crecen mejor y se convierten en plagas en presencia de amonio o de una mezcla de amonio y nitratos.⁶

Sin embargo, en los acuarios el amonio puede ser tóxico para las raíces de las plantas, ya que generalmente no tienen un sustrato estable, constituido por el suelo, e incluso los nitratos introdu-

cidos en estos sistemas con tabletas fertilizantes pueden ocasionar problemas. Esto se debe a que las bacterias anaeróbicas convierten rápidamente los nitratos en nitritos tóxicos, que son liberados en la columna de agua. Si las plantas acuáticas prefirieran obtener el amonio mediante la absorción por las raíces en lugar de absorberlo a través de las hojas, su habilidad para proteger a los peces removiendo el amoniaco tóxico sería cuestionable. Afortunadamente para los acuaristas y acuicultores, las plantas acuáticas sumergidas prefieren absorber el amonio mediante las hojas antes que directamente del sedimento, razón por la cual son importantes desde el punto de vista acuicultural y económico.

Considerando lo anterior, las plantas acuáticas son capaces de absorber del 70 al 85% del amonio a través de las hojas, permitiendo con ello utilizarlo más eficientemente para estimular su crecimiento y previniendo la intoxicación en los peces u otros organismos cultivados en algunos sistemas acuáticos. Para dar un ejemplo de la efectividad de las plantas acuáticas se indica lo siguiente: la hidrófita libremente flotadora (*Lemna gibba*, “lenteja de agua”) elimina el 50% del amonio en un lapso de cinco horas,⁷ mientras que *Elodea nuttalli*, hidrófita enraizada sumergida, remueve el 75% del amonio en las dieciséis primeras horas. Solo cuando el amonio ha sido eliminado por completo, las plantas comienzan a absorber los nitratos.

⁵ Diana Walstad, *Plantas acuáticas y filtración biológica*, Echinodorus, Chapel Hill, 2003, p. 4.

⁶ Diana Walstad, *Ecology of the Planted Aquarium*, Echinodorus Publishing, Chapel Hill, 1999, p. 194.

⁷ Dan Porath y Joan Pollock, “Ammonia stripping by duckweed and its feasibility in circulating aquaculture”, *Aquatic Botany*, núm. 13, 1982, pp. 125-131.



La expansión invasora de las plantas acuáticas en los cuerpos de agua suele ser negativa, ya que elimina los nutrientes; pero también puede ser beneficiosa, debido a que provee de cobertura y resguardo, así como de alimento, a los peces existentes, junto con otros organismos acuáticos presentes en los estanques y acuarios.⁸

El papel de las plantas acuáticas en los estanques o jardines acuáticos en donde crecen es importante, ya que cumplen ciertas funciones de manera preponderante. Especies de hidrófitas enraizadas, tanto emergentes como sumergidas, intervienen en la captura, estabilización y formación de sedimentos; tal es el caso del “tule” o “espadaña” (*Typha domingensis* y *T. latifolia*) y de los “juncos”, “tulillos” o “tulillos redondos” (*Schoenoplectus californicus* y *S. americanus*) que retienen el sedimento; o como la mayoría de las plantas, que al decaer sus estructuras vegetativas por la edad comienzan a ser degradadas por hongos y bacterias, formando así sedimentos ricos en nutrientes.

Refugio, anidación e importancia ornamental

También proveen de refugio y lugar de anidación a un gran número de especies animales, entre ellas el “acocil” (*Cambarellus zempoalensis*) y la “lan-

gosta azul” (*Querax quadricarinatus*), las cuales habitan entre la vegetación sumergida, principalmente de *Egeria densa* (conocida como “elodea”) o de *Cabomba palaeformis* (conocida como “abanico de agua”). Además, la mayoría de estas plantas, particularmente las sumergidas, son el sustrato de una gran diversidad de especies epífitas, como las algas.

Se desconoce en qué fecha se originó en México el uso de las plantas acuáticas con fines ornamentales, pero algunas especies se han cultivado desde hace algunos años y otras han sido introducidas de otros países con este propósito.⁹ Los peces “japoneses” (*Carassius auratus*) utilizan el “lirio acuático” (*Eichhornia crassipes*) o la “lechuga de agua” (*Pistia stratiotes*) para desovar entre sus raíces, lo cual ha motivado la utilización de dichas plantas en actividades piscícolas para aumentar la producción.

Las ventajas de las plantas acuáticas ornamentales en los acuarios y jardines acuáticos son muchas y muy variadas. Como se mencionó antes, son proveedoras de oxígeno y regulan el pH en el proceso de la fotosíntesis; asimilan nutrientes y sustancias nocivas como el amoníaco y compuestos nitrogenados derivados de la respiración de los peces, descomposición de excrementos, material vegetal y putrefacción de restos de alimento; asimilan me-

⁸ Laura Luchini, “Acerca de la utilización del pez sogyo o amur blanco para su empleo en la limpieza de vegetación en cuerpos de agua”, Córdoba, 2007, en Sitio Argentino de Producción Animal, http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/78-sogyo.pdf, consultado en abril de 2011.

⁹ Jaime Raúl Bonilla Barbosa, “Plantas acuáticas ornamentales del estado de Morelos, México”, *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, núm. 1, 1994, pp. 79-83.

tales pesados, que en altas concentraciones pueden llegar a ser nocivos para los peces; eliminan microorganismos, y sus hojas y raíces sirven para el desove de los peces, además de ser el refugio de los alevines (crías de peces), para ocultarlos de los depredadores.

También oxigenan el suelo al atraer y asimilar los nutrientes por medio de sus raíces; dan sombra a un lugar predeterminado en el acuario (lo cual es muy importante para algunas especies de peces de costumbres crepusculares e incluso para algunas plantas que necesitan sombra); sirven para que los peces hagan sus nidos en la vegetación flotante; dan refugio a organismos muy pequeños o microscópicos que a su vez pueden ser alimento para los alevines; sirven como punto de referencia para que los habitantes del acuario delimiten su territorio, y las algas que crecen en sus hojas sirven de alimento a varias especies de peces herbívoros.¹⁰

Tratándose de plantas acuáticas ornamentales, en primer lugar, debe concienciarse a la población del peligro que supone introducir plantas ornamentales procedentes de acuarios, estanques o jardines acuáticos en aguas continentales naturales, ya que pueden dispersarse y convertirse en especies invasoras muy problemáticas.

Acuarios y jardines acuáticos

La importancia de las plantas acuáticas ornamentales no solo está dada por la belleza que le dan a un acuario, sino principalmente porque mejoran la calidad del agua. Hoy en día los acuarios con plantas se utilizan para decorar hogares, oficinas, centros comerciales, sitios de trabajo, entre otros, aunque la principal razón para tener plantas en los acuarios es porque, al mejorar la calidad del agua, se les puede ofrecer a los peces un hábitat más sano.

Desde el punto de vista de la acuicultura y acuariofilia, el cultivo de plantas para acuarios incluye especies de clima templado y tropical, algunas de ellas son introducidas o nativas y su propagación generalmente es vegetativa. Específicamente para el desarrollo de las especies enraizadas, se emplean como sustratos grava, arena o sedimento.

Dentro de las hidrófitas emergentes, sumergidas y libremente flotadoras de mayor importancia ornamental, destacan *Cabomba palaeformis* (“abanico de agua”), *Echinodorus andrieuxii* (“amazonas”), *Egeria densa* (“elodea”), *Lemna aequinoctialis* (“lenteja de agua”), *Myriophyllum aquaticum* (“cola de caballo”), *M. heterophyllum* (“cola de zorro acuática”), *Potamogeton crispus* (“rizos de agua”), *P. illinoensis* (“laurelillo”) y

¹⁰ Miguel Ángel Landines Parra, Ana Isabel Sanabria Ochoa y Victoria Daza Piedad, *Producción de peces ornamentales en Colombia*, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, INCODER y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2007, p. 240.



Ranunculus trichophyllus (“zacate de agua”). Es importante indicar que la introducción de hidrófitas provenientes de los trópicos y de las regiones templadas de otros países es muy frecuente entre los acuaristas de nuestro país y, en particular, del estado de Morelos.

Las plantas acuáticas destinadas para jardines acuáticos han tenido un énfasis mayor en su valor estético que en el utilitario. En algunos sitios, principalmente en las ciudades, se han construido jardines acuáticos con el objetivo de crear un impacto visual que dé una atmósfera de paz y tranquilidad para meditar, al estilo oriental. Entre las especies de plantas que comúnmente se utilizan en los jardines acuáticos destacan las hidrófitas emergentes, como las “puntas de flecha” (*E. andrieuxii* y *Sagittaria longiloba*), el “tule redondo” (*Schoenoplectus californicus*) y el “tule” o “espadaña” (*T. domingensis*). Entre ellas también están las hidrófitas de hojas flotantes, las cuales pueden ser varias especies del género *Nymphaea*, así como las hidrófitas libremente flotadoras, como el “lirio acuático” o “patito” (*Eichhornia crassipes*) y la “lechuga de agua” (*Pistia stratiotes*), entre otras.

Fuente de alimento

Las plantas acuáticas son ampliamente conocidas como fuente de alimento de un sinnúmero de organismos y se cosechan por su alta producción de biomasa; sin embargo, muchas veces se consideran

como plagas en los ecosistemas acuáticos naturales y artificiales por su rápida propagación. Pero si se considera su importancia, las plantas acuáticas pueden ser cultivadas y utilizadas como alimento para animales de granja y para peces, debido a que son fuentes proteínicas de alto valor nutricional (de 18% a 32% de proteína bruta). Son altamente productivas y se caracterizan por tener un crecimiento acelerado, factor que ha provocado que una parte de los estudios se dirijan hacia su manejo y control, con énfasis en su erradicación. Se sabe que en muchos países en vías de desarrollo son aprovechadas como alimento para animales de granja, con la ventaja de que su elevada productividad produce excelentes cosechas.

En cuestión de alimentación, los ciprinidos son una familia de peces entre los que se incluyen organismos de gran importancia ornamental, como los famosos “japoneses” (*Carassius auratus*), los cuales son omnívoros y cuya alimentación natural se conforma esencialmente de insectos y plantas. En las últimas décadas, las proteínas de origen vegetal de las macrófitas acuáticas han sido evaluadas e incluidas en las dietas balanceadas de los animales en los cultivos acuícolas, de donde se han obtenido resultados satisfactorios, aunque también pueden ser utilizadas de manera más conveniente (fresca o como harina) y productiva para la alimentación de determinados peces, crustáceos y otras especies, preferentemente herbívoras.¹¹

¹¹ Kuszyk Bytniewska y Wacława Masiejewska-Potapezyk, “Aminoacid composition and biological value of proteins in some aquatic plant species”, *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, núm. 175, 2000, pp. 72-75.

Recientemente ha aumentado el interés por las “lentejitas de agua”, debido a su alto valor nutritivo, lo que favorece a las especies del género *Lemna*, como una fuente alternativa en la alimentación para peces y crustáceos. Otro elemento a su favor es que tiene la capacidad de propagarse rápidamente sobre aguas residuales ricas en nutrientes y de producir biomásas ricas en proteínas.¹²

Desde el punto de vista económico, la utilización de las macrófitas acuáticas, incluida la familia *Lemnaceae* (*Lemna*), representa un ahorro significativo que contribuiría en la reducción de los costos de alimentación y, consecuentemente, de producción, ya que se pueden utilizar como forraje para peces herbívoros y omnívoros, o transformarse en harinas para usarse como ingredientes en alimentos balanceados, siempre y cuando se realicen los estudios de factibilidad para determinar los costos de recolección y procesamiento.

La harina de especies del género *Lemna* o *Wolffia* puede utilizarse como una fuente de proteína alternativa en la elaboración de alimento concentrado para “tilapia roja” (*Oreochromis*

spp.), siempre y cuando se combine con otros ingredientes con alto contenido proteínico. Los helechos acuáticos del género *Azolla* son de las plantas que más se han utilizado en la alimentación animal, tales como *Azolla pinnata*, *A. filiculoides*, *A. mexicana* y *A. microphylla*, que suelen ser importantes en las dietas de los alevines y adultos de “tilapias”, como *Oreochromis niloticus*, aunque también su inclusión como alimento para cerdos o ganado bovino puede disminuir los costos de alimentación en un 40%.

Es necesario considerar el valor y la importancia de las plantas acuáticas en la acuicultura, las cuales han sido de gran interés. Como se indicó anteriormente, y con base en esa amplia variedad botánica y cultural, el estudio de las plantas acuáticas potenciales en la acuicultura en México permitirá en un futuro la integración de este conocimiento, así como el desarrollo de investigaciones en niveles más complejos que tengan en cuenta la introducción, domesticación, conservación y manejo de estas plantas, pero fundamentalmente de especies nativas y propias de nuestro país.

¹² Jesús Trinidad Ponce Palafox, Isaias Toussaint, Raúl González Salas, Óscar Romero Cruz y Osmaida Estrada Cutiño, “Perspectivas de *Lemna* spp. para la alimentación de peces”, *RedVet*, vol. VI, núm. 3, 2005, pp. 1-6.