

KASPAR HORST

# PLANTAS DE ACUARIO

Con 75 fotografías en color, 14 dibujos y 15 tablas



OMEGA



**KASPAR HORST**

**PLANTAS DE  
ACUARIO**

**UTILIDADES Y CUIDADOS**

Con 75 fotografías en color,  
14 dibujos y 15 tablas



**EDICIONES OMEGA, S.A.**  
**Plató, 26 - 08006 Barcelona**

La edición original de esta obra ha sido publicada en alemán  
por la editorial Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, con el título

*PFLANZEN IM AQUARIUM*

Traducido por  
**Ingeborg Trowsky**

Diseño de la cubierta  
**Cèlia Vallès**

Fotografía de la cubierta posterior: *Pistia stratiotes*

Todas las fotografías en color son del autor.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, así como la exportación e importación de esos ejemplares para su distribución en venta, fuera del ámbito de la Comunidad Económica Europea.

© 1992 Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Germany  
y para la edición española  
© 1995 Ediciones Omega, S.A., Barcelona

ISBN 84-282-1017-9  
Depósito legal B. 17.872-95  
Printed in Spain  
EGS - Rosario, 2 - Barcelona

# Prefacio

Con mi experiencia de 40 años de práctica en acuarios, deseo presentarle con este libro al aficionado serio e interesado una visión del acuario que difiere de la común en puntos esenciales. Aunque el título haga suponer que las plantas del acuario están en primer plano, eso sólo es verdad en cierta medida. La misión y el fin de este libro es dar a las plantas una posición y una importancia que, en general, hasta ahora no se les ha concedido: a saber, el ser compañeros vitales que alargan la vida de los peces del acuario.

La planta puede desempeñar, de hecho, este papel. Para ello se la ha de liberar ante todo del hecho de considerarla mero material decorativo. Además, es importante que en el acuario halle condiciones de vida óptimas. A fin de crear estas condiciones, se hace necesario considerar otra cosa más: el acuario se ha de ver como algo más fuerte que una unidad orgánica y por ello debe tenerse en cuenta todo lo que se refiere a la instalación, los aportes técnicos y químicos del agua y la elección sensata de las plantas.

Si las plantas de acuario tienen buenas condiciones vitales, son capaces de depurar el agua del acuario, de regenerarla, proveerla de oxígeno y de sustancias que frenen las enfer-

medades, así como de eliminar sustancias tóxicas y nocivas. Y además tienen un bello efecto decorativo.

Desde esta perspectiva novedosa, también entiendo otra cosa más: es imposible traspasar los biotopos naturales al acuario. Por más que se intente, el acuario es un “biotopo artificial”. La tarea del aficionado consiste más bien en aplicar los datos que ha encontrado y obtenido en la naturaleza a una acuariología que se pueda practicar. Por ejemplo, las aguas tropicales, pobres y blandas, observadas en algunos lugares, o incluso las aguas de pH extremo son imposibles de reproducir en el acuario. Para los peces y las plantas sería una catástrofe.

La base de este libro es un proceso de aprendizaje de varias décadas de duración. Las consecuencias que se han sacado de él están escritas desde un punto de vista práctico.

A fin de poder seguir este proceso de aprendizaje, los biotopos naturales se han descrito detalladamente y los datos analíticos se han expuesto de la manera más amplia posible.

Posiblemente, al principiante en acuarios no le resultará fácil comprender cada una de las explicaciones especializadas, o entender los datos químicos y físicos. A mí me pasó igual, cuando me lancé hace

muchos años en pos de esta materia. Sin embargo, nunca me he arrepentido y recomiendo a todos los aficionados serios invertir sus esfuerzos en este punto. Todo aficionado que se dedique a ello con perseverancia no sólo descubrirá un misterioso “mundo debajo del agua”, sino también algo del entorno exótico, del que proceden los peces y las plantas. Un último comentario: éste no es un

libro de clasificación de plantas. Para ello hay excelentes obras reseñadas en la bibliografía. Este libro tiene la meta de dar a las plantas del acuario una nueva misión y de darle al lector la oportunidad de utilizar la planta correctamente con tal fin.

Bielefeld, primavera de 1986  
Kaspar Horst

## Prefacio a la segunda edición

Entre la primera publicación de este libro en el año 1986 y esta segunda edición en 1992, han sucedido cosas fundamentales. La conciencia de todos los amantes de la naturaleza se ha sensibilizado considerablemente. En estos cinco, seis años, muchas personas en todo el mundo se han dado cuenta de que el medio ambiente está muy deteriorado. Las malas noticias como la extinción de los bosques, el agujero de la capa de ozono, los cambios climáticos, la aniquilación de las selvas, incluidos los animales que viven en ellas, han incitado a los protectores de la naturaleza a buscar las causas, los culpables y encontrar las soluciones.

Si usted, querido lector, lee ahora el prefacio de este libro en su primera edición, se dará cuenta de que ya entonces fue meta y sentido del libro el dar a los aficionados los conoci-

mientos básicos para que pudiesen cuidar responsablemente de los peces y las plantas del acuario. Aunque en este “libro de plantas” siga hablándose de “peces”, eso no sucede sin motivo. En toda mi vida de aficionado he comprobado que en un acuario en el cual las plantas crecen sanas, el clima vital es igualmente óptimo para los peces. Con ello, el aficionado a los acuarios se convierte de consumidor en conservador de una naturaleza amenazada, sean plantas o peces. Los acuarios son las arcas del año 2000.

Esta segunda edición del libro se ha revisado y ampliado con varios capítulos. Con ello, el contenido de esta obra está totalmente actualizado.

Bielefeld, noviembre de 1991  
Kaspar Horst

# Índice de materias

Prefacio.....	5	Las plantas son refugio y lugar de desove .....	23
<b>Peces y plantas de acuario, una simbiosis .....</b>	11	La depuradora verde en el acuario.....	23
Más de 100 años de acuariología: instrumento de la formación popular.....	11	<b>Plantas de acuario en su hábitat natural .....</b>	24
El pez en el acuario: objeto o víctima .....	12	Sri Lanka - patria primigenia del acuario.....	25
La salvación de los peces de acuario:		Sobre los análisis del agua .....	28
las plantas acuáticas.....	12	Metodología.....	29
Antaño decoración		Mediciones de campo.....	29
- hoy en día regeneradoras		Análisis en el laboratorio.....	29
de agua .....	13	Explicación de los símbolos... ..	30
<b>Misión de las plantas acuáticas y su eficacia biológica .....</b>	15	Aguas con plantas en Sri Lanka .....	30
Absorción y cesión de sustancias.....	15	Biotopo 1: Nellunkulia .....	30
¿Qué pueden conseguir las plantas de acuario?.....	16	Biotopo 2: Batatota .....	31
Oxígeno .....	19	Biotopo 3: Pelmadulla .....	31
El acuario es un biotopo artificial .....	20	Biotopo 4: Pallegame .....	31
Descomposición de sustancias orgánicas .....	20	Biotopo 5: Bellana .....	31
Eliminación de gérmenes patógenos .....	21	Biotopo 6: Nabadowa.....	34
Eliminación de sustancias tóxicas.....	22	Biotopo 7: Akmimana.....	34
Las plantas proporcionan antibióticos .....	22	Biotopo 8: Haloluwa.....	34
Las plantas impiden el crecimiento algal.....	23	Biotopo 9: Kawudupella.....	37
		Biotopo 10: Wattedgama.....	37
		Biotopo 11: Pamunugama .....	38
		Aguas con plantas en Tailandia .....	38
		Biotopo 12: Ban Lam Pi - km 33 .....	40
		Biotopo 13: Ban Lam Kaen - km 46 .....	40
		Biotopo 14: Ban Khlong Hin - km 139 .....	40

Biotopo 15: Ban Bang Muang - km 83 .....	41	Hierro y oligoelementos .....	56
Biotopo 16: Arroyo de Barclaya - km 24 .....	41	Fuentes naturales de nutrientes .....	57
Biotopo 17: Ban Sakhu (Phuket) .....	41	Contenido de hierro no homogéneo .....	59
Biotopo con <i>Cryptocoryne</i> <i>albida</i> .....	41	Compuestos orgánicos en el agua .....	59
Aguas con plantas en Malasia Occidental .....	42	pH, aporte de CO <sub>2</sub> y carbonatos .....	60
Biotopos 18 y 19: Dos arroyos de agua “negra” cerca de Bukit Merah .....	43	La luz como factor energético .....	61
Aguas con plantas en Borneo .....	45	Sustrato de fondo del biotopo de la planta .....	63
Biotopo 20: Jungla pantanosas con <i>Cryptocoryne</i> <i>grabowskii</i> .....	46	Suelo de laterita .....	64
Biotopos 21 y 22: Dos arroyos con influjo de pleamar y bajamar .....	47	<b>Mantenimiento de las plantas en el acuario</b> .....	67
Biotopo 23: Arroyo con <i>Cryptocoryne ciliata</i> .....	47	Sillares vitales para un cuidado óptimo de plantas en el acuario .....	69
Biotopo 24: Arroyo con <i>Cryptocoryne</i> de Borneo en el centro del país .....	48	La materia prima agua .....	69
Biotopos 25 y 26: Arroyos con <i>Cryptocoryne bullosa</i> y <i>C. striolata</i> .....	48	Los nutrientes de las plantas ..	73
¿Qué nos enseñan los biotopos naturales para el cuidado de plantas acuáticas en el acuario? .....	48	Agua .....	73
Diferencias estructurales entre el biotopo natural y el del acuario .....	49	Oxígeno .....	74
Combinación iónica estándar .....	50	Los “formadores de dureza” .....	76
La posición especial de los nutrientes principales nitrógeno y fósforo .....	55	Potasio: factor carencial en el acuario .....	77
		El carbono, la dureza de carbonato y el pH .....	78
		Nitrato y fosfato - factores problemáticos .....	80
		Hierro y oligoelementos .....	84
		El sustrato de fondo y su función .....	88
		Material del sustrato de fondo .....	93
		Sustrato de fondo y balance térmico .....	94
		Estructura del sustrato del fondo .....	95

La luz en el acuario .....	96	Plantas para usos especiales .....	114
Oferta energética y de nutrientes.....	98	Lista de plantas.....	114
Contenido de oxígeno - medida también para una iluminación correcta .....	100	<b>Los diferentes tipos de acuario</b> .....	145
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HQL).....	101	La nueva tendencia: el "acuario abierto" .....	145
Lámparas halógenas de vapor metálico: Power Stars HQI .....	102	El acuario lateral "en flor" .....	147
El día de luz bajo el acuario: la duración de la iluminación en el acuario.....	102	Otros puntos a favor del acuario abierto .....	148
El no-va-más del suministro de oxígeno en el acuario: el filtro de rociado .....	104	Los factores negativos.....	148
El oxígeno - la medida de todas las cosas en el acuario.....	106	El acuario holandés .....	149
<b>Plantas para el acuario</b> .....	108	Plantas acuáticas inadecuadas y artificiales .....	150
Reflexiones básicas .....	108	Plantas acuáticas para "peces de acuario" especiales ...	150
Las plantas han de poder vivir y crecer.....	108	<b>Problemas</b> .....	152
Peligro al adquirir las plantas.....	109	Algas .....	152
Primero planear, después plantar.....	110	Algas inofensivas y agradables .....	152
No hay que ahorrar en donde no se debe .....	110	También acechan las algas "malas" .....	153
Elección de las plantas .....	112	"Más vale prevenir que curar" .....	153
Plantas para el primer plano.....	112	Precauciones al comprar las plantas.....	155
Plantas para el centro: punto de atracción sustitutorio .....	112	Cuando las plantas enferman.....	155
Plantas solitarias: puntos de atracción óptimos .....	113	Deficiente continuidad .....	156
Plantas de tallo.....	113	La putrefacción de las <i>Cryptocoryne</i> .....	156
		Déficit de uno o varios nutrientes vegetales .....	157
		Exceso de uno o varios nutrientes vegetales .....	161
		Parásitos de las partes emergidas de las plantas .....	161
		Pulgones .....	162
		Medios fitosanitarios biológicos .....	162

<b>Control de todas las funciones en el acuario.....</b>	163	Medición del contenido de nitrito .....	169
¿Qué clase de tests son importantes? .....	163	Medición del contenido de nitrato .....	169
Temperatura .....	164	Medición del contenido de fosfato.....	170
Test de CO <sub>2</sub> .....	164	Medición del contenido de cobre .....	171
Oxígeno: control de todas las funciones en el acuario.....	165	Glosario .....	173
Medición de la dureza total.....	166	Bibliografía .....	175
Medición de la dureza de carbonato .....	168	Índice alfabético.....	177
Medición del contenido de hierro .....	168		

# Peces y plantas de acuario, una simbiosis

Este libro está dedicado a los peces de acuario. A primera vista esta referencia parece llamar a equívoco dentro de un libro sobre plantas. Pero la misión y la meta de este libro no tardarán en hacer comprensible esta dedicatoria.

## **Más de 100 años de acuariología: instrumento de la formación popular**

La acuariología en Europa cumple en esta década más de un siglo. Después de que los naturalistas y biólogos pusieran “detrás de un cristal” a los primeros peces y plantas acuáticas para estudiar los procesos vitales en el agua, cada vez se instalaron más acuarios en los salones. En 1882 se fundó en Gotha la primera asociación de aficionados a los acuarios y muchos la siguieron espontáneamente. El acuario se ha convertido en una afición o *hobby* popular. Más aún, la acuariología se ha convertido en un instrumento de formación popular, ya que no sólo transmite conocimientos en todas las ramas de las ciencias naturales, zoología y botánica, sino también de la física y la química.

El componente zoológico, formado por la gran variedad de peces de adorno, le ofrece al aficionado a los acuarios un amplio campo de tra-

bajo: la observación del comportamiento reproductor, incubador y territorial, así como tareas sistemáticas y de nomenclatura. Muchos aficionados obtienen respetables logros en estos campos, es decir, trabajos previos que ayudan a la ciencia.

Los aspectos botánicos son similares. Los aficionados a los acuarios han descubierto y descrito numerosas plantas palustres y acuáticas, y también participan en gran medida en los conocimientos sobre las necesidades biológicas y fisiológicas de la nutrición de las plantas. A lo largo de las últimas décadas los aficionados han revolucionado, por decirlo así, el cuidado de las plantas de acuario.

Hoy en día, los aficionados también tienen grandes conocimientos en el campo de la química y de la composición del agua, y comprenden los nexos existentes. Conceptos tales como pH y conductancia, potencial redox y ósmosis invertida son temas de discusión corrientes. Actualmente los aficionados a los acuarios pueden llevar a cabo ellos mismos gran número de análisis químicos del agua —colorimétricos o los realizados con instrumentos de medición eléctricos— desde la dureza total del agua hasta el porcentaje de oxígeno.

## **El pez en el acuario: objeto o víctima**

Según estadísticas realizadas, un 71% de los aficionados cuidan de un acuario, el 16% de dos y un 13% de tres y más. En total nadan en ellos millones de peces de adorno. En la inmensa mayoría de acuarios se trata de peces tropicales (90%).

También se han realizado estadísticas de los millones de peces vendidos, ya sean criados o importados. Estos estudios han llegado a la conclusión que el promedio de vida de un pez de acuario es de 9,5 meses.

Estas cifras son al mismo tiempo asombrosas y aterradoras. Ellas nos demuestran dos cosas: primera, el gran interés de la gente en cuidar, observar y disfrutar de los peces de acuario. Pero en segundo lugar también demuestran la incapacidad de mantenerlos sanos durante largo tiempo y de darles una esperanza de vida casi natural, como sucede hoy en día con perros, gatos y otros animales domésticos.

Por favor, no interpreten mal este cálculo. Aquí sólo se habla del amplio espectro de personas que tienen un acuario (¿aficionados?) y no de los numerosos acuariólogos que consiguen cosas extraordinarias en lo referente a la reproducción y el cuidado de peces de acuario. Sin embargo, su número es muy reducido en comparación a la totalidad de personas que poseen un acuario.

De los estudios de la rama zoológica también se desprende que la fluctuación es sumamente elevada entre los

acuariólogos, y se indica que es de un 40 a un 60%. Estas cifras se refieren a aquellas personas que adquieren un acuario, pero que, al cabo de poco tiempo, dejan de lado esta afición a causa de la frustración y de la desilusión. Sus peces morían demasiado rápidamente, las plantas no crecían y una continuada plaga de algas les quitó finalmente toda la afición.

### **La salvación de los peces de acuario: las plantas acuáticas**

La causa de este desastre suele ser, según mi opinión, el todavía extendido desconocimiento del correcto mantenimiento de un acuario y el amplio desprecio y desconocimiento del verdadero "socio" del pez en el acuario, la planta acuática. La planta de acuario todavía se considera demasiado un medio de decorar el acuario, y no se tiene en cuenta, ni se reconoce lo suficiente, la misión verdadera y real que tiene, a saber, mejorar la calidad del agua y mantenerla en perfectas condiciones.

Sin embargo, amplios estudios científicos han demostrado ya hace tiempo que las plantas acuáticas verdaderas mejoran la calidad del agua y la pueden regenerar. Desde hace muchos años se utilizan estos conocimientos en la depuración de aguas residuales. Y el agua de un acuario muchas veces no tiene mejor calidad que las aguas residuales.

Por tanto ya es hora de que la acuariología aproveche mejor los conocimientos científicos y los aplique.

También podemos observarlo día a día en las aguas de cualquier parte de nuestro país.

Allí donde ya no crecen o mueren las plantas de los arroyos, ríos o lagos, también los peces corren peligro de desaparecer, por lo menos las especies delicadas. Por el contrario, las plantas acuáticas que medran bien indican inequívocamente que el agua está en buenas condiciones y conserva la vida a los peces.

### **Antaño decoración – hoy en día regeneradoras del agua**

En los comienzos de la acuariología, cuando los acuarios aún estaban mal iluminados, toda la técnica acuariológica todavía estaba en pañales y se sabía poco acerca de los cuidados correctos de un acuario, las plantas no tenían posibilidad alguna de ejercer sus efectos regeneradores sobre el agua. Realmente, sólo eran un mero elemento decorativo que vegetaba. La pisolita era el mejor indicio de su fracaso. Esta piedra debía aportar, en lugar de las plantas, el oxígeno del aire que los peces necesitaban imprescindiblemente y que ellas no podían aportar. Sin embargo, la producción de oxígeno sólo es una de las muchas misiones de las plantas acuáticas que sirven para el cuidado del agua.

Con este libro quisiera incidir en la toma de conciencia acerca de la necesidad de tener plantas acuáticas verdaderas y sanas en los acuarios. Para ello servirán de ayuda las observaciones y experiencias derivadas de

numerosos estudios de biotopos efectuados en las aguas originarias de nuestras plantas de acuario. Sin embargo, sólo nos llevarán a la meta si se tienen en cuenta y se salvan las diferencias estructurales entre las aguas naturales y el acuario.

Por supuesto, no basta con abarrotar el acuario de plantas acuáticas. Sólo podrán desarrollar su capacidad regeneradora si crecen con vitalidad y para eso hay que aplicar razonablemente la técnica y los cuidados acuariológicos.

Tampoco es indiferente qué plantas de acuario se utilizan. La práctica, aplicada muchas veces hasta hoy, de elegir las plantas de acuerdo con su finalidad decorativa –color, forma de las hojas, etc.– puede producir “acuarios bonitos”, pero carentes de valor biológico y la belleza del acuario no tardará en desaparecer. Las plantas sólo tendrán valor biológico para el acuario cuando hayan enraizado correctamente y medren a simple vista. Las plantas que se han elegido mal para un acuario, en lo referente a su longitud y tamaño, nos traerán más inconvenientes que ventajas, ya que se tendrán que trasplantar, podar y acortar demasiado a menudo.

A fin de evitar equívocos desde buen principio, aquí no se habla de acuarios de reproducción u otros acuarios especiales, que los especialistas hacen “funcionar” sin plantas. Estos acuarios tienen buen mantenimiento mediante un permanente cambio del agua y otras medidas. Aquí se habla del acuario comunitario de agua cá-

lida normal, como el que posee el 90% de los aficionados.

A comienzos del segundo siglo de la acuariología en Europa tenemos motivos de replantearnos la “afición popular del acuario”. Tal vez se debería renunciar al cuidado de peces y plantas, si su existencia y conservación en el acuario no es posible. En cualquier caso, hemos de hacer todo lo posible para conservar óptimamente la vida que hemos puesto en

el acuario. Hoy en día existen las condiciones técnicas y los conocimientos para hacerlo correctamente.

Los estudios estadísticos citados al principio dieron también como resultado que cada año cientos de miles de personas, sobre todo jóvenes, adquieren un acuario. Al hacerlo, deberían darse cuenta de que empiezan con una afición fascinante y que cargan con la responsabilidad de cuidar de la vida de los animales.

# Misión de las plantas acuáticas y su eficacia biológica

Observemos en primer lugar el poder biológico y ecoquímico de las plantas acuáticas como “socias” de los peces, que representan una parte tan esencial del biotopo del acuario. Si el acuariólogo consigue comprender la plena capacidad de las plantas en el acuario y la puede desarrollar completamente, el hábitat acuario se convertirá en un biotopo-acuario propio, aunque artificial, con buena salud.

Por otra parte, también crecerá el respeto del aficionado a las plantas. Que, hasta hoy, la acuariología aún aproveche relativamente poco de los conocimientos científicos puede deberse a que hay más “acuariólogos de peces” que de “plantas” y que estos últimos prefieren dedicarse más a las cuestiones sistemáticas.

## **Absorción y cesión de sustancias**

Sabemos que el lugar en que está situada la planta (medio que la rodea, o sea, suelo y agua) influye en su bienestar. La absorción de nutrientes de diversas clases del medio que la rodea significa para la planta crecimiento, desarrollo y reproducción. Reinhold Kickuth (1970) lo formuló de esta manera: “La absorción de sustancias por la planta significa cesión

de sustancias al lugar en que se halla situada”. El proceso inverso: cesión de sustancias al lugar donde está situada (suelo y agua) se ha tenido poco en cuenta hasta el momento, y todavía no se han aclarado completamente todas sus implicaciones. La ecoquímica del acuario aún tiene que solucionar una tarea de repaso: el exhaustivo análisis de la clase y la cantidad de sustancias químicas que las plantas ceden al suelo y al agua. Todo este complejo se podría resumir científicamente en los términos de influjo y eflujo o efusión de compuestos químicos.

El hecho de que, hasta hoy, en este campo aún no se haya llevado a cabo una investigación acuariológica propia parece tener motivos económicos. Si estuviera tan avanzada como las investigaciones en el campo de la nutrición vegetal inorgánica, nuestros peces de acuario tendrían menos problemas.

No obstante, la acuariología puede aprovecharse de las investigaciones exhaustivas realizadas a lo largo de décadas en el campo de la limnología. Sobre todo la Estación Limnológica del Bajo Rhin, perteneciente a la Sociedad Max-Planck, en Krefeld-Hülserberg, se ocupa desde hace décadas de la autodepuración de las aguas naturales y de las residuales.

Se pueden obtener informaciones muy valiosas, sumamente interesantes para la acuariología, en el Instituto de Edafología de la Universidad de Gotinga, del Instituto de Microbiología y Terapia Experimental de Jena, así como de investigadores de Rumania, Israel, Japón, EE.UU., Finlandia y los Países Bajos. Aquí no importa el que los estudios correspondientes no se hayan llevado a cabo con plantas de acuario puras, sino principalmente con las plantas palustres y acuáticas autóctonas.

En la tabla 1 se ha hecho una relación de todas las plantas que ya se han utilizado con éxito en experimentos sobre la regeneración de aguas residuales. Estas plantas se han

**Tabla 1**  
**Plantas que regeneran el agua**

Las plantas de esta tabla fueron utilizadas y probadas con éxito para la regeneración de las aguas residuales por diversos institutos científicos. El parentesco con algunas plantas tropicales permite suponer que muchas plantas de acuario poseen igualmente propiedades positivas para el cuidado de los peces de acuario.

<i>Acorus calamus</i>	<i>Myriophyllum</i>
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>spicatum</i>
<i>Alisma plantago-</i>	<i>Phragmites australis</i>
<i>aquatica</i>	<i>Potamogeton crispus</i>
<i>Carex elata</i>	<i>Ruppia maritima</i>
<i>Cirsium pratense</i>	<i>Scirpus lacustris</i>
<i>Elodea canadensis</i>	<i>Sparganium erectum</i>
<i>Glyceria aquatica</i>	<i>Spartina townsendii</i>
<i>Iris pseudoacorus</i>	<i>Typha angustifolia</i>
<i>Mentha aquatica</i>	<i>Zostera marina</i>
<i>Myosotis palustris</i>	

sacado de la bibliografía correspondiente. Es interesante notar que ya figuran algunos parientes de nuestras plantas de acuario tropicales.

Por eso está justificada la conclusión de que las características que se han hallado en las plantas estudiadas, también se dan en algunas plantas acuáticas tropicales. Esta esperanza se sostiene en la observación, realizada por numerosos aficionados a los acuarios, de que en los acuarios con una buena población vegetal los peces enferman menos. Antes al contrario, siempre se vuelve a relatar que los peces enfermos que se introducen allí se recuperan con rapidez.

## ¿Qué pueden conseguir las plantas de acuario?

¿Qué podemos esperar ahora en detalle de las plantas? ¿Cuáles son sus efectos sobre la calidad del agua?

### Biotopos de embalses en Sri Lanka ("tanks").

Los "tanks" cingaleses, lagos y embalses artificiales, son la patria de numerosas plantas de acuario. La fotografía del centro muestra el mayor lago artificial de Sri Lanka, famoso por la técnica de su ingeniería hidráulica, el Minneriya-Tank, en las proximidades de Polonnaruwa. La fotografía inferior muestra un embalse que ya se está secando en el distrito de Kurunegala. Además de nenúfares, también alberga gran variedad de plantas de acuario, entre otras, los géneros *Blyxa*, *Bacopa*, *Ludwigia*, *Salvinia*, *Pistia*, *Limnophila*, *Aponogeton* (foto superior derecha) y *Utricularia*. La fotografía superior izquierda muestra de manera muy bonita los órganos flotantes, del grueso de un dedo, de *Ludwigia* (antes *Jussiaea* L.). Se trata de raíces rodeadas por un tejido esponjoso blanco que sostienen los tallos sobre la superficie del agua.





## Oxígeno

Las plantas sumergidas sanas son potentes suministradores de oxígeno en un acuario bien cuidado. Cuando disponen de luz bombean sin cesar oxígeno al agua y —a diferencia de todas las medidas artificiales— también en el suelo. Eso tiene una importancia grande y decisiva para un acuario.

Por norma, el oxígeno se cede disuelto al agua, cosa que califica a la planta sumergida como un donante de oxígeno mucho mejor que la pisolita. Cuando casi se ha alcanzado el grado de saturación de  $O_2$ , el desprendimiento de oxígeno se hace visible en forma de burbujas en los sitios en que las plantas se han roto.

El oxígeno producido de tal manera sirve, ante todo, para la respiración de los peces, de los microorganismos, por ejemplo, infusorios, pero también de las propias plantas. Sin embargo, todavía tiene mayor importancia para el acuario el hecho de que el oxígeno sea un importante factor para la descomposición dentro del

agua de sustancias nocivas y de lastre. Las bacterias aerobias lo necesitan para esta misión tan vital. Con ayuda del oxígeno las bacterias descomponen sustancias de desecho en el acuario, como por ejemplo, excrementos de peces, partículas vegetales y algas muertas, animales muertos o fango del filtrado. Además oxidan a nitrato, inofensivo para los peces, los compuestos nítricos tóxicos. Este nitrato ( $NO_3$ ) es descompuesto por las plantas acuáticas en un acuario con buena plantación y bien cuidado.

Podemos comparar esta situación en el acuario con las condiciones en el campo. Lo que significan los bosques verdes, con sus efectos productores de oxígeno, para los seres humanos y los animales, lo llevan a cabo las plantas de acuario respecto a los peces que habitan en su interior.

Sobre todo en lo referente al oxígeno se hace patente la gran diferencia estructural entre las aguas naturales y el acuario. En las aguas tropicales los valores de oxígeno se hallan, por razones estructurales, entre 4 y 8 mg/l. Por otro lado se conocen biotopos (véase el biotopo de *Cryptocoryne albida*, pág. 41), en los que se han medido valores de oxígeno de entre 7 y 10 mg/l. En algunos casos, sobre todo en los arroyos de “aguas negras”, muy cargadas orgánicamente, de Malasia Occidental y Borneo, se han llegado a medir valores de oxígeno de entre 2,5 y 3,5 mg/l. Otros autores (Geisler, Schmidt y Sookvibul) hablan incluso de valores de oxígeno en aguas con peces situados

### Biotopos de *Cryptocoryne* en Sri Lanka.

**Parte superior izquierda y centro izquierda:** *Cryptocoryne parva* en el Mahaweli Ganga, cerca de Haloluwa en las proximidades de Kandy. Además de *C. parva*, en el mismo lugar también crece *C. willisii* (biotopo 8).

**Parte superior centro y abajo a la derecha:** Biotopo 3 cerca de Pelmadulla, un arroyo situado en medio de un arrozal. En este lugar crecen a pleno sol *Cryptocoryne petchii* y *C. wendtii*.

**Parte superior derecha:** *Cryptocoryne thwaitesii* en un arroyo de montaña cerca de Bellana (biotopo 5). Abajo a la izquierda: *C. walkei* (antes *C. lutea*) en las orillas del Deduru Oya, aquí con poca agua (biotopo 1).

entre 1 y 2 mg/l. Y muchas especies de peces parecen poder vivir con estos valores mínimos. En la naturaleza el agua que constantemente entra y su enorme volumen hacen que el contenido de oxígeno, bajo pero aún suficiente, permanezca estable. Y los peces se han adaptado a esta situación.

### **El acuario es un biotopo artificial**

En numerosos parámetros, el acuario reacciona de manera diferente al biotopo natural. Esta gran cantidad de datos químicos no podemos traspasarla simplemente al acuario, hay que “adaptarla” al mismo a través de detallados experimentos. Sobre todo los datos del oxígeno.

No sólo los peces, sino el acuario en conjunto, precisan de valores de oxígeno estables, a fin de que las bacterias reciban el suficiente aporte energético para poder descomponer todos los productos de desecho orgánicos e inorgánicos —o sea, la basura del acuario. Como todavía veremos, se exigen valores de  $O_2$  que oscilen entre 5 mg/l (medidos por la mañana) y un contenido cercano al límite de saturación al anochecer (alrededor de 8 a 10 mg/l), a fin de que hayan suficientes reservas de oxígeno y no acontezca una catástrofe “de la noche a la mañana”. Si a lo largo del día ya no se alcanza el grado de saturación, eso demuestra que el agua se ha sobrecargado demasiado y que el acuario corre peligro en su conjunto.

Los modernos filtros de rociado han demostrado ser una gran ventaja en el aporte estable de oxígeno en un acuario. A lo largo de este libro aún hablaré detalladamente sobre los temas “Oxígeno en el acuario” y “Filtros de rociado como ayudas valiosas para el biotopo artificial acuario”.

El “biotopo artificial acuario” tiene sus propias leyes, condicionadas por el pequeño volumen de agua y su limitación estructural hacia cinco lados, que le hacen carecer por completo del contacto con las aguas freáticas, el entorno, la grava y los componentes orgánicos tales como raíces, árboles, hojarasca, etc.

### **Descomposición de sustancias orgánicas**

Los investigadores de la Estación Limnológica del Instituto-Max-Planck en Krefeld-Hülserberg hablan de experimentos realizados con plantas superiores para la descomposición de sustancias orgánicas (Seidel, 1964, 1966, 1969 y 1976; Seidel y Kickuth, 1970; Seidel et al. 1967). En estos experimentos se demostró que, por ejemplo, el junco *Scirpus lacustris* es capaz de extraer del agua compuestos orgánicos de las constituciones más diversas. No sólo descompusieron rápidamente y por completo las sustancias primarias normales de plantas y animales, tales como proteínas, carbohidratos, fosfátidos, lípidos, etc., sino también otros compuestos orgánicos, cuya presencia es más limitada como, por ejemplo, alcaloides, glucósidos, fe-

noles, etc. Käthe Seidel, una de las investigadoras alemanas más conocidas en este campo, escribe así en su comunicado: "Para las plantas acuáticas superiores este resultado es nuevo y, en su aspecto cuantitativo, es sorprendente y desacostumbrado para las plantas superiores en general".

### Eliminación de gérmenes patógenos

Las plantas acuáticas superiores también combaten eficazmente los gérmenes patógenos. En experimentos con diversas plantas acuáticas en *Escherichia coli* y *Bacterium coli*, tanto en el laboratorio como en campo abierto con agua del Rin fuertemente sobrecargada, quedó demostrado que los gérmenes patógenos son aniquilados con rapidez. Además del junco (*Scirpus lacustris*) y de *Spartina townsendii*, se examinaron

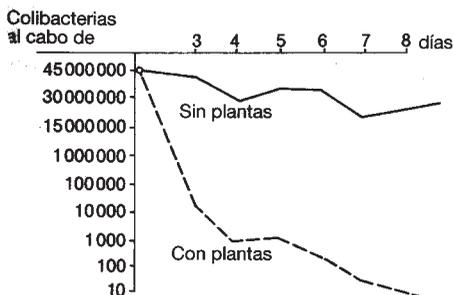


Fig. 1. Descomposición de bacterias por las plantas acuáticas.

La gráfica demuestra el resultado de un experimento, consistente en eliminar bacterias con ayuda de plantas acuáticas. De 45 millones de gérmenes se eliminaron casi todos con la ayuda de plantas acuáticas en el intervalo de 8 días, mientras que el mismo experimento sin plantas casi no mostró variaciones.

Tabla 2  
Efectos antibióticos  
de extractos metanólicos  
de *Myriophyllum spicatum*

Halorrhagidaceae	<i>Myriophyllum spicatum</i>
<i>Bac. subtilis</i> ATCC 6633	██████████
<i>Staph. aureus</i> SG 511	██████████
<i>Bac. mycoides</i> SG 756	██████████
<i>Bac. mycoides</i> SG 756 TF	██████████
<i>Sarcina lutea</i> SG 125 A	██████████
<i>Bac. globifer</i> OH 11	██████████
<i>Bac. globifer</i> EH 11	██████████
<i>Proteus vulgaris</i> Ox 19	██████████
<i>Proteus mirabilis</i> SG 464	██████████
<i>Escherichia coli</i> SG 458	██████████
<i>Escherichia coli</i> Collo	██████████
<i>Serratia marcs.</i> SG 621	██
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> SG 137	██████████
<i>Pseudomonas spec.</i> B 7	○
<i>Aerobacter aerogenes</i> SG 117	██████████
<i>Mycobact. phlei</i> SG 346	██████████
<i>Mycobact. smegin.</i> SG 987	██████████
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○
<i>Kloeckera brevis</i>	○
<i>Penicillium notatum</i> P 36	○
<i>Fusarium solani</i>	○
<i>Fusarium culmorum</i>	○
<i>Scopulariopsis spec.</i>	○

Diámetro del campo de inhibición en mm

otras plantas acuáticas, como la menta acuática (*Mentha aquatica*), el cardo (*Cirsium pratense*), el carrizo (*Phragmites communis*), *Agrostis alba*, el llantén acuático o pan de rana (*Alisma plantago*) y el ácoro bastardo o iris amarillo (*Iris pseudoacorus*). Incluso diversas algas verdes demostraron tener propiedades bactericidas en diferentes ensayos que se realizaron.

La figura 1 muestra el resultado de un ensayo con *Bacterium coli* y *Scirpus lacustris* como planta de experimentación. Con las plantas, se eliminaron 43 millones de gérmenes en ocho días; sin ellas el número de gérmenes permaneció constante. Al parecer no hay que añadir nada a la claridad informativa de este gráfico.

La observación de que este resultado sólo se obtuvo con plantas ilesas aportó un aspecto especial para la acuariología. En el capítulo sobre "Plantas para el acuario" hablaremos otra vez de este tema.

### **Eliminación de sustancias tóxicas**

Las plantas superiores todavía pueden hacer más. Incluso eliminan sustancias tóxicas, tales como fenoles, ácido salicílico, indol, cianuro potásico, ácido carbónico y detergentes. El Instituto de Higiene de la Universidad de Tubinga describe un gran ensayo realizado en Urach. Se plantan juncos en tanques que poseen una determinada división en cámaras, de modo que las aguas residuales, sobrecargadas y no depuradas, han de rodear las raíces, rizomas y tallos de las plantas, situadas hasta una profundidad de más de 1 metro en estas aguas para poder actuar plenamente sobre las aguas residuales. A través de esta instalación fluyen constantemente aguas residuales domésticas e industriales extremadamente sobrecargadas (p. ej., con cianuros de una empresa metalúrgica y con sangre de un mata-

dero). Las plantas depuran estas aguas y las cargan de oxígeno, de modo que al final tienen buen sabor y son potables a la salida.

### **Las plantas proporcionan antibióticos**

El Dr. Harald Brocker y el Dr. Heinz Thrum del Instituto de Microbiología y Terapia Experimental de Jena publicaron unos ensayos asombrosos, que deberían abrir los ojos a los acuariólogos (Brocker y Thrum, 1967). En busca de nuevos compuestos de acción antibiótica, también investigaron algas y plantas acuáticas superiores. Con ello iniciaron ensayos que se han conocido en ultramar. Así, en Puerto Rico se descubrieron los antibióticos sarganina y conalginina en algas marinas. Brocker y Thrum estudiaron numerosas plantas acuáticas y, especialmente en *Myriophyllum spicatum* conocida también en los acuarios, pudieron constatar un fuerte y amplio efecto antibiótico. Hay que mencionar sobre todo que es efectiva contra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus globifer* y *Proteus vulgaris*. La tabla 2 muestra los efectos antibióticos de los extractos metanólicos de *Myriophyllum spicatum* sobre gran número de las bacterias examinadas.

De la misma manera se pudo demostrar que las secreciones de las raíces de las plantas superiores aniquilan bacterias que en el hombre producen enfermedades. Se trata, especialmente, de *Escherichia coli*, salmonelas y enterococos.

Y, por fin, existen plantas que en sus raíces poseen colonias de bacterias simbióticas, como por ejemplo *Streptomyces alni*, que matan gérmenes patógenos.

### **Las plantas impiden el crecimiento algal**

En esta enumeración no debe faltar la observación de que las plantas superiores pueden impedir de forma excelente el crecimiento algal. Al competir por los nutrientes, las plantas acuáticas están en ventaja, siempre que crezcan con vitalidad, y evitan la extensión de las algas. Sobre este tema aún tendremos que hablar más detalladamente.

### **Las plantas son refugio y lugar de desove**

Y, finalmente, no debemos olvidar una de las más importantes y antiguas misiones de las plantas acuáticas –sobre todo en el acuario– es ser un componente importante del hábitat de los peces. En el caso de los que incuban y cuidan sus crías son sitio de desove y de crianza para las madres y los alevines.

### **La depuradora verde en el acuario**

De todo eso se desprende claramente que las plantas de acuario vivas son el mejor filtro para el agua, son la depuradora verde del acuario.

# Plantas de acuario en su hábitat natural

Todas las propiedades y ventajas descritas en el capítulo anterior sólo las desarrollan las plantas acuáticas en el acuario si crecen de forma óptima y sana. Eso quiere decir que las raíces y las hojas deben estar plenamente desarrolladas y estar absolutamente sanas y las condiciones de crecimiento en el acuario también han de ser óptimas. En el acuario eso no es necesariamente la norma. A fin de poder darles a las plantas acuáticas buenas condiciones de vida en un acuario, es necesario conocer previamente las condiciones naturales.

Ante todo hemos de tener claro que por naturaleza no hay “plantas de acuario”, sino en el mejor de los casos plantas palustres y acuáticas que, más o menos, hemos “reclutado obligatoriamente” para el acuario. Cuando me encontré por primera vez, en el sur de Tailandia, en medio de un riachuelo con *Cryptocoryne*, eso me dio bastante que pensar. ¿Cómo ha de ser posible copiar este biotopo y sus condiciones vitales en un acuario? Pues, si lo comparamos con las condiciones naturales, el acuario sólo es un diminuto charco desde el punto de vista de su volumen; charco en el cual sólo se recambia un poco de agua, en la mayoría de los casos, a lo sumo una vez por semana y a menudo sólo

cada dos o tres semanas. Por el contrario, en el riachuelo con *Cryptocoryne* se puede observar una velocidad de flujo de 3,8 segundos a lo largo de más de un metro. Referido a las condiciones acuariológicas eso significaría un cambio de agua de más de 6000 veces por hora.

Si hacemos la pregunta de cómo mantener y cuidar óptimamente las plantas en el acuario, hemos de conocer sus condiciones de vida naturales y sacar las consecuencias correspondientes, es decir, traducir lo aprendido a una acuariología practicable. Nos daremos cuenta de que ello se consigue muy bien en gran número de plantas palustres y acuáticas, en algunas otras menos. En el caso de las plantas donde se consigue menos, por ejemplo, *Cryptocoryne* de Borneo, es mejor renunciar a utilizarlas como “plantas de acuario”, dado que de lo contrario sólo las cuidaremos hasta su muerte. Y peor aún: las importaciones que eso origina las pondría en peligro de extinción en su biotopo natural. En este libro nos daremos cuenta de que existe un gran número, incluso un número suficiente, de plantas acuáticas extraordinariamente aptas para los acuarios.

En las páginas siguientes describiré con detalle biotopos vegetales y

también aportaré los análisis del agua y del suelo, los cuales se llevaron a cabo de la manera más exacta posible. Estas descripciones tienen como fin el aportar al lector y al aficionado comprometido la sensibilidad necesaria para saber en qué condiciones las plantas de acuario crecen y medran óptimamente. Nos daremos cuenta de que no es tan fácil traducir los conocimientos adquiridos en los biotopos naturales a unos cuidados practicables tanto del acuario como de las plantas. Pero el hecho de que ello es posible y que existen miles de acuariólogos que lo consiguen de forma convincente demuestra que este arte se puede aprender.

### **Sri Lanka – patria primigenia del acuario**

Comienzo la presentación de los biotopos naturales de nuestras plantas de acuario con Sri Lanka por una razón. Ya desde siempre me han fascinado sobremanera –junto con numerosos otros aspectos– los aspectos acuariológicos de esta isla tropical. Y ella ofrece excelentes ejemplos para la comprensión de las plantas palustres y acuáticas tropicales.

El logro acuariológico tal vez más interesante es la denominada “civilización de embalses” (tanks), que es antiquísima. Sus orígenes datan del siglo VI a.J.C. y ya tenían gran significado en el siglo II a.J.C. Pero, en primer lugar, vamos a dar una definición algo más detallada de esta an-

tigua “civilización de embalses o tanks” de los cingaleses.

En el fondo, se trata de la respuesta de los insulares a los increíbles retos climáticos y topográficos que presenta su país. Esta isla, en forma de pera, tiene 432 km de largo y 224 km de ancho. Un macizo central al sur de la isla forma una barrera natural contra los monzones, portadores de lluvias, una divisoria meteorológica de la isla. De diciembre a febrero el monzón del nordeste lleva lluvias a las regiones nororientales, mientras que durante el monzón del sudoeste, de mayo a septiembre, las lluvias caen sobre todo en el sudoeste de la isla. El tiempo restante las tierras ansían el agua.

Los colonizadores más antiguos ya comenzaron a armarse contra este mal, tratando de almacenar el agua de lluvia para las épocas de sequía. Construyeron pequeños estanques, todavía primitivos. De los restos que aún se conservan se deduce que se debió de tratar de profundas excavaciones de tierras, rodeadas de diques. Pero pronto los habitantes desarrollaron un gran arte en construir gran número de estos estanques y presas, uniéndolos entre sí. Un sistema de distribución que seguía el principio gravitacional procuraba un aporte de agua regular a los campos situados por debajo del depósito de agua. Ya en el siglo II a.J.C. esta extraordinaria técnica de obras hidráulicas conoció su primer florecimiento. Tan sólo en el distrito de la antigua ciudad real Anuradhapura

había 11.200 pequeños estanques para el agua.

Una ley, promulgada por los antiguos reyes del país y que aún existía en la época de la colonización británica, regulaba los trabajos de este sistema de regadío. Dado que todas las tierras pertenecían al rey, sólo se otorgaban contra prestación de servicios. El cultivo del arroz les dejaba mucho tiempo libre a los campesinos, durante el cual estaban obligados a colaborar en la construcción y el mantenimiento de los depósitos de agua y de los canales, así como en la construcción de carreteras y de monasterios y centros de culto. Estos trabajos recibían el nombre de "Rajakariya".

Durante el reinado del legendario rey Parakrama Bahu I, el país llegó al mayor florecimiento de la técnica hidráulica. Las instalaciones de regadío mostraban ahora un increíble refinamiento hidrográfico. Los diques de las presas se elevaron de los 3-4 m que tenían originariamente hasta unos 17 m. Estas construcciones útiles y ambiciosas abarcaban a veces depósitos de agua de 30-35 km de lado. Todavía hoy en día, los ingenieros hidráulicos de todo el mundo contemplan asombrados el famoso Lago Minneriya, que se considera el lago más espectacular de Sri Lanka creado por manos humanas (Foto pág. 17). En Sri Lanka regía la consigna siguiente: "Ninguna gota de lluvia deja el país sin haber sido aprovechada por los seres humanos".

Todas estas reservas hidráulicas se llamaban en los idiomas del país

veva (cingalés) y kulam (tamil). Los portugueses las llamaban "tanque": lago pequeño. Los ingleses adoptaron el término de sus predecesores coloniales y de esta manera se formó la poco poética y fea palabra de "tank". Por más fea que suene a nuestros oídos, para los aficionados a los acuarios esta palabra despierta algunas asociaciones: "tank" (en inglés) - tanque - acuario.

Y así llegamos al verdadero aspecto de estos embalses de agua de Sri Lanka, que representan un verdadero El Dorado acuariológico. Si nos acercamos a estos "lagos", enseguida veremos una gran cantidad de las plantas palustres y acuáticas que cuidamos desde siempre en el acuario. Y lo asombroso es que en dichos "lagos" no crecen campos enteros de una sola especie, o sea monocultivos de plantas, sino que encontramos una profusa mezcla de las especies más diversas de las plantas de acuario. La variedad va desde *Aponogeton*, *Myriophyllum*, *Ludwigia*, *Hydrilla verticillata*, *Bacopa*, *Limnophila*, *Ceratopteris thalictroides*, *Elodea*, *Sagittaria*, *Trapa* y muchas más hasta *Ottelia*. Muchas de estas especies vegetales no proceden de Sri Lanka, de modo que cabe suponer que los habitantes (o también los antiguos plantadores) las plantaron en estos lugares (Foto pág. 17).

Muchos de estos "lagos" se desecan por completo durante la época de sequía y, pese a eso, al año siguiente, cuando la estación de las lluvias los ha vuelto a llenar, rebosan de plantas.

Naturalmente en estos “lagos” o embalses también crecen gran variedad de ninfeáceas. En ocasiones, los nenúfares, y lotos lo tienen muy difícil para apartar los densos tapices de *Salvinia* y *Pistia*. Los helechos flotantes a menudo crecen tan densos y presentan una superficie tan cerrada que a veces uno puede creer que tiene ante sí un prado y no un estanque de agua.

Siempre que me hallo ante un embalse con tanta riqueza vegetal, se me hace evidente la relación con el acuario. Podría decirse que estos embalses de Sri Lanka son los acuarios mayores del mundo. Aunque cabría suponer que estos “lagos” o embalses con sus aguas estancadas son muy eutróficos, es decir, que, entre otros, presentan un mayor contenido de nitratos y fosfatos, los análisis del agua demostraron lo contrario. En el embalse de Kurunegala, representado en la parte inferior de la página 17, se obtuvieron los siguientes valores del agua (16.2.1986 hacia las 12.00 horas):

Temperatura: 32°C

Conductancia: 120 µS

Dureza total: 3,0° dH

Dureza de carbonato: 2,5° dH

pH: 6,1

Hierro (II + III): 1,1 mg/l

Amonio: 0,5 mg/l

Nitrito: 0 mg/l

Nitrato: < 0,2 mg/l

Fosfato: < 0,1 mg/l

Los valores de oxígeno no fueron uniformes. En las poblaciones vegetales sanas se midieron 5,8 mg/l (sa-

turación del 77%); en las poblaciones en putrefacción de *Salvinia* sólo 2,9 mg/l (saturación del 39%). En otros embalses también se constataron diferencias parecidas en los valores de oxígeno, por ejemplo, en el embalse de Karagahagedaha, a unos 90 km de distancia del anterior. (Un comportamiento asombroso, pero lógico, del oxígeno.)

Una de las características diferenciales esenciales entre los biotopos vegetales en los embalses y en los ríos y arroyos con *Cryptocoryne* consiste en que en un caso se trata de aguas estancadas y en otro de corrientes de agua. Los detallados análisis hídricos indicados más abajo que, en parte, se publican en este lugar por vez primera, muestran finalmente que en las corrientes de agua se trata de aguas no contaminadas, las cuales pese a ello no carecen de nutrientes, pero están libres de cualquier sobrecarga orgánica. Se ve claramente qué clase de problemas ha de resolver el acuariólogo si quiere cuidar *Cryptocoryne* junto con otros tipos de plantas en el mismo acuario.

Antes de observar más de cerca las aguas cingalesas con plantas y peces, deseo aclarar brevemente qué tareas hay que solucionar:

1. Mediante exhaustivos estudios hídricos, en parte junto al mismo riachuelo y en parte en el laboratorio de casa, debería obtenerse una imagen lo más amplia posible de la composición de nutrientes de las aguas con plantas.

2. Se debería responder a la pregunta de cómo se diferencian las aguas naturales con plantas del agua corriente de nuestros grifos en lo que respecta a su composición química.
3. Resultados de la comparación entre diferentes zonas, por ejemplo, Sri Lanka - Tailandia - Malasia - Borneo.
4. ¿Se desprende de esa comparación por qué las plantas acuáticas cingalesas son relativamente más fáciles de cuidar en un acuario que muchas plantas de otras regiones?
5. Además también se propuso la tarea de obtener –pese a los complicados procedimientos analíticos– una visión global completa de la oferta de oligoelementos en los nutrientes.

## Sobre los análisis del agua

Los análisis del agua y de los suelos publicados en este libro los recopilé a lo largo de 12 años entre 1974 y 1986. Di el mayor valor a realizar “sobre el terreno” la mayor cantidad de análisis y con la mayor exactitud posible. Las muestras de agua se alteran con rapidez durante el transporte. Sobre todo el dióxido de carbono, el oxígeno, el hierro bivalente, el pH y la conductividad se alteran enseguida debido a la oxidación.

A causa de la absoluta carencia de sales de muchas aguas, del escaso contenido de iones que se puedan analizar y, por otro lado, de la necesaria y suficiente exactitud de los

análisis, se tuvo que trabajar con muestras de agua voluminosas. Por ello el equipaje para los análisis fue igualmente voluminoso y pesado.

Las dificultades sobre el terreno fueron considerables. Tanto los instrumentos como los reactivos se tenían que proteger del enorme calor, de las fuertes lluvias, de la humedad y de la humedad atmosférica, y los delicados instrumentos corrían peligro de dañarse durante el transporte.

Únicamente se pudieron observar ocasionalmente averías en los electrodos de los instrumentos medidores de pH, de los cuales algunos se rompieron durante el transporte. Todos los electrodos se volvían a calibrar cada día.

Hubo dificultades en las mediciones de campo de cloruros. No coincidían en absoluto las mediciones realizadas según el método del Lovibond-Komparator, a base de sulfocianuro de mercurio-II, y la medición colorimétrica con nitrato de plata. Dado que, posteriormente, los valores de cloruro medidos en el laboratorio coincidían mejor con los valores establecidos sobre el terreno mediante el método colorimétrico, se rechazaron los análisis Lovibond con sulfocianuro de mercurio.

Los controles de las mediciones de campo directas se llevaban a cabo la misma noche en el campamento. Las muestras para los análisis de laboratorio se obtenían en nuevas botellas de polietileno, sin entrada de aire, y se conservaban en cloroformo. Las

muestras para la medición del carbono orgánico se soldaban en ampollas en el mismo lugar de la recogida. Doy las gracias a los Tetra-Werke de Melle por los análisis de las muestras de agua procedentes de Sri Lanka y Tailandia, y a la empresa Dupla-Aquaristik de Bielefeld y a los Degussa-Werke de Hanau por las mediciones de las muestras procedentes de Borneo y Malasia. Al Dr. Rolf Geisler le estoy agradecido por la mediación para poder hacer analizar muestras de agua con vistas a su contenido de cloruro, potasio, sulfato y carbono orgánico en el Instituto Químico de la Universidad de Friburgo.

### Metodología

En detalle se utilizaron los siguientes procedimientos analíticos:

#### Mediciones de campo

Conductividad:	Medidores de conductividad WTW LF 54 y LF91
pH:	Medidores de pH WTW pH 54 y pH 91
Oxígeno:	Colorimetría (método Winkler) y WTW OXI 91
Grado hidrotimétrico:	Titriplex B Muestra: 100 ml
Capacidad de formar enlace ácido (CEA):	Ácido clorhídrico 0,1 N contra naranja de metilo Muestra: 100 ml

Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ):	Hidróxido sódico contra fenolftaleína Muestra: 200 ml
Cloruro:	1. Lovibond-Komparator con sulfocianuro de mercurio-II Muestra: 50 ml 2. Nitrato de plata 0,1 N contra cromato potásico Muestra: 100 ml
Amonio (NH <sub>4</sub> ):	Lovibond-Komparator con reactivo de Neßler Muestra: 50 ml
Nitrato:	Utillaje de acuariología
Nitrito:	Utillaje de acuariología
Hierro II y III:	Lovibond, según el método de la o-fenantrolina Muestra: 20 ml

#### Análisis en el laboratorio

Las determinaciones de los metales se llevaron a cabo mediante el análisis EAA (Espectroscopia de absorción atómica); el nitrógeno se determinó en su forma amoniacal mediante el análisis de Kjeldahl. El contenido de cloruro se determinó mediante argentometría (Degussa) y mediante el análisis de dilución de isótopos según Klockow, D. H. Denzinger y G. Röncke (Universidad de Friburgo).

El método citado en último lugar se aplicó también en Friburgo para la determinación de sulfatos, es decir, siguiendo el método de precipitación de Degussa. El fosfato se determinó por colorimetría y el bicarbonato por acidimetría. En Degussa se determinó el carbono orgánico mediante el análisis TOC y en la Universidad de Friburgo mediante el método de cromatografía de gases.

En la determinación de manganeso, amonio y fosfato en algunos casos, y pese a los minuciosos procedimientos analíticos utilizados, sólo se pudo constatar que no se superaba el valor límite analizable.

En algunos oligoelementos la indicación cuantitativa se da en ppb, lo que significa "partes por billón" y equivale a  $10^{-9}$ ; así tenemos por ejemplo, que 1 ppb = 1 gamma de oligoelemento por 1 litro de agua, siendo 1 gamma =  $10^{-3}$  mg.

### Explicación de los símbolos

<	= menor que
>	= mayor que
o	= no demostrable
—	= no examinado, o no examinable a causa de perturbaciones
mg/l	= miligramos por litro
ppm	= partes por millón
ppb	= partes por billón
µS/cm	= conductividad eléctrica en microsiemens
gH/dH	= dureza total en grados hidrotimétricos
CEA	= capacidad de formar enlace ácido
DC	= dureza de carbonato
CO <sub>2</sub>	= dióxido de carbono
O <sub>2</sub>	= oxígeno

### Nutrientes principales:

Ca <sup>2+</sup>	= calcio
Mg <sup>2+</sup>	= magnesio
K <sup>+</sup>	= potasio
Na <sup>+</sup>	= sodio
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	= bicarbonato
C	= carbono
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	= sulfato
S	= azufre
Cl <sup>-</sup>	= cloruro
PO <sub>4</sub>	= fosfato
P	= fósforo
NO <sub>3</sub>	= nitrato
NH <sub>4</sub>	= amonio
Fe	= hierro

### Oligoelementos:

Mn	= manganeso
Cu	= cobre
Zn	= cinc
Li	= litio
Co	= cobalto
Ni	= níquel
Ti	= titanio
Sn	= estaño
Mo	= molibdeno
B	= boro
Al	= aluminio
I	= yodo

## Aguas con plantas en Sri Lanka

En la tabla 3 se han recopilado los valores de las aguas con plantas examinadas en Sri Lanka. En el transcurso del libro se evaluarán estos resultados. Con respecto a los análisis del agua, baste en este punto caracterizar brevemente los lugares de los que se sacaron las muestras, así como indicar las plantas que crecen en ellos.

### Biotopo 1: Nellunkulia

Río: Deduru Oya

Plantas: *Aponogeton ulvaceus*, *Barclaya longifolia*, *Cryptocoryne walkei* (*C. lutea*), *Ottelia alismoides*

El Deduru Oya es un río relativamente grande en el oeste de Sri Lanka. El biotopo examinado está situado en las proximidades de la aldea Nellunkulia, en el distrito de Battulu Oya, al norte de Chilaw. En realidad, las condiciones químicas del agua no son típicas para este país y se diferencian esencialmente de un río similar, grande y ancho, el Mahaweli Ganga, donde se halló *Cryptocoryne parva* y *C. x willisii*. En el agua de grifo se podrían medir valores parecidos; con una dureza de 13,5° dH ya se trata de un agua de dureza media.

Para poder acceder a las zonas ribereñas de este río, tuvimos que atravesar la espesa maleza de la jungla, antes de poder alcanzar los lugares en donde crecía *C. lutea*. Sobre el suelo resbaladizo y cenagoso crecían varios campos de plantas con flores (Foto pág. 18).

### **Biotopo 2: Batatota**

Riachuelo afluente del Kuru Ganga  
Plantas: *Potamogeton* spec., *Lagenandra ovata*

Se trata de un arroyo con aguas muy claras y corriente rápida, el cual carece de contaminación orgánica. En la orilla de dicho arroyo crecen a ambos lados espesos grupos de *Lagenandra ovata*. A excepción de varias especies de *Potamogeton*, en el lugar de donde se tomó la muestra de agua no se veían otras plantas acuáticas. Un año antes, en el mismo lugar crecía *Cryptocoryne wendtii*.

### **Biotopo 3: Pelmadulla**

Arroyo entre arrozales

Plantas: *Cryptocoryne petchii*, *C. wendtii*, *Potamogeton* spec., *Lagenandra ovata*, *L. lancifolia*

En realidad no se trata de un biotopo de *Cryptocoryne* típico. Sin embargo, a lo largo de 8 años se pudieron observar las mismas plantas, aunque están expuestas a la plena luz solar. La *Lagenandra ovata*, que crece en la orilla, proporciona algo de sombra a las plantas de este lugar a la salida y a la puesta del sol. *C. wendtii* gozaba de una situación favorecida por una iluminación intensa: las hojas son llamativamente avejigadas y están firmemente adheridas al suelo.

Además, cabe suponer que el granjero que vive en las proximidades cultiva las plantas que crecen aquí para la exportación (Foto pág. 18).

### **Biotopo 4: Pallegame**

Riachuelo afluente del Rakwana Ganga  
Plantas: *Cryptocoryne walkeri*

Este riachuelo situado en el distrito de Rakwana sólo llevaba poca agua cuando se tomaron las muestras, ya que no había llovido desde hacía unos 6 meses, aproximadamente. El cauce daba la impresión de estar contaminado orgánicamente por basuras. Las poblaciones de *C. walkeri* clareaban mucho, a diferencia del año anterior.

### **Biotopo 5: Bellana**

Arroyo de montaña junto a la aldea de Bellana, en el distrito de Alutgama

**Tabla 3**  
**Valores de las aguas con plantas analizadas en Sri Lanka**

Biotopo núm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Agua Fondo	turbia arcilloso	clara grava 6000	clara grava 50000	lig. turbia grava	clara grava	color óx. -	turbia fangoso 30000-50000	lig. turbia arcilloso 50000	arena/grava 50000	lig. turbia grava 10000	turbia fangoso 60000
Luz (lux)	-	6000	50000	-	-	-	30000-50000	50000	50000	10000	60000
Humedad atmosf.	66% = 24g/m <sup>3</sup>	78% = 24g/m <sup>3</sup>	67% = 22,5g/m <sup>3</sup>	60,5% = 23g/m <sup>3</sup>	72% = 26g/m <sup>3</sup>	-	70% = 24g/m <sup>3</sup>	82% = 22g/m <sup>3</sup>	82,5% = 23g/m <sup>3</sup>	68% = 22,2g/m <sup>3</sup>	60% = 26g/m <sup>3</sup>
Temp. del aire °C	33	30	32	33,5	29	-	32	27,5	28	30	36
Temp. del agua °C	29	27,5	26	28	25	-	27,7	26	25,6	24,5	31
Conductancia	760	22	148	498	19	509	38	36,5	410	196	3800
Grado hidrotimétrico	13,5	0,4	4,5	13,5	0,17	0,98	0,44	0,7	14,4	6,1	24,3
Cap. form. enlace. ác. medio)	3,1	1,9	1,85	6,2	0,06	0,44	0,26	0,26	5,14	2,3	0,42
DC	8,7	5,3	5,2	17,4	0,17	1,23	0,7	0,7	14,4	6,4	1,18
pH	7,8	7,7	7,8	8,0	5,7	6,5	6,6	6,8	6,9	8,0	6,6
Nutrientes											
CO <sub>2</sub>	mg/l 8,3	1,1	7,6	15,0	9,9	-	4,5	1,6	46,8	2,3	6,6
O <sub>2</sub>	mg/l 7,5	8,0	-	4,5	6,5	-	5,5	6,5	2,5	8,0	5,5
Ca <sup>2+</sup>	mg/l 49,9	1,4	18,9	69,5	0,7	4,3	1,8	3,4	55,4	23,5	29,6
Mg <sup>2+</sup>	mg/l 27,4	0,8	8,8	24,5	0,3	1,5	0,9	1,3	28,4	11,9	86,6
K <sup>+</sup>	mg/l 4,0	0,6	1,8	1,4	0,5	1,2	3,3	1,02	1,6	2,2	28
Na <sup>+</sup>	mg/l 92,4	1,7	3,7	30,6	2,24	4,5	4,8	2,4	5,5	6,9	708

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	188,5	24,4	112,9	376,4	3,6	26,8	15,9	15,9	313,5	140,3	25,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	12,5	0	0,5	13,4	1,8	1,8	1,9	1,44	1,9	2,4	278,4
S	mg/l	2,5	0,3	0,9	1,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	45
Cl <sup>-</sup>	mg/l	198,5	2,3	3,3	18,4	4,3	6,24	4,9	4,0	8,5	6,24	1200
PO <sub>4</sub>	mg/l	0,35	0,31	0,54	1,07	0,35	0,42	0,38	0,23	0,42	0,38	0,15
P	mg/l	0,11	0,1	0,18	0,35	0,11	0,14	0,13	0,08	0,14	0,13	0,05
NO <sub>3</sub>	mg/l	10,0	4,0	0,16	10,0	6	6,4	6,8	7,6	12	10	18,8
NH <sub>4</sub>	mg/l	0,1	0,1	0,02	1,4	1,3	-	>2,0	0,2	0,06	0,06	0,3
Fe saturado	mg/l	0,22	0,11	0,27	0,057	0,03	26,8	0,63	0,1	0,06	0,24	0,08
Oligoelementos												
Mn	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,7	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cu	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Li	ppb	<1	-	1	1	-	<1	-	-	<1,5	1	1,5
Co	ppb	7	-	<3	<3	-	<3	-	-	<3	<3	<3
Ni	ppb	24	-	12	<5	-	<5	-	-	<5	<5	<5
Ti	ppb	<50	-	<50	<50	-	<50	-	-	<50	<50	<50
Sn	ppb	<10	-	<10	32	-	<10	-	-	<10	26	24
Mo	ppb	<1	-	<1	<1	-	1	-	-	<1	<1	<1
B	ppb	20	-	12	16	-	11	-	-	12	4	480
Al	ppb	<3	-	25	<3	-	190	-	-	<3	22	28
I	ppb	300	-	275	140	-	220	-	-	320	310	160

Plantas: *Cryptocoryne thwaitesii*; *Lagenandra thwaitesii*

A este típico biotopo de *Cryptocoryne* no se puede llegar con tanta comodidad como a los embalses o "tanks". El camino a través del arroyo (no se puede ir por otro sitio) lleva por encima de piedras y árboles caídos. Sólo al cabo de horas de trepar trabajosamente hasta una altitud de unos 600 m, encontramos en los nichos de los cantos rodados las primeras, pero aún solitarias, *C. thwaitesii*, vecinas de una igualmente solitaria *L. thwaitesii*. Más arriba se pueden ver colonias más grandes de dos formas diferentes de *C. thwaitesii*: pardas y verdes. Cuando realizamos la expedición (septiembre de 1976) se estaba roturando el bosque en las alturas de la montaña, de modo que hay que temer lo peor para las colonias de *Cryptocoryne* en el futuro (Foto pág. 18).

### Biotopo 6: Nabadowa

Arroyo afluente del Palwatta-Ganga  
Toma de la muestra: directamente en una fuente de filtración  
Entorno de la fuente: pardorrojizo con marcados precipitados de Fe  
Plantas en el arroyo: *Aponogeton rigidifolius*, *Lagenandra ovata*  
El análisis del agua de este arroyo interesa, sobre todo, por el lugar de filtración claramente visible, en el cual el agua de la capa freática, con un elevado contenido de hierro, etc., penetra en el agua del arroyo, rica en oxígeno y se oxida, lo que se observa claramente por los precipitados a

modo de copos de color pardorrojizo (Foto pág. 35).

### Biotopo 7: Akmimana

Arroyo procedente del bosque de Kottawa en dirección a Galle  
Plantas: *Aponogeton rigidifolius*, *Lagenandra ovata*  
En realidad, este arroyo es conocido por la presencia de *Cryptocoryne thwaitesii*, pero esta planta ya no crece en ningún lugar. Recolectores profesionales lo despojaron de ellas e incluso allí donde el arroyo atraviesa los terrenos de un monasterio iban los recolectores de noche y robaban las plantas. Eso es lo que nos notificó un monje que vivía allí.

### Biotopo 8: Haloluwa

Isla en el río Mahaweli Ganga, cerca de Kandy  
Plantas: *Cryptocoryne parva*, *C. willisii*

Biotopos con plantas en Sri Lanka.

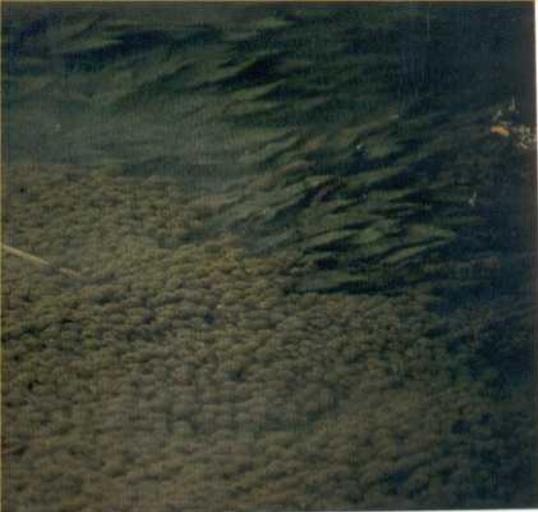
Parte superior izquierda: *Vallisneria asiatica* en un pequeño río cerca de Wategama (biotopo 10).

Parte superior derecha: *Aponogeton jacobsenii* en un riachuelo en los Horton Plains a 2200 m de altitud. También en este lugar se ve claramente la filtración de aguas subterráneas ricas en nutrientes, típica de los arroyos tropicales con plantas.

Centro: En Sri Lanka se encuentran *Cryptocoryne*, entre otras, *C. wendtii* (foto), *C. beckettii*, *C. x willisii* (*C. lucens*) ya directamente en las fuentes y manantiales (biotopo 9).

Parte inferior izquierda y derecha: *Aponogeton rigidifolius* en un arroyo afluente del Palwatta-Ganga. En este lugar se tomaron muestras de agua para analizarlas. Durante la entrada del afluente el hierro oxidado flocula en el agua de filtración (foto inferior derecha: biotopo 6).





Es un lugar conocido en la literatura por crecer *Cryptocoryne parva* y *C. willisii*.

Los habitantes dijeron que en el río, cerca de Haloluwa, había en el pasado *Cryptocoryne* que crecían muy espesas. Para encontrar en la actualidad las últimas reservas de esta planta, ya hay que acudir a las islas situadas en medio del río, a las cuales sólo se puede acceder cuando lleva poca agua pasando por encima de bloques de piedra. En la espesa maleza aún se hallan pequeños restos de estas especies de *Cryptocoryne*. Para los conocedores también son interesantes los ejemplares de *Podostemaceae*, que crecen sobre las piedras en los rápidos del río.

Las condiciones del agua de este río relativamente grande son sorprendentes. A diferencia del Deduru Oya (biotopo 1), la dureza total sólo es de 0,7° dH y el contenido salino, con 36 µS, es extremadamente bajo. Sin embargo, los exhaustivos análisis del agua confirman una presencia completa de nutrientes, incluidos los oligoelementos (Foto pág. 18 arriba a la izquierda y en el centro a la izquierda).

#### **Biotopos vegetales en Tailandia.**

**(Biotopo 12: Ban Lam Pi)**

**Parte superior izquierda:** *Limnophila* y *Cryptocoryne cordata* (*C. siamensis*).

**Parte superior derecha:** *Crinum thalictroides* recubre en este lugar las *C. cordata*, que crecen casi en la oscuridad.

**Abajo:** Cada primavera (enero/febrero) un blanco mar de flores de una especie de *Limnophila* recubre amplias zonas del arroyo. Entre ellas (en la parte central izquierda junto al borde de la foto) se encuentra *Utricularia*, de flores azules.

#### **Biotopo 9: Kawudupella**

Fuente y arroyo entre Nalanda y Ma-tele

Plantas: *Cryptocoryne beckettii*, *C. wendtii*

En Sri Lanka no es raro encontrar *Cryptocoryne* directamente en las fuentes y manantiales. En el lugar donde mana el agua de la fuente crecen frondosos grupos de *Cryptocoryne*. En otros manantiales se puede encontrar también *C. willisii* (*C. lucens*). En este caso, no fue posible identificar si se trataba de *C. wendtii* o *C. beckettii*, dado que no había flores.

Es fascinante mirar las nubes borbotantes e "hirvientes" de arena y agua y *Cryptocoryne*. Excepto *Cryptocoryne* nunca hallé otra clase de plantas en este manantial. ¿No indica esto claramente que *Cryptocoryne* prefiera un agua especialmente fresca y limpia (Foto pág. 35)?

#### **Biotopo 10: Wattegama**

Pequeño río cerca de Wattegama

Plantas: *Vallisneria asiatica*

Estas plantas de acuario, populares en todo el mundo, se encuentran en Sri Lanka como la especie *Wallisneria asiatica*. Con sus hojas, ligeramente helicoidales, es igual que *V. spiralis*. En un pequeño río, de 0,5 a 1,5 m de profundidad, crecen grandes campos de esta planta (Foto. pág. 35).

#### **Biotopo 11: Pamunugama**

Canal de aguas salobres (Hamilton Canal) situado al sur de la laguna de Negombo

Plantas: *Eichbornia crassipes*, *Aponogeton crispus*, *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*, *Limnophila*, *Nymphaea*, *Salvinia*

He incluido este canal de aguas salobres en mis análisis del agua porque posee un número extraordinariamente elevado de especies vegetales. A. Radda, quien viajó en 1971 por Sri Lanka, ya describe este canal en su memoria "Ceylonfahrt - der Fische wegen" (Viaje a Ceilán - a causa de los peces), que apareció en 1972 en la revista "Vivarium". En las zonas ribereñas llanas, Radda encontró, entre otras, *Oryzias melastigma*.

## Aguas con plantas en Tailandia

Los análisis del agua realizados en el sur de Tailandia demostraron ser muy reveladores en lo referente a la búsqueda de las correctas condiciones de cultivo para plantas de acuario. Junto a Sri Lanka, en la península de Malaca un acuariólogo se encuentra sumamente a gusto y motivado. Partiendo, aproximadamente, de la ciudad portuaria de Ranong, situada en el istmo de Kra, el punto más estrecho entre el Mar de Adamán y el Golfo de Siam, siguiendo las estribaciones de los montes Tenasserim hasta la isla de Phuket, nos hallamos en una región de pluvisilva que alberga las más hermosas plantas de acuario (y también peces de acuario). Riachuelos claros y limpios fluyen desde las montañas al mar, no muy

largos todos ellos y fáciles de surcar. Hemos seguido algunos de estos riachuelos, entre Ranong y Phuket, desde su fuente hasta la desembocadura y siempre hemos vuelto a efectuar análisis, de manera que al final obtuvimos un aclarador "retrato" químico del agua. Y no sólo esto. A lo largo de un espacio de muchos años, seguimos yendo a los mismos riachuelos, seguimos su evolución, algunos de ellos desaparecían por completo como "arroyo de plántas"; otros los observábamos con preocupación, pero la mayoría todavía albergan hoy en día poblaciones vegetales y piscícolas sanas. Y, finalmente, los examinamos durante la época de lluvias, de sequía y la época seca intermedia, analizando el agua antes y después de los chaparrones. Pero para nuestros ulteriores experimentos con plantas no sólo nos interesan los riachuelos de aguas poco salinas, como los situados entre Ranong y Phuket, sino también los que son más ricos en sales, los cuales proceden de las zonas de calizas entre Changwat Phangnga y Changwat Krabi. Y, finalmente -al igual que en Sri Lanka- volvimos a estudiar los afloramientos de aguas de filtración, directamente en el punto de contacto y un poco riachuelo abajo.

Con estos controles del agua, frecuentes y repetidos, pretendíamos quitar a los análisis el carácter de instantánea química.

En este lugar no se pueden explicar todos los análisis que se llevaron a

**Tabla 4**  
**Valores de las aguas con plantas analizadas en el sur de Tailandia**

Biotopo núm.		12	13	14	15	16	17
Agua		clara	liger. turbia	turbia	clara	turbia	turbia
Fondo		grava /arcilla	grava /arcilla	-	grava	arcilla	grava /arcilla
Luz	(lux)	20000- 50000	800- 20000	5000- 20000	8000	-	-
Humedad atmosf.		82% = 26 g/m <sup>3</sup>	82% = 26 g/m <sup>3</sup>	66% = 28 g/m <sup>3</sup>	88,5% = 26 g/m <sup>3</sup>	100% = 24 g/m <sup>3</sup>	78% = 24 g/m <sup>3</sup>
Temp. del aire	°C	30,5	30	36	29	26	29,5
Temp. del agua	°C	25,2	25	25,8	27	24,2	24,5
Conductancia	µS	17,3	20,4	268	15	17	27
Grado hidrotimétrico	°dH	0,15	0,14	9,8	0,04	1,2	0,25
Capac. form. enlace ác.	(valor medio)	0,06	0,11	3,7	0,04	0,1	0,15
DC	°dH	0,17	0,31	10,4	0,11	0,3	0,4
pH		5,9	6,3	7,8	6,1	6,0	6,8
<b>Nutrientes</b>							
CO <sub>2</sub>	mg/l	8,8	8,3	5,4	11	11	5,5
O <sub>2</sub>	mg/l	4,0	6,0	6,5	4,5	7,0	7,0
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	0,5	0,8	53,6	0,7	7,0	1,0
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	0,2	0,3	9,9	0,3	0,4	0,5
K <sup>+</sup>	mg/l	1,0	1,6	0,4	0,15	1,1	1,1
Na <sup>+</sup>	mg/l	2,3	2,5	1,7	1,99	1,7	2,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,7	6,7	226	2,44	6,0	9,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0,6	0,6	1,2	0,3	0,3	0,6
S	mg/l	0,2	0,2	-	<0,1	<0,1	0,2
Cl <sup>-</sup>	mg/l	2,8	2,6	4,3	2,4	2,2	3,0
PO <sub>4</sub>	mg/l	0,23	0,31	0,37	0,08	0,77	1,15
P	mg/l	0,8	0,1	0,12	0,03	0,25	0,4
NO <sub>3</sub>	mg/l	5,0	5,6	2,0	4,6	7,6	6,0
NH <sub>4</sub>	mg/l	0,06	0,05	0,06	0,04	0,08	0,08
Fe saturado	mg/l	0,1	0,16	0,06	0,2	0,22	0,36
<b>Oligoelementos</b>							
Mn	mg/l	<0,02	<0,02	<0,002	<0,02	0,12	<0,02
Cu	mg/l	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	mg/l	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05

cabo en el transcurso de los años en el sur de Tailandia (véase tabla 4). Por supuesto, en los correspondientes comentarios en el transcurso de este libro se utilizarán y tendrán en cuenta.

A continuación, vamos a caracterizar brevemente los diferentes arroyos que se citan, es decir, aquellos cuyos análisis se publican. En la mayoría de casos el nombre de los arroyos o riachuelos se orienta por el pueblo (Ban) situado en sus proximidades. La palabra Khlong significa arroyo o riachuelo. Únicamente para el arroyo con las más hermosas colonias de *Barclaya longifolia* que he visto en mi vida, no se encontró nombre alguno de pueblo, por lo que le dimos el nombre de "Arroyo Barclaya – kilómetro 24". Por desgracia, este arroyo se cuenta entre aquellos en los que, unos años más tarde, ya no encontré ninguna planta intacta. Las aguas residuales las habían aniquilado por completo.

### **Biotopo 12: Ban Lam Pi – km 33**

Se trata de un "riachuelo de plantas" muy bonito y típico, que comienza con una cascada idílica en las montañas. Ya en su cauce superior aparecen las primeras *Cryptocoryne cordata* (*siamensis*), asociadas a *Barclaya longifolia*. Es nuestro "riachuelo-retrato", que investigamos desde la fuente hasta la desembocadura.

A lo largo de su curso crecen: *Cryptocoryne cordata*, *C. ciliata*; *Limnophila*, *Utricularia* (de flores azules), *Barclaya longifolia*, *Crinum*

*thaianum*, *Ceratophyllum demersum* y *Blyxa*.

Este riachuelo o arroyo siempre aparece en las publicaciones acuariológicas e ictiológico-científicas. Por ejemplo, el Dr. Rolf Geisler, Gottfried W. Schmidt y Satcha Sookvibul (1979) publicaron unas investigaciones llevadas a cabo sobre las poblaciones piscícolas de este arroyo. Más adelante volveré a remitirme a esta publicación (Foto pág. 36).

### **Biotopo 13: Ban Lam Kaen – km 46**

Este arroyo, que presenta los puntos más bellos con *Cryptocoryne cordata* (*siamensis*), lo llevo observando desde hace más de 17 años. Gracias a Dios, todavía en 1990 las colonias de plantas estaban magníficamente conservadas, pese a las roturaciones y plantaciones en sus más inmediatas proximidades.

Otras plantas: *Barclaya longifolia*, *Blyxa*.

A fin de ofrecerle al lector una idea de las poblaciones piscícolas de los arroyos del sur de Tailandia, damos la lista de los peces capturados en enero de 1984: *Aplocheilichthys panchax*, *Rasbora agriothena*, locha de ojos espinosos (*Acanthophtalmus kublii*), badis (*Badis badis*), *Danio regina*, *Anabas testudineus*, *Probarbus* y camarones (Foto pág. 53).

### **Biotopo 14: Ban Khlong Hin – km 139**

Arroyo claro, situado en las montañas calizas al norte de Krabi. Era de in-

terés para los estudios de las plantas por el hecho de que su composición hídrica es parecida al del agua del grifo en diversas regiones europeas.

En la zona del puente sobre la carretera no se veían otras plantas, a excepción de *Barclaya longifolia* y *Ceratopteris thalictroides*. Esperábamos encontrar *Cryptocoryne balansae*, que se había observado en años anteriores en ese mismo lugar.

### **Biotopo 15:**

#### **Ban Bang Muang – km 83**

Este arroyo con *Cryptocoryne cordata* está situado al sur de Takua Pa y atraviesa los terrenos de un monasterio. Pese a la contaminación por aguas residuales existe gran abundancia de plantas. Probablemente, la rápida corriente del agua disminuye los inconvenientes que las aguas residuales representan para las plantas.

Excepto *C. cordata* no hay otras plantas en el arroyo.

### **Biotopo 16:**

#### **Arroyo de Barclaya – km 24**

En el centro de la isla Phuket, junto al poste kilométrico 24 de la carretera nacional 4, observamos a lo largo de varios años un arroyo con colonias increíblemente frondosas y hermosas de *Barclaya longifolia*. Este arroyo atraviesa una plantación de caucho. Son típicas del mismo los intensos afloramientos de hierro, que se precipitan sobre las hojas y el fondo del arroyo formando copos de color rojo (Foto pág. 54).

### **Biotopo 17: Ban Sakhu (Phuket)**

Pequeño arroyo junto a la carretera que discurre a lo largo de la costa occidental de Phuket. En este arroyo descubrimos en 1974 por primera vez afloramientos de agua de elevado contenido de hierro. Les dimos el nombre de “fuentes de nutrientes”.

Plantas: *Limnophila indica*.

### **Biotopo con *Cryptocoryne albida***

Cuanto más al norte se llega, partiendo de Phuket en dirección a Rannong, tanto más se acerca uno a la región de las pluvisilvas tropicales con una pluviosidad muy alta. Es un territorio ideal para *Cryptocoryne*, ya que la humedad atmosférica raras veces baja del 80%. Eso permite a las *Cryptocoryne* desarrollar flores entre los períodos de lluvias intensas.

Esta región, situada alrededor de los 10° de latitud, posee algunos arroyos a los que no han llegado los recolectores de plantas. Es posible que, si se investiga a conciencia, se hagan algunos descubrimientos sorprendentes.

Vamos a hablar aquí de dos ríos de este territorio, los cuales despertaron nuestro interés especialmente por la estructura de su suelo. Ambas corrientes de agua, de 4 a 6 m de ancho y con un nivel bajo durante la época de sequía, nos sorprendieron por unas grandes extensiones de *Cryptocoryne albida* en dos formas, una de color verde y una parda (antiguamente *C. costata*), así como con numerosas flores.

El fondo, formado principalmente por grandes guijarros de hasta 10 cm de diámetro, nos deparó una sorpresa especial. En los intersticios se había depositado fango pardorrojizo (Foto pág. 71).

Casi no pudimos sacar plantas sin dañarlas (era necesario utilizar una herramienta). Eso indicaba que las raíces llegaban a mucha profundidad. Cuando trabajábamos en el lecho, el agua era atravesada por “nubes” de barro de color pardorrojizo, una señal de que el material del fondo era ferruginoso, lo que confirmaron los posteriores análisis del mismo.

A lo largo de muchos años regresé varias veces a ambas corrientes de agua, tanto en la época de sequía como en la de lluvias. Llama la atención el hecho de que las *Cryptocoryne* se convierten en “plantas terrestres” durante la época de sequía, cuando el nivel de agua desciende. Durante la época de sequía las plantas expuestas sin protección alguna a la luz solar se secan y desaparecen por completo, pero cuando comienza la época de lluvias vuelven a crecer tan lozanas como siempre.

Finalmente hallé la solución a este enigma cuando traté de sacar del fondo de guijarros gruesos, con la ayuda de una pala y un rastrillo, una planta entera con raíces incluidas: la planta se componía de un 95% de raíces y de apenas un 5% de hojas. Véase la foto de la página 71.

Además de *C. albida*, también crecen en este lugar *Crinum thaianum*, *Blyxa*, *Utricularia*, *Barclaya longifolia* y *Ceratopteris*.

Por desgracia no nos fue posible llevar a cabo un exhaustivo análisis del agua en este lugar.

Al análisis del fondo de la página 65, añadimos seguidamente unos pocos datos del breve análisis del agua:

---

Temperatura del agua: 28,9°C

pH: 7,2-7,3

Conductancia:  $\mu$ S 22,5

Dureza total: dH 0,2

Dureza de carbonato: dH 0,1

Oxígeno: 10,0 mg/l

Hierro II + III: 0,1 mg/l

Nitrato: 0

Fosfato: no detectable

---

Hacia las 14.00 horas, la radiación solar que incidía directamente a las *Cryptocoryne* era de 30000 lux.

## **Aguas con plantas en Malasia Occidental**

En el estado de Perak en Malasia Occidental hay dos arroyos que me fascinan desde hace muchos años, ya que son acuariológicamente muy interesantes. No sólo a causa de sus espesas y hermosas poblaciones de plantas, sino también por su gran riqueza en peces de acuario. Su característica especial: agua de intenso color pardo oscuro aunque clara, con una composición química asombrosa (Foto pág. 72).

### **Biotopos 18 y 19: Dos arroyos de agua "negra" cerca de Bukit Merah**

Estos dos arroyos están situados unos 90 km al sur de Penang, a medio camino entre Selama y Taping. En el transcurso de esta descripción, daré a estos dos arroyos los nombres de "arroyo 1" (tabla 5, núm. 18) al situado al norte y "arroyo 2" al situado al sur.

Ambos arroyos proceden de una jungla pantanosa y, posiblemente, tengan un origen común, ya que los datos químicos coinciden perfectamente. Yo estuve junto a estos arroyos en agosto de 1979, agosto de 1980 y enero de 1984.

De ambos arroyos se llevó a cabo un exhaustivo análisis del agua en 1980, el cual está reproducido en la tabla 5. Una característica llamativa es el bajo pH de ambas corrientes de agua, típico de las aguas "negras", entre las que se han de contar las dos. Es digna de mención la baja dureza del agua, la baja conductancia y una capacidad de formación de enlaces ácidos de prácticamente 0.

Además, es asombrosa la exacta coincidencia en los análisis del agua en el arroyo 2 (biotopo 18) efectuadas en los años 1980 y 1984; la tabla 6 de la página 45 confronta ambos análisis.

Para estas condiciones extremas del agua, sorprenden las ricas poblaciones vegetales y piscícolas, sobre

todo las espesas colonias de *Cabomba caroliniana* y *Barclaya motleyi*, que crecen en el agua de color pardo oscuro, como de té. Caminando río arriba por el cauce del arroyo 2 se encuentran extensos "bosques" de *B. motleyi*. Aproximadamente a unos 50 a 100 m más arriba se halla uno en un verdadero paraíso de *Barclaya*. Dado que *Cabomba* es de origen americano, cabe suponer que hace años los exportadores de plantas la dejaron en este lugar, donde las excelentes condiciones de crecimiento la ayudaron a conseguir esta frondosidad. Además de estas plantas, también crecen aquí *Utricularia*, de flores amarillas, *Blyxa* y, naturalmente, *Cryptocoryne*. El haz de color verde y el envés rojizo, así como su aspecto hacen suponer que se trata de *C. cordata*, mientras que la otra especie fue determinada por el profesor Dr. Niels Jacobsen, a causa de sus flores, "sin duda alguna" como *C. zewaldiae*.

También resultó altamente asombrosa la cantidad de peces que capturaron mis amigos Herbert Bader y el Dr. Rainer Ottinger. Para mí, como "acuariólogo especializado en plantas" fue una lista sorprendentemente variada y rica en especies. La tabla 7 de la página 45 muestra una lista detallada de los peces capturados. El señor M. Kottelat, de Basilea, clasificó tanto el material conservado como el vivo.

**Tabla 5**  
**Valores de las aguas con plantas analizadas en Malasia Occidental y en Borneo**

Biotopo núm.	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Agua	pardosc.	pardosc.	pardoturbio	turbia-arcillosa	arcillosa, color crema	parda	turbia	turbia	arcillosa	
Fondo	grava/arcilla	grava/arcilla	cenagoso	arcilloso-fangoso	—	arcilla	arcilla/grava	grava/arcilla	arcilla	
Luz	—	—	100–1000	50–1000	10 000–20 000	2000–50 000	10 000–50 000	8000–60 000	50 000	
Humedad atmosf.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Temp. aire °C	28	28	30	28	32	29	31	27	28	
Temp. agua °C	25,5	25,5	24,5	27	27	34	29	25	25,5	
Conductancia µS	18	17	36	8	32	526	46	28	33	
Grado hidrotimétrico °dH	0,25	0,25	0,2	0,15	0,8	3,8	1,4	1,0	1,0	
Capac. form. enlace ác. (valor medio)	n. d.	n. d.	n. d.	0,2	0,45	0,7	0,6	0,3	0,25	
DC °dH	—	—	—	0,6	1,3	2,0	1,7	0,8	0,7	
pH	4,4	5,2	4,2	5,7	6,6	6,7	7,2	6,9	6,5	
<b>Nutrientes</b>										
CO <sub>2</sub>	mg/l	11,0	7,5	6,0	7,1	5,0	2,8	3,3	4,5	—
O <sub>2</sub>	mg/l	4,5	3,0	3,5	6,2	5,3	—	5,8	7,0	—
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	0,6	1,0	1,2	1,3	4,8	8,6	7,6	2,4	3,0
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	0,14	0,25	0,1	0,2	0,6	11,0	0,8	1,2	1,6
K <sup>+</sup>	mg/l	1,0	0,8	0,4	0,4	0,6	3,8	1,0	0,8	1,0
Na <sup>+</sup>	mg/l	3,3	2,2	3,4	3,2	4,3	19,0	1,5	3,2	3,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<1,0	6,0	4,9	12,0	27,5	43	37	18	22
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01
S	mg/l	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl <sup>-</sup>	mg/l	2,3	2,5	2,5	1,9	2,1	165	1,4	1,9	3,4
PO <sub>4</sub>	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P	mg/l	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NO <sub>3</sub>	mg/l	0	0	—	—	—	—	—	—	—
NH <sub>4</sub>	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Oligoelementos</b>										
Fe saturado	mg/l	0,5	0,25	0,95	1,5	1,5	1,2	0,7	0,5	1,8
Mn	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
C orgán.	mg/l	15	10	35	<10	<10	<10	<10	<10	<10

**Tabla 6**  
Análisis del agua del arroyo Bukit Merah

		8/80	1/84
Temperatura del agua	°C	25,5	24,8
Conductancia	µS	18	18
pH		4,4	4,4
Dureza total	°dH	0,25	0,25
Capac. de form. enlace ácido	°DC	0	0
Hierro Fe (II + III)	mg/l	0,5	0,8
Nitrato NO <sub>3</sub>	mg/l	0	0
Fosfato PO <sub>4</sub>	mg/l	n. d.	n. d.
Determinación del CO <sub>2</sub> :			
Sin airear	mg/l	22,0	22,0
Aireado (CO <sub>2</sub> libre)	mg/l	11,0	11,0
Resto: ácidos orgán.	mg/l	11,0	11,0
Oxígeno O <sub>2</sub>	mg/l	4,5	3,5

**Tabla 7**  
Especies piscícolas en el arroyo 2 de Bukit Merah

<i>Barbus eugrammus</i>
<i>Barbus johorensis</i>
<i>Barbus pentazona</i>
<i>Betta pugnax</i> (Cantor, 1850)
<i>Cyclocheilichthys apogon</i> (Barbo de río de la India)
<i>Dermogenys pusillus</i> (Dermogenis)
<i>Hemirhamphodon pogonognathus</i>
<i>Kryptopterus bicirrbis</i> (Pez gato de cristal)
<i>Kryptopterus kryptopterus</i>
<i>Luciocephalus pulcher</i>
<i>Osteochilus spilurus</i>
<i>Parosphromenus deissneri</i> (Gurami enano magnífico)
<i>Rasbora agilis</i>
<i>Rasbora kalochroma</i>
<i>Sphaerichthys osphromenoides osphromenoides</i>
<i>Trichogaster trichopterus</i> (Gurami azul)
<i>Trichopsis pumilus</i> (Gurami gruñidor enano)

## Aguas con plantas en Borneo

Si se examina qué plantas de acuario proceden de Borneo, nos topamos, además de la *Cryptocoryne* y algunas cosmopolitas como *Ceratophyllum* y *Lemna*, con *Najas malesiana*; y J. Schulze menciona, además, *Crinum northbianum*. No obstante el género *Cryptocoryne* forma un considerable listado. Sin embargo, todas estas plantas de Borneo no son aptas para acuarios. Ya los nombres son muy desacostumbrados y nos revelan que no están precisamente muy representadas en acuarios: *Cryptocoryne auriculata*, *C. ferruginea*, *C. fusca*, *C. grabowskii*, *C. longicauda*, *C. pallidivervia*, *C. striolata* (conocida también como *C. gracilis* y *C. ongi*), así como *C. zonata*. A ellas se añaden, además, algunas más conocidas, tales como *C. lingua*, *C. bullosa*, *C. pontederiifolia* y *C. ciliata*, dándose las dos últimas no sólo en Borneo. Aquí únicamente vamos a mencionar que este listado trata sólo de las *Cryptocoryne* que crecen en la región septentrional, en el estado de Sarawak perteneciente a Malasia. La región mayor indonesia de Borneo, llamada Kalimantan, presumiblemente ofrezca una variedad de especies aún más extensa.

Se impone la cuestión de cómo se deben cuidar, es decir, cultivar, las *Cryptocoryne* de Borneo. ¿Se pueden tener realmente en acuarios o es preferible renunciar a ellas, a fin de no provocar ninguna importación inne-

cesaria? Es del todo posible que sus condiciones de vida se hallen muy lejos de lo que podemos ofrecerles en acuarios o en cultivos emergidos. Hay que poner en claro la cuestión de si las *Cryptocoryne*, que con frecuencia son endémicas, se han adaptado a unas condiciones de agua y suelo absolutamente especiales, que sólo se dan en Borneo.

Por otra parte, es interesante comprobar si se pueden crear en el acuario unas condiciones que hagan justicia a las extremas condiciones de vida de estas plantas. Yo lo justifico por dos razones: 1) Las *Cryptocoryne* son —como hemos visto hasta ahora— plantas muy exigentes, a las que les gusta un agua clara y limpia. Si reconocemos con exactitud sus requerimientos, averiguaremos muchas cosas, lo que también podrá ser de provecho para las restantes plantas palustres y acuáticas que alojamos en los acuarios. 2) También en el norte de Borneo pudimos verlo con nuestros propios ojos: este país de desarrollo veloz (petróleo), de plantaciones forzadas (pimienta, piña americana, etc.) y de una industria maderera que les trae divisas, no tiene remilgos a la hora de tratar a sus selvas. Las excavadoras penetran en la selva a la fuerza bruta, las maderas son tratadas con ácidos y lejías y los ríos son contaminados sin consideración. Los peces y plantas mueren. Me atrevo a afirmar que más de una planta palustre y acuática (y no sólo esas) han sido aniquiladas antes de poder ser descubiertas.

¿No contribuiríamos a la conservación de la naturaleza si cultiváramos en acuarios algunas de ellas para, de esta manera, conservarlas para la posteridad? ¿Incluso para los propios habitantes de estas regiones? ¡Intentémoslo!

Veamos a continuación algunos de los típicos biotopos de Borneo. Los correspondientes análisis de las aguas se muestran en la tabla 5 (biotopos 20 a 26):

### **Biotopo 20: Jungla pantanosa con *Cryptocoryne grabowskii***

Ya al acercarse por vía aérea a la capital de Sarawak, Kuching, se reconoce el paisaje característico de las tierras bajas del norte de Borneo, atravesadas por los meandros de varios grandes ríos (Foto pág. 72). Entre ellos se halla la jungla pantanosa, atravesada por arroyos y ríos más pequeños. Entre Kuching y Matang llegamos a un arroyo, de unos 2-3 m de ancho, con espesa vegetación y al que fue difícil acceder, de aguas de intenso color pardo oscuro. No se pudo observar una orilla claramente marcada, ya que según el nivel de las aguas, inunda más o menos el terreno pantanoso de la jungla.

En este lugar crecen grandes colonias de *C. grabowskii*, en unas condiciones de iluminación que para un acuario se considerarían demasiado exiguas. En la superficie del agua medimos 400 lux, a 1 cm de profundidad 150 lux y a 10 cm de profundidad 80 lux. En las hojas de las

plantas, los valores lumínicos oscilaban entre 80 y 100 lux.

No resultó sorprendente que el pH fuera de 4,1 y que la dureza del agua sobrepasase apenas el valor 0, mientras que la conductancia era exactamente de 36  $\mu$ S.

### **Biotopos 21 y 22: Dos arroyos con influjo de pleamar y bajamar**

¡Pleamar y bajamar en un arroyo con *Cryptocoryne*! Dos veces al día numerosos arroyos van crecidos, en parte hasta 2 a 3 m por encima de su nivel normal, y en el intervalo de unas pocas horas vuelven a decrecer. ¿Cómo se explica eso?

El estado de Sarawak, situado en la costa norte de Borneo, ocupa un territorio del tamaño de Inglaterra y el País de Gales juntos. La mayor parte de Sarawak consta de una llanura baja o tierras bajas, atravesada por grandes ríos. Durante todo el año caen intensas precipitaciones sobre esta región. Entonces, las grandes masas de agua fluyen directamente al mar. Este poderoso sistema fluvial sufre asimismo la influencia de unas oscilaciones extraordinariamente fuertes en las mareas. En el río principal, el Sarawak, la marea alta aún se hace notar en Kuching, situada a 25 km del mar con unas diferencias de nivel de hasta 4 m.

Esta diferencia de niveles debida a las mareas actúa sobre todos los cursos de agua situados en su área de influencia. La subida de nivel de los grandes ríos comporta asimismo una

retención del agua de los más pequeños.

Más aún. Con la marea alta, tanto los grandes ríos como los pequeños inundan el territorio circundante. En las selvas unas oquedades a modo de canales de drenaje (como los de los diques en el Mar del Norte) se llenan de agua, que después vuelve a bajar, y son el hábitat de algunas plantas palustres y acuáticas, entre otras, de *C. lingua*, *C. fusca* y *C. ferruginea*.

El análisis de agua núm. 22 se efectuó sobre una muestra tomada en un arroyo con *C. lingua*, cerca de Pekan Kranji; el núm. 21, en una especie de canal, como los descritos arriba, cerca de Batu Kitang (cerca de Bau) (Foto pág. 72).

El suelo en dicho lugar cerca de Batu Kitang es sumamente cenagoso y cuando se pisa, uno se hunde hasta las rodillas en el fondo fangoso.

En estos lugares, el agua no presenta oscilaciones en el contenido salino durante y después del proceso de estancamiento del agua; o sea, el agua que se acumula es agua dulce pura. El viaje a estos territorios nos deparó dos sorpresas fundamentales: una hidroquímica y una física. Las condiciones de vida de los biotopos de *Cryptocoryne* examinados por nosotros se diferencian así considerablemente de los de Sri Lanka y Tailandia.

### **Biotopo 23:**

#### **Arroyo con *Cryptocoryne ciliata***

En el lugar donde crecía *C. ciliata* observamos un fenómeno idéntico, sólo que este lugar estaba mucho

más cerca del mar y también aquí el nivel del agua cambiaba cada 6 horas: dos veces al día crecida y dos descenso de las aguas. El agua es de color pardo intenso pero, a causa de la mezcla ya existente con agua de mar mostraba diferencias en su composición química. En el sur de Tailandia, por ejemplo, también se observan biotopos similares con *C. ciliata*.

Tal como muestra el análisis núm. 23, la conductancia es de aproximadamente 526  $\mu$ S, con unos niveles especialmente elevados de cloruro, sodio y bicarbonato.

En el biotopo de *C. ciliata* también encontramos peces conocidos por gustarles el agua ligeramente salobre: *Hemirhamphodon chrysopunctatus*, *Tetraodon fluviatilis* y *Brachyogobius xanthozona* (Foto pág. 72).

#### **Biotopo 24:**

#### **Arroyo con *Cryptocoryne* de Borneo en el centro del país**

Entre las consideraciones acerca de las condiciones de vida de las *Cryptocoryne* existentes en el norte de Borneo, también vamos a incluir aquellas que viven más en el interior del país. El conocedor de Borneo Henry Ong nos recomendó estudiar la región alrededor de Muara Mongkos, a 275 km al sur de Kuching y cerca de la frontera indonesia, y analizar las aguas alrededor de Pakan, cerca de Sarikei.

Llegados al arroyo que habíamos tomado como objetivo (biotopo 24), nos encontramos en el hábitat origi-

nario de *Cryptocoryne striolata* y, además, ésta nos premió con plantas en flor. El arroyo, de unos 6 m de ancho, llevaba aguas turbias y con barro, probablemente debidas a lluvias caídas río arriba o, tal vez, a sedimentos de los cultivos en las plantaciones (Foto pág. 72).

#### **Biotopos 25 y 26:**

#### **Arroyos con *Cryptocoryne bullosa* y *C. striolata***

En la región de Pakan, a 45 km de Sarikei, trabamos conocimiento con este pequeño río con *C. bullosa* (análisis núm. 25), cuyo entorno todavía estaba en regla, así como con un pequeño arroyo en las lindes de una zona roturada para un pimental. El arroyo se hallaba a pleno sol y de los campos penetraban en el agua gruesas "nubes" de barro y las *C. striolata* que crecían en él (Mr. Ong hablaba melancólicamente de su "*Cryptocoryne ongi*", que aún quería salvar) estaban ya sumamente cubiertas de lodo (análisis núm. 26).

### **¿Qué nos enseñan los biotopos naturales para el cuidado de plantas acuáticas en el acuario?**

Nuestras investigaciones, realizadas a lo largo de décadas en los biotopos naturales de las plantas de acuario, deben aportar el material básico para sacar consecuencias acerca del cuidado de estas plantas en acuarios. Para eso, primero tuvimos que ela-

borar convenientemente las cifras de los análisis. Y dado que no existe una ciencia acuariológica propia, nos servimos de los métodos de la hidrobotánica para llevarlo a cabo.

Por ejemplo, con los datos disponibles se puede calcular la denominada combinación iónica estándar y compararla con las condiciones que se dan en los acuarios, es decir, nos informamos acerca de la relación de los diferentes iones entre sí.

Pero todo eso no es suficiente. Hemos de resaltar y meditar la diferencia estructural entre las aguas naturales y el acuario. Al hacerlo, topamos con diversos problemas en el cultivo en acuarios que aquí son básicamente distintos que en los cursos de agua naturales. Entre otras cosas los principales nutrientes, nitrógeno y fósforo, se hallan en exceso en el acuario, llegando incluso a convertirse en un factor problemático. A continuación, nos encontramos la presencia de ácidos orgánicos o ácidos húmicos y su función en el metabolismo de nutrientes de las plantas acuáticas. También en este caso, la situación en el acuario es diferente. Y, no en último lugar, está el gran abanico de problemas  $\text{CO}_2$ -bicarbonato-pH. A todo ello se añaden aún los grandes problemas referentes a la luz y al sustrato del fondo.

Ante todo, tenemos que recopilar y ordenar los ámbitos problemáticos a examinar, obteniendo como resultado once complejos:

2. Combinación iónica estándar
3. Posición especial de los nutrientes principales nitrógeno y fósforo
4. Hierro y oligoelementos
5. Fuentes naturales de nutrientes
6. Contenido de hierro no homogéneo
7. Compuestos orgánicos en el agua
8. pH, aporte de  $\text{CO}_2$  y carbonatos
9. Luz como factor energético
10. Sustrato del fondo del biotopo de la planta
11. Suelo de laterita

### **Diferencias estructurales entre el biotopo natural y el del acuario**

No se debe incurrir en el error de creer que un agua de acuario sintética, preparada conforme a los datos químicos de que ahora se dispone, será saludable para las plantas que se cuidan en él. Si bien la técnica del procedimiento no causa problema alguno, el experimento no dará resultado, ni siquiera importando agua original procedente de los trópicos.

En el acuario, el agua se altera inmediatamente después de verterla en él y en pocos minutos el estado químico es distinto. Las plantas morirían por déficit de nutrientes y otros daños. ¿Por qué?

Una planta que crece en un arroyo dispone de una oferta absolutamente constante de nutrientes. Por más pobre en sales y blanda que sea el agua, todos los nutrientes se hallan disponibles en la misma cantidad y la misma proporción. Y todos los demás datos químicos son asimismo absolutamente constantes y estables. Incluso a lo

1. Diferencias estructurales entre el biotopo natural y el del acuario

**Tabla 8**  
**Análisis del agua de un arroyo con plantas en el sur de Tailandia, isla de Phuket**

Los análisis muestran que el suministro de nutrientes es bastante constante, aunque entre ambos análisis haya un intervalo de 10 meses.

		Nivel de agua normal	Estación seca
		Nov. 1974	Sep. 1975
Temperatura	°C	25,5	28,0
Conductancia	µS/18 °C	56	42
Dureza total	°dH	0,57	0,34
Capac. form. enlace ácido	mg/l	0,45	0,29
Dióxido de carbono libre	mg/l	13,3	11,0
Carbono orgánico	mg/l	—	3,4
Bicarbonato HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	27,4	17,8
Cloruro Cl <sup>-</sup>	mg/l	10,5	4,9
Fosfato PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0,13	0,09
Oxígeno O <sub>2</sub>	mg/l	7,0	5,8
pH		6,6	6,3
Hierro II + III	mg/l	0,52	1,10
Calcio Ca <sup>2+</sup>	mg/l	2,26	1,80
Magnesio Mg <sup>2+</sup>	mg/l	1,08	0,67
Potasio K <sup>+</sup>	mg/l	2,67	2,30
Sodio Na <sup>+</sup>	mg/l	7,30	5,90
Sulfato SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	1,5	0,39
Manganeso Mn	mg/l	0,4	0,2
Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,03	0,16
Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0	0

largo de muchos años, se puede observar esta estabilidad (véase tabla 8). El agua que permanentemente fluye procura unas condiciones absolutamente constantes.

¿Qué sucede en el acuario? Inmediatamente después del llenado; el oxígeno disuelto en el agua oxida y pre-

cipita determinados nutrientes y oligoelementos. Y parte de ellos es absorbida rápidamente por las plantas. Tanto el pH como el contenido en CO<sub>2</sub> y el oxígeno se alteran. Por otro lado, los peces sobrecargan el agua. Los compuestos de nitrógeno y otros aumentan, se acumulan y alteran sin cesar el quimismo. Y por más que se remueva el agua del acuario, en comparación con el volumen de un curso natural, es un diminuto charco. El biotopo del acuario tiene sus propias leyes y para que los cuidados de las plantas tengan éxito, hay que conocerlas y tenerlas en cuenta.

Otra diferencia estructural con respecto al biotopo natural estriba en que en el acuario falta el contacto con las aguas naturales. Las corrientes horizontales y verticales de las aguas subterráneas influyen en el hábitat natural de las plantas sobre el sustrato de fondo y sobre la oferta de nutrientes.

### Combinación iónica estándar

A fin de estudiar la composición de nutrientes vegetales en una superficie o curso de agua se utiliza la denominada combinación iónica estándar. Los limnólogos suecos Lohammar y Rohde, que examinaron numerosas aguas por todo el mundo, pudieron demostrar que no sólo son los iones disueltos en el agua de mar los que presentan una relación regular entre ellos, sino que también las aguas interiores (agua dulce) presentan una combinación iónica pre-

ferente de esta índole. Gessner (1959), que adoptó y continuó los trabajos de los limnólogos suecos, publicó la secuencia de los iones más importantes que todas las aguas interiores de la tierra contienen como promedio.

Cationes	%-val. med.
1. Calcio Ca	63,5
2. Magnesio Mg	17,4
3. Sodio Na	15,7
4. Potasio K	3,4

Aniones	%-val. med
1. Bicarbonato HCO <sub>3</sub>	73,9
2. Sulfato SO <sub>4</sub>	16,0
3. Cloruro Cl	10,1

Calcio y magnesio representan en el lado de los cationes, como sustancias alcalinotérreas, los llamados "formadores de dureza" (dureza total); en el lado de los aniones el bicarbonato es el responsable de la capacidad de formación de enlace ácido (dureza de carbonato).

**Tabla 9**  
**Composición iónica media (%-val. med.)**

	Tailandia	Sri Lanka	Borneo
<b>Cationes:</b>			
Ca	28,5	34,9	33,6
Mg	11,3	27,6	13,4
Na	46,9	33,3	48,8
K	15,1	4,2	4,2
<b>Aniones:</b>			
HCO <sub>3</sub>	51,6	71,4	76,9
SO <sub>4</sub>	5,8	4,9	0,1
Cl	47,0	23,8	23,1

Nuestros análisis del agua tenían la finalidad, entre otras, de determinar las aguas originarias de las plantas de acuario con respecto a su composición iónica, a fin de sentar las bases para una nutrición efectiva de las plantas.

De los datos de los análisis calculamos la composición iónica de los biotopos examinados y obtuvimos una interesante comparación entre los valores medios de los países que habíamos recorrido (tabla 9). Estos resultados cobran interés si comparamos la secuencia de las frecuencias de los iones en el agua con los valores medios del agua del grifo.

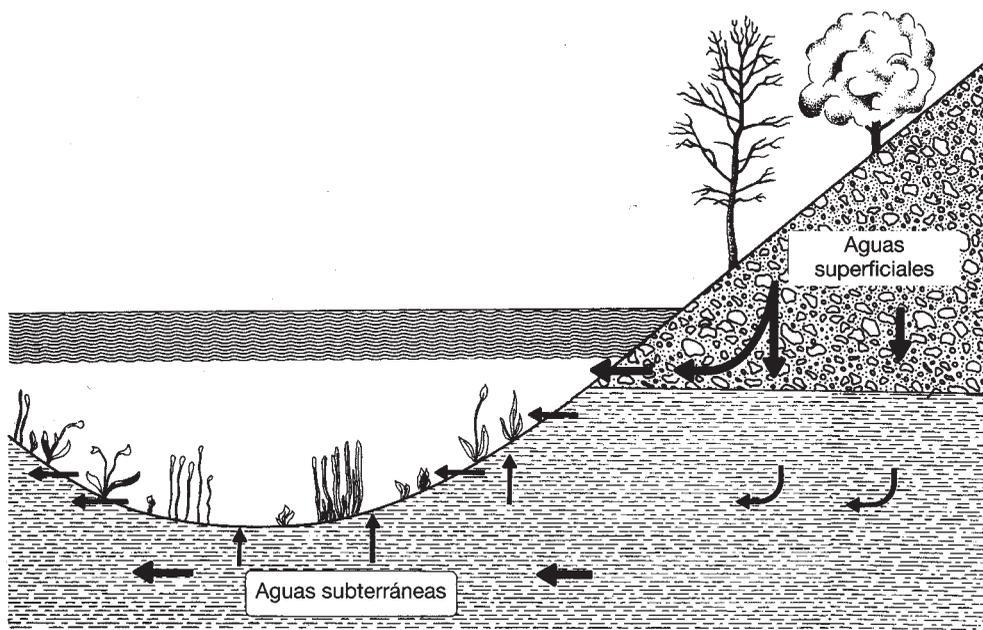
Secuencia de los iones estándar en los arroyos de *Cryptocoryne*.

Agua del grifo	Ca > Mg > Na > K / HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl
Ceilán	Ca > Na > Mg > K / HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>
Tailandia	Na > Ca > K > Mg / HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>
Borneo	Na > Ca > Mg > K / HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub>

Ya en este punto podemos reconocer algunas diferencias esenciales y tenemos puntos de referencia sobre dónde reforzar el abonado de las plantas.

1. El contenido de potasio es claramente inferior en el agua del grifo que en las aguas naturales, en muchos lugares falta por completo. Pero el potasio es un nutriente importante para las plantas.

2. La comparación de la secuencia de iones muestra que la relación iónica de las aguas cingalesas es la que se



**Fig. 2.** El fondo de las aguas naturales es constantemente atravesado por el agua. Las aguas subterráneas fluyen tanto horizontal (sentido de la corriente) como verticalmente debido a las variaciones de su nivel. En los acuarios que carecen de calefacción en el fondo, el agua queda "estancada" sobre el mismo. En tal caso existe el peligro de que se formen zonas fuertemente anaerobias, partes en las que el sustrato del fondo se vuelve negro.

aproxima más a la del agua de nuestros grifos. ¿Cabe que se encuentre aquí la explicación de que, por ejemplo, las *Cryptocoryne* procedentes de Sri Lanka sean todavía las plantas más fáciles de cuidar en un acuario?

3. Las aguas de Borneo muestran un contenido de sulfatos extremadamente bajo. La cantidad absoluta, en siete de nueve muestras analizadas, fue equivalente al valor límite inferior de 0,01 mg/l. Aquí aparece la cuestión de si las *Cryptocoryne* de Borneo son sensibles a las sulfamidas.

4. La proporción de cationes bivalentes (formadores de dureza) respecto a los monovalentes no es tan desfavorable en ningún curso de agua natural como lo es en el agua de nuestros grifos, tal como nos lo muestra la siguiente tabla (Véase página 55).

#### **Biotopo de *Cryptocoryne* en Tailandia.**

(Biotopo 13: Ban Lam Kaen)

El arroyo con *Cryptocoryne cordata* (*siamensis*) durante la estación seca en enero. Entre las *Cryptocoryne* se encuentran también ejemplares aislados de *Barclaya longifolia*.





Cationes	bivalentes	:	monovalentes
Agua del grifo	83	:	17
Tailandia	40	:	60
Sri Lanka	62	:	38
Borneo	47	:	53

Lo que más vuelve a aproximarse al agua de grifo es nuevamente la de Sri Lanka. En el caso de las aguas de Tailandia se podría hablar de un tipo de agua K/Na, en el del agua de grifo de un típico Ca/Mg y en el de Sri Lanka de un tipo moderado de agua Ca/Mg. La relación entre los iones monovalentes y los bivalentes en el agua tiene efectos sobre la fisiología celular de las plantas. El potasio y el calcio actúan como antagonistas sobre el protoplasma, dado que los iones K elevan el grado de hinchamiento y los iones Ca lo reducen.

5. La relación entre la dureza total y la dureza de carbonato es igualmente

#### Biotopos vegetales en Tailandia.

Parte superior izquierda: El mismo sitio del arroyo con *C. cordata* (pág. 54), esta vez durante la estación de lluvias. El agua arrastra las hojas y los restos vegetales.

Parte superior derecha: *C. cordata* (*siamensis*), que crecen en el Khlong Daeng (daeng = rojo).

Centro izquierda: Flor de *C. cordata* (*siamensis*).

Centro derecha: Vista de la colonia de *C. cordata* junto al mismo arroyo cuando éste lleva el nivel normal de agua. En este lugar se tomó la muestra del suelo núm. 6 (tabla 12).

Parte inferior izquierda: *C. ciliata* en la zona de la desembocadura de este mismo arroyo.

Parte inferior derecha: "Arroyo de Barclaya", junto al poste kilométrico 24 (biotopo 16) en la isla de Phuket.

desacostumbrada en las aguas naturales si la comparamos con la del agua de grifo.

En casi todas las regiones estudiadas la dureza de carbonato era "aparentemente" mayor que la dureza total, incluso en las aguas que estaban próximas a las montañas calizas. Eso se explica por el hecho de que en las zonas tropicales el bicarbonato se da con cationes monovalentes, o sea con potasio y sodio, que no producen dureza en el agua. El contenido relativamente elevado de CO<sub>2</sub>, que siempre se observa, procura una suficiente estabilidad en este complicado equilibrio calcio-dióxido de carbono.

Vamos a dejar claro lo siguiente: la proporción de iones en el entorno de las plantas sumergidas desempeña un papel importante en su desarrollo. El significado que un nutriente tiene para la planta no sólo está determinado por la cantidad del mismo, sino ante todo también por el medio químico en el que se halla.

#### La posición especial de los nutrientes principales nitrógeno y fósforo

Estos dos nutrientes principales del metabolismo vegetal se comportan en el acuario de manera absolutamente contraria a su presencia en las aguas tropicales naturales. Mientras que la mayoría de nutrientes principales (calcio, magnesio, sodio, azufre, carbono) están presentes en las aguas tropicales en cantidad suficiente (de 1 a 100 mg/l), los dos nutrientes tan importantes para la formación de

proteínas, nitrógeno y fósforo, a menudo sólo se encuentran en concentraciones muy bajas, muy por debajo de las de algunos oligoelementos.

En las aguas que no están contaminadas su contenido oscila entre 0,01 y 0,1 mg/l. En las aguas de Borneo los valores de nitrato eran inferiores a 0,01 mg/l, los de fosfato aún más bajos.

En el curso de su larga evolución, las plantas acuáticas se han adaptado a esta situación y han desarrollado la capacidad de cubrir sus necesidades de nitrógeno y fósforo con los rastrojos más exigüos de dichos elementos.

En la bibliografía botánica especializada siempre se vincula esta capacidad con los denominados hidropotes. Los hidropotes, literalmente "bebedores de agua", que sólo existen en las plantas acuáticas verdaderas, tienen la capacidad de absorber selectivamente aniones. Con ayuda de estos "capturadores de aniones" las plantas sumergidas son verdaderamente capaces de absorber aniones, o sea nitrato y fosfato, incluso de diluciones extremas como por ejemplo 1 : 100.000.000.

En el acuario, las plantas sumergidas se hallan ante la situación contraria: las plantas acuáticas dotadas de un "equipo" tan sensible, se ven confrontadas con unas cantidades de nitrato y fosfato que para algunas resultan tóxicas. Stengel (1978) menciona informes de investigaciones en los que un contenido de sólo 60 µg/l

de  $\text{PO}_4$  demostró ser tóxico, aunque aquí hay diversos grados de tolerancia.

Sin embargo, hasta ahora, en la bibliografía y la investigación acuarológicas se ha tratado este problema de una manera más bien resignada, dado que la estructura del acuario impide todas las medidas para contrarrestarlo. Por fin se conformaron con este "defecto de nacimiento" del acuario. Con toda seguridad, muchos de los problemas que se dan en el cuidado de las plantas acuáticas y, tal vez, también en la reproducción de peces, tengan su origen aquí.

Y, finalmente, la cuestión de las algas es, en el fondo, un problema de nitrato y fosfato. En la confrontación con una excesiva oferta de nitrato y fosfato, en el acuario las algas aventajan a las plantas acuáticas superiores. En el caso de estos nutrientes, las plantas acuáticas superiores quedan eliminadas como competidoras de las algas.

En el transcurso de este libro todavía nos volveremos a ocupar del problema del nitrato en el acuario.

### **Hierro y oligoelementos**

En las aguas tropicales con plantas encuentro fascinante la siguiente observación: tanto si se trata de un curso de agua en Tailandia, Sri Lanka, Malasia o Borneo, con una asombrosa regularidad siempre hay todos los oligoelementos necesarios para el crecimiento vegetal. Y eso, aunque la mayoría de aguas son ex-

tremadamente pobres en sales minerales y muy blandas.

Es digno de mención el que la oferta de oligoelementos en los arroyos no se "termina" en ningún lugar desde la fuente a la desembocadura, y tampoco inmediatamente detrás de grandes campos con plantas, o sea, de potentes consumidores de nutrientes. ¿Cómo podemos explicarlo? De hecho, al tratar de explicar este fenómeno, nos aproximamos un poco más al secreto de la fertilidad de las aguas naturales tropicales, lo cual permite sacar conclusiones para la nutrición de las plantas acuáticas en el acuario.

### Fuentes naturales de nutrientes

En las investigaciones estructurales de las aguas tropicales, siempre se observan grandes y pequeños trozos de color pardorrojizo. Estas zonas se encuentran tanto por debajo como por encima del nivel del agua. En algunos casos, estos pasajes miden varios metros de largo.

Unos estudios más detallados dieron como resultado que en estos lugares se filtra agua del subsuelo en el curso de agua. Un análisis exacto de esta agua de filtración descubrió con rapidez el carácter de estas zonas coloreadas del fondo. En tales puntos penetra agua subterránea, con un elevado contenido de determinados elementos disueltos, en el curso de agua. Estos puntos no tardaron en recibir el nombre de "fuentes de nutrientes", porque contienen aquellas sustancias que son especialmente

**Tabla 10**  
**Análisis del agua en un punto de filtración**  
**(arroyo junto a la aldea de Ban Sakhu/isla de Phuket)**

		Nivel de agua normal Nov. 1974	Estación seca Sep. 1975
Temperatura	°C	25,5	30,0
Conductancia	µS/18°C	98	74
Dureza total	°dH	1,0	0,51
Capac. form. enlace ácido	mg/l	1,15	0,37
Dióxido de carbono libre	mg/l	65,0	39,0
Carbono orgánico	mg/l	—	2,2
Bicarbonato HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	91,5	22,5
Cloruro Cl <sup>-</sup>	mg/l	10,1	5,3
Fosfato PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0,08	0,04
Oxígeno O <sub>2</sub>	mg/l	<0,05	1,0
pH		5,8	5,8
Hierro II + III	mg/l	21,0	8,25
Calcio Ca <sup>2+</sup>	mg/l	3,34	3,30
Magnesio Mg <sup>2+</sup>	mg/l	2,26	0,80
Potasio K <sup>+</sup>	mg/l	2,68	2,55
Sodio Na <sup>+</sup>	mg/l	5,70	5,90
Sulfato SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	1,4	0,51
Manganeso Mn	mg/l	10,9	0,8
Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,6	1,2
Nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0	0

importantes para la nutrición de las plantas acuáticas. (Véanse fotografías de estas "fuentes de nutrientes" en las págs. 35 y 89.)

La tabla 10 muestra el análisis de un agua de filtración semejante. Debido a su elevado contenido de CO<sub>2</sub> y ácidos orgánicos, por ejemplo, ácido húmico, las aguas subterráneas disuelven del fondo, que en los trópicos es especialmente ferruginoso,

nutrientes tales como hierro, manganeso y aluminio que, por otro lado, en las aguas abiertas y en presencia de oxígeno no tardarían en oxidarse y en precipitar. Debido al elevado contenido en hierro, estas partes presentan coloraciones pardas a pardorrojizas. El hierro disuelto en estas aguas de filtración, así como otros oligoelementos, vuelven a reaccionar inmediatamente con el oxígeno contenido en el agua y floculan. A causa de eso se origina la intensa coloración. A veces, este proceso de oxidación se reconoce por los precipitados en forma de copos que flotan en el agua y luego se sedimentan (Foto pág. 89). De esta manera en el sustrato del fondo de las aguas con plantas a menudo se ha formado un sedimento de varios centímetros de espesor que actúa como un sistema tampón respecto a los nutrientes.

Así, en las aguas naturales hay una constante oferta de todos los nutrientes importantes, sobre todo también de aquellos que son difícilmente solubles en agua.

Algunos de los biotopos de Sri Lanka, relacionados en la tabla 3, se analizaron con respecto a todos los oligoelementos importantes para la alimentación de las plantas. En el biotopo núm. 6 se trata de la muestra que se tomó inmediatamente junto a un punto de filtración de agua subterránea.

Los análisis deparan algunas sorpresas. Los oligoelementos con un valor considerable para la fisiología de la nutrición, tales como manganeso, boro y

molibdeno, presentan valores relativamente bajos pero estables. Con toda seguridad aquí desempeñan un importante papel el consumo y la precipitación.

Por el contrario, los valores de otros oligoelementos son asombrosamente altos, de modo que casi sobrepasan el significado de "oligoelemento". Ello se da, sobre todo, en el caso del cinc, del titanio y, en parte, también en el del estaño y del cobre.

No obstante, el contenido de yodo en todas las aguas estudiadas es casi sensacionalmente elevado. Oscila entre 140 y 320 ppb y, en algunas aguas, incluso es más alto que el de fósforo y hierro (núm. 8 y núm. 9). En las aguas interiores cingalesas es mucho más elevado que en el agua del mar (aprox. 9-40 ppb).

Eso no debería tener demasiada importancia para el crecimiento vegetal, dado que, en general, el yodo no se considera nutriente. De todos modos, de la bibliografía especializada se sabe que algunas plantas poseen una gran capacidad almacenadora de yodo. Además de las algas, también hay algunas plantas de agua dulce que contienen abundante yodo, por ejemplo: *Nasturtium officinale*, *Mentyanthes trifoliata*, *Oenanthe aquatica* y otras.

Desde el punto de vista ictiológico el elevado contenido de yodo sí puede tener gran importancia; el yodo ayuda en la formación de la hormona de la tiroides tiroxina.

El Dr. D. Backhaus (1962) del recinto de animales exóticos de Frankfurt

notifica resultados positivos tras la adición de yodo al agua del acuario y Armbrust (1963) consiguió por primera vez la reproducción en cautividad del pez *Ophicephalus obscurus*, añadiendo yoduro potásico.

### Contenido de hierro no homogéneo

El contenido de hierro de las aguas asiáticas estudiadas no es homogéneo. En los arroyos con *Cryptocoryne* de Borneo se encontraron valores claramente superiores a los de Sri Lanka o Tailandia. Mientras que los contenidos de Fe en diez arroyos cingaleses oscilaban entre 0,016 mg/l y 0,6 mg/l, como máximo, con un promedio de 0,16 mg/l y en Tailandia se midieron en 14 arroyos contenidos de Fe de 0,03 a 0,4 mg/l, con un promedio de 0,22 mg/l, los valores medios de Borneo son hasta una potencia de diez más elevados. En estos análisis, los valores para el Fe oscilan entre 0,5 y 1,8 mg/l, lo que da un valor medio de 1,13 mg/l. Cabe que esto se pueda explicar por un contenido mucho más alto de ácidos orgánicos y húmicos, que mantienen en disolución el hierro inorgánico. Estas sustancias ya se pueden reconocer por su color. Sobre todo, el profundo color pardo oscuro del lugar donde crece la colonia de *Cryptocoryne grabowskii*, cerca de Matang, es típico de aguas de este tipo. Los dos arroyos en Malasia Occidental, cerca de Bukit Merah, también presentaban este color pardo oscuro.

Puesto que muchos oligoelementos, en tanto se cuentan entre los metales pesados, presentan un comportamiento parecido al del hierro, cabe suponer que en Borneo los restantes oligoelementos también están presentes en cantidades mayores que las encontradas en aguas de Tailandia y Sri Lanka.

Para completar los análisis de los oligoelementos, de relevancia para las plantas, llamamos aún la atención sobre los estudios que el prof. Dr. Rolf Geisler llevó a cabo en 1979 en los cursos de agua tailandesas, entre otros, en el arroyo Lam Pi también estudiado por nosotros. Durante estos estudios también realizó análisis en busca de oligoelementos raros, menos interesantes para las plantas pero tal vez más para los peces. Seguidamente damos los resultados del arroyo Lam Pi:

Plata	+	Rubidio	+
Bario	+	Antimonio	+
Bromo	+	Escandio	+
Cobalto	+	Selenio	0
Cromo	+	Tántalo	+
Cesio	+	Terbio	0
Europio	0	Torio	+
Iridio	+	Uranio	+
Lantano	+	Iterbio	+
Lutecio	0		

+ = hallado

0 = no hallado

### Compuestos orgánicos en el agua

Ya en el capítulo anterior se mencionó la importancia de las sustancias

orgánicas del agua para la nutrición de las plantas acuáticas. La influencia de un nutriente sobre la alimentación de las plantas no sólo está determinada por su concentración, sino también por el medio químico a través del que se le ofrece a la planta. El medio químico, a su vez, está muy influido por las sustancias orgánicas. Aquí hemos de distinguir entre ácidos húmicos, que se forman principalmente por la lixiviación de restos vegetales en determinadas condiciones, otras sustancias orgánicas y, sobre todo, el carbono orgánico.

De todos modos, para el campo acuariológico no es posible analizar las numerosas sustancias individuales del complejo orgánico, pues ya es bastante difícil establecer la suma de todas estas sustancias en el agua.

Actúan sobre el pH, aparecen como intercambiadores de iones y disminuyen la dureza del agua. Además, determinadas sustancias orgánicas tienen la propiedad de ser quelatos, es decir que ligan sobre todo el hierro, el manganeso y muchos otros oligoelementos en un complejo orgánico. De esta manera, pueden diluirse los nutrientes importantes que en el agua se disuelven mal o no son solubles, sobre todo los que en combinación con el oxígeno se oxidan enseguida formando compuestos insolubles. Y sólo a partir de este momento las plantas los pueden absorber como nutrientes.

En algunos de los análisis publicados, se analizaron especialmente los ácidos orgánicos, en otros se determinó el

carbono orgánico que, en ciertas condiciones, también puede ser aprovechado por las plantas como fuente de carbono. Otra posibilidad para hacerse una idea de las sustancias orgánicas al medir el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) diluido, consiste en analizar por un lado una muestra aireada y, por otro, una sin airear. Dado que sólo el  $\text{CO}_2$  libre es expulsado al airear la muestra, en la muestra aireada se determina el porcentaje de resto ácido que queda, el cual se puede considerar ácido húmico y orgánico. De todos modos, en este tipo de medición sigue siendo desconocida la clase de ácido, dado que obtenemos un resultado sumatorio.

Para fines acuariológicos eso no debe tener mayor importancia; en cualquier caso, los valores determinados de esta manera dan una visión global acerca del medio químico del agua.

Nuestros estudios dieron como resultado considerables diferencias entre los distintos tipos de aguas. Las investigaciones en Tailandia y Sri Lanka dieron unos valores de entre 1,3 y 2,6 mg/l, como máximo, para las sustancias orgánicas; por el contrario, los llamados arroyos de agua "negra" de Malasia contenían hasta 35 mg/l. Tal vez aquí tengamos una de las causas de que las *Cryptocoryne* originarias de Borneo y Malasia sean mucho más difíciles de conservar y cuidar, sobre todo si están sumergidas.

### **pH, aporte de $\text{CO}_2$ y carbonatos**

El carbono es uno de los nutrientes más importantes de las plantas y el

aporte de carbono de las plantas sumergidas es uno de los procesos más complicados que tienen lugar en el agua. En el acuario, estos procesos todavía se vuelven más complicados, debido a su estructura artificial.

Por regla general, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es la fuente de carbono. El dióxido de carbono y el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) se utilizan, y confluyen, en lenguaje acuariológico como conceptos idénticos. Por supuesto eso es erróneo, en tanto que el dióxido de carbono no es ningún ácido y que sólo se convierte en un ácido medianamente fuerte en combinación con el agua. Bajo esta característica actúa sobre el pH del agua del acuario.

La cosa se vuelve más complicada aún por el hecho de que el ácido carbónico forma carbonatos con las sustancias alcalinotérricas (calcio) y bicarbonatos con los álcalis (potasio, sodio), que desempeñan un importante papel en el agua por su capacidad de formación de enlace ácido. (En acuariología se continúa utilizando el término de dureza de carbonato –por más que hoy en día los químicos arruguen la nariz–. Para simplificar, seguiremos conservando esta acepción.) De ello se desprende que las plantas acuáticas disponen de una variedad mucho mayor que sus hermanas terrestres en lo que se refiere al aporte de carbono y a su medio del pH.

Si ahora observamos este “complejo pH- $\text{CO}_2$ -carbonato” y lo comparamos con las condiciones del acuario, nos

llama la atención que en el biotopo natural siempre se dé una continuidad de todos estos valores. Si la dureza de carbonato es baja, el pH también será bajo; si hay carbonatos, el pH será correspondientemente más elevado. No obstante la característica esencial es su estabilidad. La flora subacuática se ha adaptado a esta situación.

En el acuario sucede lo contrario. A causa del tamaño, la luz y otros factores, todos los parámetros pueden oscilar de un extremo al otro sin que nosotros intervengamos para nada. A ello aún se añade el que en el acuario, por regla general, se intenta hacer crecer una mescolanza de plantas que, en esta combinación, no se hallan agrupadas en ningún lugar de un curso o una superficie de agua natural. O sea, que al acuariólogo se le exige crear las correspondientes condiciones para todas las plantas del acuario. En el capítulo “Las plantas en el acuario” hablaremos detalladamente sobre este tema.

### **La luz como factor energético**

El día tropical tiene una duración media de exactamente 12 horas. Estacionalmente, sólo hay pequeñas variaciones de pocos minutos, según la proximidad del lugar respecto al ecuador. Sin embargo, puesto que el Sol se eleva mucho más en la zona ecuatorial que en las templadas, a cielo abierto y en condiciones de tiempo claro, a las 11 horas ya se miden unos valores máximos de 92.000 a 98.000 lux.

En el agua misma las condiciones son diferentes. Por una parte, hay aguas que no reciben sombra durante todo el día, ni por medio de árboles ni de arbustos. Entre estas aguas se cuentan los lagos y, por ejemplo, los “tanks” o embalses de Sri Lanka, que en parte presentan una vegetación muy rica. Por otra parte están las aguas con plantas que reciben más o menos sombra, al menos durante unas horas, gracias a arbustos y árboles, como por ejemplo, las riberas de los lagos y los arroyos con vegetación ribereña. En el caso de las aguas en los bosques o la jungla este sombreado todavía se refuerza, ya que están expuestas al sol sólo a ratos o no lo están nunca.

Otra diferencia en la “oferta” lumínica se da a causa de los días nublados o lluviosos. Por tanto, también estacionalmente hay grandes oscilaciones.

La dependencia de la irradiación del ángulo de incidencia y del de refracción de la luz solar tiene importancia ecológica. Cuanto más bajo se halla el sol, tanto más elevada es la pérdida por reflexión. Según W. Schmidt, con un ángulo de incidencia de 70°, ya es del 13,5%, con uno de 80° es del 35% y con uno de 90°, o sea, cuando todos los rayos solares son paralelos a la superficie acuática, se refleja toda la luz. Así se da la circunstancia, que hasta ahora apenas se ha tenido en cuenta desde el punto de vista ecológico, de que en la región tropical el día subacuático es mucho más corto que el que se da

por encima de la superficie del agua. Por tanto, para una planta sumergida el día de luz no es de 12 horas, sino de 10 como máximo. Si el agua está a la sombra o incluso si se halla en el bosque, la situación lumínica empeora con rapidez.

Vamos a dar algunas mediciones para fundamentarlo: en los arroyos con plantas del sur de Tailandia –a la sombra– medí en la superficie del agua, a las 12 horas, o sea aproximadamente con el sol en el cenit; valores de entre 15.000 y 20.000 lux, a unos 30 cm de profundidad sólo había de 1000 a 3000 lux. En las zonas más sombreadas de un arroyo con *Cryptocoryne* de aguas claras, el aspecto hacia las 15.00 horas –asimismo en un día de sol– era totalmente diferente:

Superficie del agua	1500 lux
Profundidad 10 cm	700 lux
Profundidad 20 cm	600 lux
Profundidad 30 cm	450 lux
Profundidad 40 cm	120 lux

Superficie de las hojas de <i>Cryptocoryne</i>	120-500 lux
--	-------------

Y estos valores son sólo reales durante unas pocas horas en las que la posición del sol presenta un ángulo de incidencia de menos de 75%.

Pero, en el lugar natural donde crecen las plantas también se puede observar lo siguiente: en el mismo arroyo pude ver *Cryptocoryne cordata* tanto en un lugar a pleno sol (30.000-40.000 lux) como, a unos cientos de

metros de distancia, tras la embocadura del arroyo en la jungla y en la sombra más profunda, punto en el cual apenas se medían 50 lux (incluso la toma de fotografías sólo fue posible con trípode y flash). A pesar de eso, en el aspecto de las plantas no se observaba ninguna diferencia con las que crecían en condiciones lumínicas mejores.

Aquí ya pudimos darnos cuenta de que las plantas conocidas en los acuarios se hallan confrontadas en sus hábitats naturales con unas condiciones de iluminación mucho más diferenciadas que en el acuario. En el acuario, que es regulado por un temporizador, se encuentran frente a una regularidad casi innatural en lo que se refiere a la duración de la iluminación y a la intensidad de la luz.

En el apartado “la luz en el acuario” deberemos sacar consecuencias de todo esto y puede ser que tengamos que llegar a un nuevo punto de vista sobre la iluminación del acuario.

### **Sustrato de fondo del biotopo de la planta**

En el caso del fondo se hace muy evidente la diferencia estructural entre el acuario y el hábitat natural de las plantas acuáticas. Por regla general, en su lugar de origen las plantas disponen de un espacio ilimitado para desarrollar sus raíces. A menudo las anclan a una profundidad de varios metros en un suelo que, a diferencia de las condiciones en el acuario, está permanentemente atravesado por las

aguas subterráneas, tanto horizontal como verticalmente.

En el acuario, el espacio para la zona de las raíces es muy limitado y cerrado herméticamente hacia todos los lados. Si no se toman medidas especiales, el agua del fondo de esta parte del acuario queda “estancada”.

Se mire como se mire, en este punto el acuario se presenta de una manera muy clara como “recipiente de cultivo”, o sea, como la maceta del alféizar.

Pero no sólo hay diferencias estructurales, sino también respecto a la clase de suelo –para el mismo género o especie vegetal– hay grandes diferencias en la composición.

Las *Cryptocoryne* se pueden encontrar en suelos de gravilla, entre guijarros gruesos o finos, así como en suelo de fango o barro tan blandos que uno casi se hunde hasta las rodillas, pero también entre los cepellones de raíces de otras plantas y en suelos cenagosos, parecidos a turberas, llenos de hojarasca y restos de plantas (Foto pág. 89). Todos estos hábitats y sustratos de suelo presentaban la peculiaridad de que siempre estaban atravesados por sedimentos de humus ferruginoso de color pardo-rojizo.

Incluso si se intenta sacar las plantas de un fondo de guijarros gruesos a finos –cosa que a menudo es muy difícil y sólo se consigue con la ayuda de herramientas– se liberan grandes “velos” de barro, que atraviesan el agua clara como nubes (Foto pág. 89). Estos sedimentos ferruginosos se

han formado allí en el transcurso del tiempo y representan un gran potencial de nutrientes.

### **Suelo de laterita**

¿Qué es en realidad la laterita? La laterita es una clase de suelo de color rojo que se da principalmente en los trópicos. A quien visite las zonas tropicales de África, Sudamérica y Asia, le llamará la atención que esta tierra roja se encuentra por doquier (Foto pág. 89, parte superior izquierda).

La presencia de laterita, predominantemente en los trópicos, es un ejemplo clásico de que el clima es un factor primario para la formación y evolución de los suelos. La roca a partir de la cual se forma es la dolerita. Mientras que, por ejemplo, en el clima templado y húmedo de Inglaterra se formó un suelo fértil con un elevado contenido de minerales arcillosos y sustancia orgánica, en el clima tropical se formó laterita que, junto a sustrato caolínico, contiene sobre todo óxidos e hidróxidos de hierro (del 4 al 84%).

Mientras que para la agricultura la laterita se considera suelo estéril, para las aguas, y con ello para las plantas sumergidas, tiene una importancia elemental. De la laterita existente en las aguas subterráneas, se disuelve hierro bivalente en condiciones de reducción. En diferentes lugares esta agua subterránea, de alto contenido en hierro, penetra en las aguas con plantas.

Como ya hemos descrito en el apartado sobre los puntos de filtración,

que también reciben el nombre de “fuentes de nutrientes”, ahora tiene lugar algo decisivo y que influye radicalmente en todo el desarrollo vegetal en todas las partes de los trópicos. Por acción del oxígeno se oxidan y precipitan sobre todo hierro y oligoelementos orgánicos. Un precipitado de color pardorrojizo desciende al suelo y se sedimenta (Foto pág. 89, parte superior derecha). En ocasiones se pueden observar unas nubes de precipitado pardorrojizo que flotan en el agua y se depositan en todas partes, tanto sobre el fondo del curso de agua como sobre las hojas de las plantas acuáticas. A lo largo de siglos el suelo se ha cargado de óxidos de hierro –independientemente de su composición local– con lo que representa un gran potencial regulador. Ésta es la razón del color pardorrojizo de muchas aguas tropicales.

Según el contenido en ácidos húmicos y orgánicos se disuelven cantidades más o menos grandes de hierro de este inmenso potencial.

Por ello, para el cultivo de plantas de acuario es interesante establecer una comparación entre la gravilla de cuarzo que generalmente se utiliza en el acuario y los suelos originales de las aguas de donde proceden las plantas de acuario. La tabla 11 muestra una comparación de esta índole y, al mismo tiempo, aporta datos sorprendentes. Las muestras del suelo se tomaron sobre el terreno en Malasia y Tailandia, directamente en los biotopos de las plantas y se entregaron

**Tabla 11**  
**Muestras del suelo en diferentes biotopos de plantas**

	Lugar donde crece la planta	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm	K <sub>2</sub> O ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
1	Malasia Occidental Sungay Kenong <i>Cryptocoryne affinis</i>	5,7	3	4	8	1366	814	3,3	4,0
2	Malasia Occidental Bukit Merah <i>C. zewaldiae</i> , <i>Barclaya motleyi</i>	5,8	3	3	6	58,4	103,8	1,0	1,5
3	Tailandia, sur Rattapoom <i>C. cordata</i>	5,6	1	2	15	212	8,0	1,4	2,1
4	Tailandia, sur Ban Lam Kaen <i>C. cordata</i> , <i>Barclaya longifolia</i>	4,4	2	2	3	164,5	12,6	0,8	1,1
5	Tailandia, sur Khlong Kam Phuum <i>C. albida</i>	4,9	2	4	4	78,0	10,7	0,5	0,9
6	Hungría Arroyo termal con plantas de acuario tropical	6,6	9	5	8	147,1	18,1	3,3	2,1
7	Grava cuarcífera después de 10 años de uso en acuario	6,4	3	1	1	0	-	-	-
8	Grava cuarcífera nueva, sin usar	4,5	1	1	1	0	-	-	-

al Centro Agrícola Experimental de Hessen, en Kassel-Harleshausen, para que realizaran los análisis pertinentes. Además, también se analizaron muestras del suelo de las aguas termales cercanas al lago Balatón (Hungría Occidental), en las que desde hace algún tiempo se cultivan con éxito numerosas especies de plantas acuáticas tropicales, así como la gravilla cuarcífera comercial para acuarios. La comparación habla por sí sola. Mientras que los suelos de las aguas tropicales muestran en nuestros análisis un potencial férrico de entre 58 y 1366 mg/l, el contenido de Fe de la gravilla cuarcífera es igual a 0. El contenido de potasio (por otra parte un factor negativo en el agua de grifo) es asimismo de tres a cinco veces mayor que en la gravilla de cuarzo.

Los análisis referentes a otros oligoelementos, como por ejemplo manganeso, cobre y cinc, presentan igualmente unos porcentajes sorprendentemente elevados. Por supuesto, de

estas investigaciones se puede concluir que las plantas de acuario están acostumbradas a tales contenidos en su lugar de procedencia y, tal vez, también dependen de ellos.

Al acuariólogo que observa las raíces de las plantas que ha desenterrado en el hábitat natural de las mismas, le llamará la atención otra peculiaridad que casi no conoce del acuario: todas las plantas tienen las raíces de color pardo a pardorrojizo. Pero lo asombroso es que este color se puede lavar. El color sólo se halla sobre la superficie externa y, tras un análisis detallado (ensayo del hierro), demostrará ser humus ferruginoso precipitado.

Con eso se confirma la práctica realizada por muchos acuariólogos de mezclar con el sustrato de fondo un aditivo férrico adecuado, pero pobre en humus. Este aditivo debe estar libre de sustancias orgánicas, a fin de evitar la putrefacción. Así, la casa Dupla ofrece un sustrato de este tipo, importado expreso de los países tropicales.

# Mantenimiento de las plantas en el acuario

En los capítulos precedentes hemos trabado conocimiento con las condiciones de vida que muestran plantas de acuario encuentran en sus biotopos naturales y no los hemos descrito tan exhaustivamente porque sí. Ahora hemos de llevar a la práctica acuariológica las experiencias y observaciones obtenidas. En comparación con el biotopo natural, el biotopo artificial del acuario es diminuto, y carece, por su estructura, de las premisas esenciales para un crecimiento vegetal sano. Es importante que definamos con exactitud las lagunas y diferencias que existen entre el biotopo natural y el artificial para hallar soluciones que las superen.

Todos los factores que son necesarios para un crecimiento sano deben existir permanentemente. Si falla un solo componente —aunque sea de forma pasajera— es inevitable que aparezcan trastornos que tendrán efectos sobre todo el sistema. Hasta ahora los acuariólogos han tenido demasiado poco en cuenta este aspecto. Algunos, por ejemplo, se extrañan de que la aplicación de una luz óptima con frecuencia no tenga el éxito deseado. Creyendo aportarles algo bueno a las plantas, están sorprendidos si el crecimiento vegetal, después de instalar lámparas

más potentes, a veces incluso empeora. Pero eso es lógico, pues más luz significa mayor cantidad de energía, que por su parte estimula un crecimiento forzado con la consecuencia de que los restantes factores de crecimiento, tales como los nutrientes, sobre todo el hierro y el carbono, etc., también se han de aportar a dosis más elevadas. De otro modo, las plantas pueden morir rápidamente a causa de una carencia de nutrientes o de otros fallos y déficits. Dicho de otra manera: en un acuario 1000 lux pueden resultar excesivos, mientras que, en otro, 5000 lux pueden ser demasiado poco.

En este punto, a menudo se objeta que desde siempre y en otros tiempos ha habido acuarios hermosos sin la utilización de todas las innovaciones tecnológicas, tales como la iluminación, los instrumentos reguladores del CO<sub>2</sub>, etc. Eso es cierto, pero debemos observar detenidamente tales acuarios y entonces decidir qué clase de acuario deseamos.

¿Qué aspecto tenía un acuario en tiempos pasados? O bien estaba colocado junto a la ventana o bien sólo poseía un exiguo foco de luz. En el caso más positivo, en su interior crecían una o dos especies de plantas. Los más conocidos son todavía los acuarios con un espeso grupo de *Cryptocoryne af-*

*finis* (o *C. haerteliana*, como se denominaba entonces). Estas plantas crecían tan bien porque faltaba la competencia de otras especies vegetales por el alimento y la modesta iluminación se correspondía con la escasa oferta de nutrientes de la producción propia del acuario.

Entonces, numerosos acuariólogos experimentaron lo siguiente: al aparecer en el mercado los tubos fluorescentes y éstos se instalaron en los acuarios, pero de momento sin tener en cuenta los demás factores de crecimiento, las *Cryptocoryne* se desmorraron.

En viejas revistas sobre acuarios se puede leer acerca del desastre anual que tenía lugar en otoño en los acuarios. La disminución de la luz, propia de esa época, era la causante de la "mortandad otoñal" de plantas y peces. Algo parecido ocurre con el factor de crecimiento del carbono. La fuente natural de este nutriente, el ácido carbónico o el CO<sub>2</sub> del suelo y de la respiración de los peces, ya no bastó cuando se instalaron los fluorescentes y las modernas bombas de circulación y de tambor comenzaron a remover el agua. Hasta aquel momento, el ácido carbónico se consideraba una sustancia tóxica para los peces, que se tenía que eliminar mediante piedras de aragonito o pisolita. De repente, el carbono se convirtió en un factor carencial. Debido a eso, el pH aumentaba, con consecuencias negativas sobre el crecimiento vegetal y el ciclo del nitrógeno (amonio: amoníaco).

Pero la "maldición" de las innovaciones continuó: una vez se habían regulado la luz y el aporte de CO<sub>2</sub>, aparecía otro déficit de nutrientes (las plantas se volvían amarillas y como cristalinas): la clorosis férrica. La estimulación del crecimiento debida a la luz más intensa y a un suficiente aporte de CO<sub>2</sub>, no tardaron en exigir demasiado a la producción natural de nutrientes en el acuario. Fue necesario un abonado adicional.

Es evidente que las plantas que viven con carencias no pueden cumplir la misión que tienen de regenerar y mantener sana el agua. La situación de estrés de los peces (falta de oxígeno, acumulación de desechos), que se deriva de esta situación, hace que rápidamente aparezcan enfermedades.

La Ley de Mínimos de Liebig se hace completamente efectiva en un biotopo tan limitado como lo es el acuario, es decir, el factor más débil es el que determina toda la evolución.

Y, además, hay que tener en cuenta lo siguiente: ha variado el gusto de lo que es un acuario bonito. La tendencia moderna de dar más espacio al desarrollo natural tampoco se ha detenido ante el acuario. De manera similar a lo que ocurre con los jardines domésticos, en los que hoy en día abunda menos un paisaje de parque que el "jardín silvestre", de la tendencia al acuario holandés, decorado a modo de paisaje, en el que se ha de trabajar intensamente cada semana, se ha pasado al acuario abierto,

de evolución natural, es decir, al acuario óptimo.

Además, hoy en día se cuidan muchas más plantas, y plantas más delicadas, de las que hace una década todavía no se sabía nada, pero que tienen unos requerimientos mucho más exigentes respecto a las condiciones de vida en el acuario de lo que antaño era posible. Lo mismo es válido, por otra parte, para numerosas especies piscícolas.

### **Los sillares vitales para un cuidado óptimo de plantas en el acuario**

Si en el biotopo artificial del acuario deseamos adquirir práctica en el cuidado óptimo de las plantas, debemos conocerlo en todas sus partes esenciales y saber de qué manera se han de combinar en detalle. Si podemos definir ambas cosas el “estado del es” y el del “ha de ser”, es más fácil establecer lo que hay que hacer para equiparlo correctamente.

Por este motivo, ahora vamos a observar con detenimiento y establecer cada uno de los criterios de un acuario de funcionamiento correcto. Como criterios para un óptimo mantenimiento de las plantas, rigen lo siguientes:

- la materia prima agua
- los nutrientes de las plantas
- el carbono, la dureza de carbonato y el pH
- nitrato y fosfato – factores problemáticos

- hierro y oligoelementos
- el sustrato de fondo y su función
- el balance térmico
- la luz como fuente energética para las plantas
- el pro y el contra del filtrado.

### **La materia prima agua**

Una reflexión fundamental para introducir este apartado: ¿Cómo es el agua de acuario ideal? ¡Ideal tanto para las plantas como para los peces! Y no sólo nos referimos al agua de los acuarios especiales o de reproducción, sino a la de un acuario comunitario ópticamente bonito, que albergue un gran número de plantas y peces tropicales sanos.

Esta “agua de acuario ideal” se ha de preparar bajo puntos de vista especiales, descritos detalladamente en el capítulo anterior. Se ha de tener en cuenta asimismo que el cambio de agua sólo se efectúa, en el caso más favorable, cada semana o incluso cada 15 días y que el acuario es “pequeño” si lo comparamos con las condiciones naturales. Todo ello ha de ser factible con las posibilidades técnicas y químicas de que disponemos hoy en día.

Supongamos que, de manera parecida al acuario de agua de mar, el agua del acuario de agua dulce también la pudiésemos preparar sintéticamente mediante agua desmineralizada y una mezcla de sales; en tal caso el agua debería ser como se indica a continuación:

Temperatura	25-26° C
Conductancia	aprox. 300-350 $\mu$ S
Dureza total	8-10° dH
Dureza de carbonato	4-6° dH
pH	6,8-7,2
CO <sub>2</sub>	10-20 mg/l
Oxígeno	
por la mañana:	aprox. 5-6 mg/l
(= 70-80% de saturación de oxígeno)	
por la noche:	8-10 mg/l
(= 100-120% de saturación de oxígeno)	
Hierro	0,05-0,1 mg/l
Nitrato	máx. 5 mg/l
Amonio	0,1 mg/l
Fosfato	máx. 0,1 mg/l

Los acuariólogos que pudieran tomar una agua de este tipo directamente de la red de cañerías, se deberían felicitar. El agua más blanda y con menos sales no posee la suficiente estabilidad y continuidad; el agua natural más dura y rica en sales presenta una composición química desfavorable.

Pero, ante todo, veamos la situación real, tal como se da generalmente hoy en día:

En general, el acuariólogo tomará el agua para su acuario de la red pública de abastecimiento. Las excepciones sólo se dan en los lugares donde se dispone de pozo propio. El agua del pozo no está preparada, por lo que suele ser más agresiva, es decir, contiene más ácido carbónico y CO<sub>2</sub> libre, más hierro y manganeso y depende en gran medida de la naturaleza geológica del lugar.

El agua se considera el alimento más importante para el hombre. El agua del grifo está sometida en nuestro país a la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (Real Decreto del 14 de septiembre de 1990). Esta reglamentación, entre otras cosas, fija los valores límite para diversas sustancias químicas (véase tabla 12), así como para las condiciones biológicas. La calidad del agua potable está influida por las condiciones geológicas de la región. A fin de satisfacer las directivas oficiales respecto a un agua potable impecable, con frecuencia es necesario tratarla, y no sólo para eliminar sustancias nocivas o indeseadas por cualquier motivo, sino también para evitar la corrosión en la red de distribución.

En resumen, lo que el acuariólogo toma de la cañería es, en sentido positivo, un agua potable impecable e

#### **Biotopos vegetales en la península malaya.**

**Parte superior izquierda y derecha:** Tanto en el río Kam Phuum como en el Nang Yon, entre Ranong y Takua Pa, crecen *Cryptocoryne albida* en sus formas verde y parda: la forma parda se conocía hasta ahora como *C. costata*.

**Centro izquierda:** El río junto a la aldea de Ban Kam Phuum, aquí durante la estación seca. En la estación de lluvias el nivel del agua es de 1,5 a 2 m más elevado. Entre los gruesos guijarros crece *C. albida* (muestra del suelo núm. 5).

**Centro derecha:** La *Cryptocoryne albida* sacada de este biotopo está formada casi en su 95% por raíces y sólo en un 5% por hojas (véase pág. 41).

**Parte inferior izquierda y derecha:** El Sungay Kenong, en Malasia Occidental, biotopo de *Cryptocoryne affinis* (muestra del suelo núm. 1).





higiénica, un alimento; sin embargo, raras veces es un agua apta para el acuario que al mismo tiempo sirva de medio para un óptimo crecimiento vegetal. Muchas de las sustancias que se eliminan del agua son nutrientes imprescindibles para las plantas y muchas de las sustancias que se añaden sobrecargan el entramado de nutrientes. Así por ejemplo, el agua potable a menudo posee un contenido de calcio más alto que las aguas subterráneas originales, puesto que durante el tratamiento se emplea hidróxido de calcio para elevar el pH. De esta manera con frecuencia se di-

fuminan los nexos entre las aguas subterráneas y la naturaleza del agua potable.

### Los nutrientes de las plantas

Según la Ley de Mínimos de Liebig, el crecimiento vegetal está determinado básicamente por el factor que se halla en el mínimo. Por lo tanto, un contenido de calcio en el agua, por más elevado que sea (dado a una alta dureza total), no sirve para nada si hay demasiado poco potasio o hierro. Antes de observar más detalladamente la situación nutricional en el acuario, echemos una mirada al “menú” indicado para las plantas acuáticas:

#### Biotopos vegetales dignos de mención.

El norte de Borneo (Sarawak) está atravesado por extensos y grandes sistemas fluviales formando meandros. Debido a las mareas, durante la pleamar las aguas de los ríos quedan retenidas y llegan a alcanzar 5 m de altura. Eso todavía se nota en los arroyos y canales de desagüe muy en el interior del país.

Parte superior izquierda: Junto a la costa de Sarawak.

Parte superior derecha: Biotopo de *Cryptocoryne lingua*. En este lugar el agua sube más de un metro dos veces al día para volver a descender lo mismo.

Centro izquierda: *Cryptocoryne striolata* en un arroyo cerca de Monkos que delimita la frontera con Kalimantan.

Centro derecha: “Agua negra” en el arroyo núm. 2 en Bukit Merah/Malasia Occidental. Biotopo de *Barclaya motleyi*, *C. zewaldiae*, *Cabomba* y numerosas especies piscícolas (muestra del suelo núm. 2).

Parte inferior izquierda: Un arroyo de aguas termales junto al lago Balaton en Hungría, cerca de Tapolca. Aquí se cultivan unas 50 especies diferentes de plantas tropicales.

Parte inferior derecha: Detalle de este arroyo: *Trichocoronis rivularis*, *Potamogeton*, *Ceratophyllum* y *Heteranthera zosterifolia* (muestra del suelo núm. 6).

Hidrógeno  
Oxígeno  
Calcio  
Magnesio  
Potasio  
Azufre

Carbono  
Fósforo  
Nitrógeno  
Hierro y los  
oligoelementos

Una breve mirada a esta lista ya nos dice que algunos de estos nutrientes existen originariamente en cantidades suficientes, pero otras sustancias causan problemas considerables bien directamente o por su interacción con otros factores.

### Agua

El aprovisionamiento de agua de las plantas sumergidas debería ser el que causase menos problemas. A fin de cuentas, la planta absorbe el agua a través de la epidermis de los tallos y las hojas. Tampoco el aprovisionamiento de hidrógeno de las plantas

**Tabla 12**  
**Valores límites de la concentración de sustancias químicas en el agua del grifo**

		mg/l	mmol/m <sup>3</sup>	Errores permitidos del valor medido mg/l
Aluminio	Al	0,2	7,5	0,04
Amonio	NH <sub>4</sub>	0,5	30,0	0,1
Arsénico	As	0,01	0,1	0,005
Plomo	Pb	0,04	0,2	0,02
Cadmio	Cd	0,005	0,04	0,002
Calcio	Ca	400,0	10 000,0	40,0
Cloro	Cl	250,0	7000,0	25,0
Cromo	Cr	0,05	1,0	0,01
Cianuro	CN	0,05	2,0	0,01
Hierro	Fe	0,2	3,5	0,01
Potasio	K	12,0	300,0	0,5
Magnesio	Mg	50,0	2050,0	2,0
Manganeso	Mn	0,05	0,05	0,01
Sodio	Na	150,0	6500,0	6,0
Níquel	Ni	0,05	0,9	0,01
Nitrato	NO <sub>3</sub>	50,0	806,0	2,0
Nitrito	NO <sub>2</sub>	0,1	2,2	0,02
Fosfato	PO <sub>4</sub>	6,7	70,0	0,1
Mercurio	Hg	0,001	0,005	0,0005
Sulfato	SO <sub>4</sub>	240,0	2500,0	5,0
pH	no menos de 6,5 no más de 9,5		Conductancia Oxidabilidad	no superior a 2000 µS 5 mg/l calculado como O <sub>2</sub>

emergidas, o de partes de las plantas, causa problemas en el sentido de la misión de este libro. Aunque el valor osmótico, la fuerza de absorción de las raíces (presión radicular) y hojas, así como el movimiento del agua en el caso de las plantas sumergidas son temas hidrobotánicos interesantes, en este tratado los podemos dejar de lado.

### Oxígeno

Con el oxígeno es distinto. Su importancia para el acuario supera en mucho a la que tiene como nutriente de las plantas acuáticas sumergidas. En el transcurso de este libro aún trabajaremos

conocimiento con él en su calidad de instrumento controlador de todas las funciones en el acuario. Además de para la alimentación de las plantas, también sirve para la respiración de los peces y bacterias, y tiene que cumplir tareas en el sustrato del fondo.

A diferencia del contenido de oxígeno del aire, que en la práctica es constantemente del 21%, en el agua oscila ampliamente. En teoría, son posibles oscilaciones de entre 0 y un porcentaje de varios centenares en la sobresaturación.

La historia de la acuariología va acompañada de catástrofes causadas por

un déficit de oxígeno. Quien hojee alguna vez revistas sobre acuarios viejas, leerá acerca de la gran mortandad otoñal de peces y plantas, que asolaba cada año los acuarios. En los comienzos de la acuariología se intentó dominar este problema con ayuda de grandes aparatos y estructuras. Sólo cuando en los años treinta salieron al mercado aireadores más manejables y accionados eléctricamente, mejoró el aprovisionamiento de oxígeno en el acuario. Pese a todo, se observa claramente que incluso los mejores aireadores sólo son muletas para la circulación en el acuario. Se puede prescindir de estos instrumentos auxiliares si el acuario recibe un buen suministro de luz y de los restantes nutrientes.

Las plantas no sólo son autoabastecedoras respecto a las propias necesidades de oxígeno, sino que, en condiciones óptimas, lo producen en cantidades tan grandes que hay suficiente para la respiración de los peces, de los microorganismos —como los infusorios— y, sobre todo, para las innumerables bacterias beneficiosas.

En otro punto de este libro ya señalé que dada la importancia que el contenido de oxígeno tiene para los procesos biológicos en el acuario, se hace muy patente la gran diferencia estructural entre las aguas naturales y el acuario.

La objeción de que, a menudo, muchos biotopos naturales también son pobres en plantas, o incluso carecen de ellas, se puede refutar con facilidad:

en esos lugares la naturaleza física y química procura que existan unas condiciones de vida sanas. Las aguas de corriente rápida, el viento, los movimientos de las olas, la lluvia y, sobre todo, el enorme volumen de agua, caracterizan la diferencia de estructura con respecto al acuario. A ello se añade que, con frecuencia, el acuario presenta una superpoblación de peces, está sobrecargado orgánicamente y muchas veces las plantas que viven en él no significan una ayuda, sino que, debido a su estado deficiente y a consumir oxígeno, llegan a ser una carga. Finalmente, en este punto aún quiero hacer referencia a un simposio que celebró la Asociación de Medicina Veterinaria alemana sobre el tema “Enfermedades de los peces de adorno” y sobre el que informó la revista especializada “*Zoomarkt*” en su edición del 12/88. Por desgracia, en el campo de la acuariología de aficionados pasó prácticamente desapercibida.

En este simposio se habló de un estudio realizado en 103 tanques de acuariólogos y se publicó un listado de los errores en el mantenimiento y cuidado. Entre otras cosas, se constató que en el 24% de los casos, o sea en una cuarta parte de todos los acuarios, hay menos de 3 mg/l de oxígeno. ¿Creen ustedes que las explicaciones que damos en la página 19 y a partir de la página 100 pueden llevar a mejorar esta situación?

La carencia de oxígeno representa estrés para los peces del acuario —sobre todo en unas condiciones con

numerosos factores estresantes. Pero el oxígeno es al mismo tiempo un remedio contra numerosas enfermedades y una prevención contra ellas.

También respecto a otros parámetros hay que llevar a cabo el traslado de las condiciones naturales a una acuariología practicable, como por ejemplo, en el caso del contenido de sales absoluto. En muchas de las aguas tropicales se encuentran unos contenidos en sales que casi igualan al del agua destilada, que presentan una conductancia de entre 20 y 40  $\mu\text{S}$ . En los cursos de agua "negra" de Malasia y Sudamérica se observan valores de

pH de 4 y menos. Y, a pesar de ello, en esos lugares se encuentran una fauna piscícola y una flora subacuática rica en especies y vital. Pero estas condiciones son impensables en el acuario. Para las condiciones del acuario serían demasiado inestables y en muy breve tiempo el acuario haría imposible la vida de los peces y las plantas.

### Los "formadores de dureza"

Uno de los conceptos más frecuentes y comunes de la química acuariológica y de la ciencia del agua es el de la dureza total. Aunque en la química moderna del agua ya no se utilizan

**Tab. 13: Conversión dureza total**  
°dH = suma de  
tierras alcalinas mol/m<sup>3</sup>

dH	mol/m <sup>3</sup>	dH	mol/m <sup>3</sup>	dH	mol/m <sup>3</sup>
0,5 = 0,09		10,5 = 1,88		20,5 = 3,66	
1,0 = 0,18		11,0 = 1,96		21,0 = 3,75	
1,5 = 0,27		11,5 = 2,05		21,5 = 3,84	
2,0 = 0,36		12,0 = 2,14		22,0 = 3,93	
2,5 = 0,45		12,5 = 2,23		22,5 = 4,02	
3,0 = 0,54		13,0 = 2,32		23,0 = 4,11	
3,5 = 0,63		13,5 = 2,41		23,5 = 4,20	
4,0 = 0,71		14,0 = 2,50		24,0 = 4,29	
4,5 = 0,80		14,5 = 2,59		24,5 = 4,38	
5,0 = 0,89		15,0 = 2,68		25,0 = 4,46	
5,5 = 0,98		15,5 = 2,77		25,5 = 4,55	
6,0 = 1,07		16,0 = 2,86		26,0 = 4,64	
6,5 = 1,16		16,5 = 2,95		26,5 = 4,73	
7,0 = 1,25		17,0 = 3,04		27,0 = 4,82	
7,5 = 1,34		17,5 = 3,13		27,5 = 4,91	
8,0 = 1,43		18,0 = 3,21		28,0 = 5,00	
8,5 = 1,52		18,5 = 3,30		28,5 = 5,09	
9,0 = 1,61		19,0 = 3,39		29,0 = 5,18	
9,5 = 1,70		19,5 = 3,48		29,5 = 5,27	
10,0 = 1,79		20,0 = 3,57		30,0 = 5,36	

**Tab. 14: Conversión dureza de carbonato**  
= capacidad de formación de enlace ácido  
hasta pH 4,3

DC	mol/m <sup>3</sup>	DC	mol/m <sup>3</sup>
0,5 = 0,18		10,5 = 3,75	
1,0 = 0,36		11,0 = 3,93	
1,5 = 0,54		11,5 = 4,11	
2,0 = 0,71		12,0 = 4,29	
2,5 = 0,89		12,5 = 4,46	
3,0 = 1,07		13,0 = 4,64	
3,5 = 1,25		13,5 = 4,82	
4,0 = 1,43		14,0 = 5,00	
4,5 = 1,61		14,5 = 5,18	
5,0 = 1,79		15,0 = 5,36	
5,5 = 1,96		15,5 = 5,54	
6,0 = 2,14		16,0 = 5,71	
6,5 = 2,32		16,5 = 5,89	
7,0 = 2,50		17,0 = 6,07	
7,5 = 2,68		17,5 = 6,25	
8,0 = 2,86		18,0 = 6,43	
8,5 = 3,04		18,5 = 6,61	
9,0 = 3,21		19,0 = 6,79	
9,5 = 3,39		19,5 = 6,96	
10,0 = 3,57		20,0 = 7,14	

los términos dureza total o dureza de carbonato, sustituyéndolos por otros nuevos, en este libro los continuaremos empleando, como es corriente en acuariología (tablas 14 y 15).

La moderna analítica del agua utiliza para la dureza total el término de "Suma de tierras alcalinas". Este concepto refleja mejor la situación de los nutrientes de las plantas en el agua. El término de tierras alcalinas abarca la suma de contenidos de calcio, magnesio, estroncio y bario. Pero en nuestras aguas el estroncio y el bario casi no existen o, a lo sumo, hay rastros muy prescindibles de ellos, de modo que bajo este concepto entendemos los importantes nutrientes calcio y magnesio, ambos cationes bivalentes.

Ya aquí topamos con un fenómeno que influye sustancialmente sobre la nutrición de las plantas en el acuario: el contenido de estos dos nutrientes oscila considerablemente, en el agua del grifo, entre 5 y 180 mg/l, en casos excepcionales incluso lo supera, y en el magnesio los valores también oscilan mucho entre 2 y 50 mg/l.

En las aguas que proceden de aguas subterráneas calcáreas y dolomíticas se encuentran estos valores altos. También a veces como consecuencia de la disolución de yeso (sulfato cálcico).

A pesar de la solubilidad más alta de la mayoría de compuestos del magnesio, el contenido de este elemento en el agua potable es, en general, bastante menor que el de calcio.

## **Potasio:**

### **factor carencial en el acuario**

Al contemplar la combinación iónica estándar del agua del grifo no tardamos en topar con una diferencia significativa entre nuestra agua del grifo y las aguas tropicales. En el agua del grifo faltan los contrincantes del calcio y del magnesio, como cationes bivalentes, o sea, los cationes monovalentes potasio y sodio. Los análisis de las Compañías de Aguas generalmente dicen poco o nada sobre este tema. Allí donde se indican, sólo existen en cantidades exiguas, la mayoría de veces de 1 mg/l en el caso del potasio y de unos pocos mg/l en el del sodio. Eso significa que la cantidad del importante nutriente potasio es insuficiente en la mayoría de acuarios o ni siquiera existe. Pero si hay una carencia total de potasio o si sólo está disponible en cantidades exiguas, tanto la fotosíntesis como el crecimiento se ven impedidos. El significado de los iones de potasio se ha de tener en cuenta, sobre todo, en relación a su efecto favorecedor del hinchamiento sobre las proteínas y prótidos así como enzimas del plasma, y de esta manera en sus efectos estabilizadores y activadores de la estructura.

En este punto hemos llegado al primer factor de la fisiología de la nutrición, que en el acuario presenta deficiencias de origen y que los acuariólogos deben corregir. Los modernos abonos para acuarios tienen en cuenta este punto. A diferencia de los abonos comerciales para jardín o

plantas, entre otras cosas no contienen ni calcio ni magnesio, pero sí potasio y, hasta un determinado valor, también sodio.

### **El carbono, la dureza de carbonato y el pH**

En este aspecto parcial de la acuariología el acuariólogo tiene más requerimientos si es que desea obtener un crecimiento vegetal relativamente satisfactorio y peces sanos. El carbono no sólo es el nutriente más importante para las plantas en el acuario, como elemento básico de la estructura orgánica, sino que en sus variados compuestos también actúa sobre el balance de carbonato, o mejor, de bicarbonato del agua (dureza de carbonato o capacidad de formación de enlace ácido) y, con ello, también sobre el pH.

A diferencia de las plantas terrestres que únicamente pueden absorber el dióxido de carbono del aire, las plantas acuáticas disponen como nutriente de un complicado sistema carbónico. Las plantas sumergidas pueden cubrir sus necesidades de carbono de muy diversas maneras:

1. del dióxido de carbono libre ( $\text{CO}_2$ ), tal como lo hacen las plantas terrestres;
2. de las moléculas de ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ );
3. mediante la absorción de bicarbonato cálcico ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), en forma de pares de iones;
4. mediante la absorción de  $\text{HCO}_3$  a través del intercambio de iones con otro anión;

5. mediante la absorción de  $\text{CO}_3$  (monocarbonato).

Eso nos permite reconocer que, respecto al aprovisionamiento de carbono, la planta acuática está enfrentada a unas condiciones mucho más complicadas de las que encuentra la planta terrestre. Con respecto a la cantidad y calidad del suministro de carbono en el agua reina una diversidad mucho mayor que en tierra.

Debido a la estructura especial del acuario (tamaño, volumen de agua relativamente pequeño, diversidad de especies vegetales, población piscícola variable) y a fin de asegurar la necesaria estabilidad, para las necesidades acuariológicas prácticamente sólo conviene el suministro de carbono a partir del contenido de dióxido de carbono libre ( $\text{CO}_2$ ) y, en pequeña cantidad, del ácido carbónico. El dióxido de carbono gaseoso ( $\text{CO}_2$ ) se disuelve fácilmente en el agua (99,3%), y una pequeña porción se disocia para formar ácido carbónico (0,7%).

Las posibilidades 1 a 5 indicadas más arriba están prohibidas para el acuario, puesto que las complicaciones que conllevan, entre otras, el aumento del pH, acabarían pronto con el crecimiento de las plantas y evitarían la diversidad de especies.

La llamada descalcificación biógena del agua del acuario, basada en la capacidad que tienen muchas plantas de aprovechar el  $\text{CO}_2$  contenido en los bicarbonatos para su propio metabolismo del carbono, siempre va unida a un fuerte aumento del pH.

Experimentos que he realizado yo mismo con diversas plantas de acuario lo confirman claramente.

Las figuras 3, 4 y 5 muestran que las plantas, si bien con diferentes capacidades, pueden disminuir la capacidad de formar enlaces ácidos (dureza de carbonato) de 5,4 (15) a 0,5 (1,5). No obstante, la intensidad de la iluminación existente influye mucho sobre su efectividad. La figura 6 muestra asimismo que *Cambomba* y *Elodea* pueden aumentar el pH del agua hasta por encima de 10.

También aquí observamos de nuevo que existe una diferencia sustancial entre las plantas terrestres y las acuáticas. Mientras que las plantas terrestres disminuyen el pH del suelo, la planta acuática cambia su medio aumentando dicho valor (si el acuariólogo no lo contrarresta con las medidas pertinentes).

Por el contrario, en el acuario en el cual se cuidan muchas especies vegetales y variedades de peces, el dejar a su aire el consumo de  $\text{CO}_2$  y el pH, lleva a la catástrofe. Por este motivo también se recuerdan aquellos acuarios de tiempos pasados que, en las condiciones correspondientes (sobre todo de una menor iluminación), sólo albergaban monocultivos de plantas.

A fin de asegurar para el acuario moderno una población vegetal satisfactoria en todos los aspectos, tienen que cumplirse los siguientes criterios:

1. El pH se debe estabilizar en un valor situado en la zona neutra.

2. Este pH depende, a su vez, de la capacidad de formar enlace ácido (dureza de carbonato) del agua.
3. En las condiciones normales de un acuario esta estabilidad del pH se puede lograr de manera más segura mediante un abono a base de  $\text{CO}_2$ . Las necesidades de  $\text{CO}_2$  dependen de los factores siguientes:

- a) Intensidad luminosa
- b) Capacidad de formación de enlace ácido (dureza de carbonato)
- c) Volumen del agua
- d) Cantidad de plantas
- e) Población piscícola
- f) Temperatura del agua
- g) Movimiento del agua
- h) Sustrato del fondo
- i) Alimentación
- j) Filtrado

Por esta razón no es posible dosificar "a ojo". La regulación del  $\text{CO}_2$  sólo puede tener lugar mediante unas mediciones exactas del contenido de carbonato y del pH.

4. Para estabilizar un suministro continuado de  $\text{CO}_2$  la dureza de carbonato debería ser, como mínimo, de 3 a 4° dH.
5. El contenido de  $\text{CO}_2$  ha de ser absolutamente constante, es decir, no mostrar en lo posible oscilaciones. En el fondo, a las plantas les es indiferente si cubren sus necesidades a partir de unas reservas de 5 o de 20 mg/l, lo importante es que estas reservas sean cons-

tantes. Lo que resulta peligroso para los peces y las plantas delicadas no es tanto un contenido algo más alto de CO<sub>2</sub> en el agua cuanto sus oscilaciones. Y cuando se traspasan peces y plantas de un acuario a otro eso es algo a tener en cuenta.

En vista de que hoy en día los acuariólogos disponen de las posibilidades de llevar a cabo un “abonado” con CO<sub>2</sub> con una regulación automática del pH, el ajuste del pH teniendo en cuenta el contenido de carbonato ya no causa ningún problema. Los valores propuestos en la tabla 15 garantizan una solución óptima del complicado complejo CO<sub>2</sub>-carbonato-pH para todas las plantas y peces de acuario.

### **Nitrato y fosfato – factores problemáticos**

El nitrógeno y el fósforo son, junto al carbono, los nutrientes principales de las plantas. Como sillares de la sustancia viva, el protoplasma de la célula vegetal, tienen una importancia sobresaliente.

De los análisis del agua, que se pueden obtener del capítulo “Plantas de acuario en su hábitat natural” y de las publicaciones de otros autores, sabemos que precisamente el nitrato y el fosfato son iones que sólo se dan en cantidades muy pequeñas en el hábitat natural de nuestras plantas de acuario. A menudo sólo se trata de rastros diminutos, que solamente se pueden medir con los procedimientos analíticos modernos. Por este motivo, en los libros del pasado con fre-

cuencia no hay indicaciones sobre sus cantidades.

Durante su larga evolución, las plantas sumergidas han aprendido a adaptarse a esta escasa oferta y han creado dispositivos en su organismo que registran estos diminutos rastros y los aprovechan.

Incluso hay ejemplos de plantas acuáticas que han desarrollado órganos para absorber el nitrógeno atmosférico directamente del aire y transformarlo para su organismo. Un ejemplo de ello lo constituye el conocido helecho-alga *Azolla*, del cual hay algunas especies tropicales que se pueden cuidar en el acuario. Este pequeño helecho acuático muestra una peculiaridad biológica, como ya indica su nombre de “helecho-alga”. En las cavidades de las hojas viven unos filamentos celulares azulverdosos del alga *Anabaena azollae*, que liga el nitrógeno, la cual únicamente existe en la *Azolla* y sólo es visible a través del microscopio. Esta alga capta del aire el nitrógeno, lo transforma y lo almacena para cambiarlo por hidratos de carbono en su planta huésped.

En el acuario la situación del nitrógeno o del fósforo es totalmente distinta. En condiciones normales, en los acuarios hay unos contenidos de nitrógeno y fosfato que rebasan mil o diez mil veces la cantidad con que se ven confrontadas las plantas de acuario en la naturaleza.

Las causas para las cantidades relativamente elevadas de ambos nutrientes en el acuario están condicionadas es-

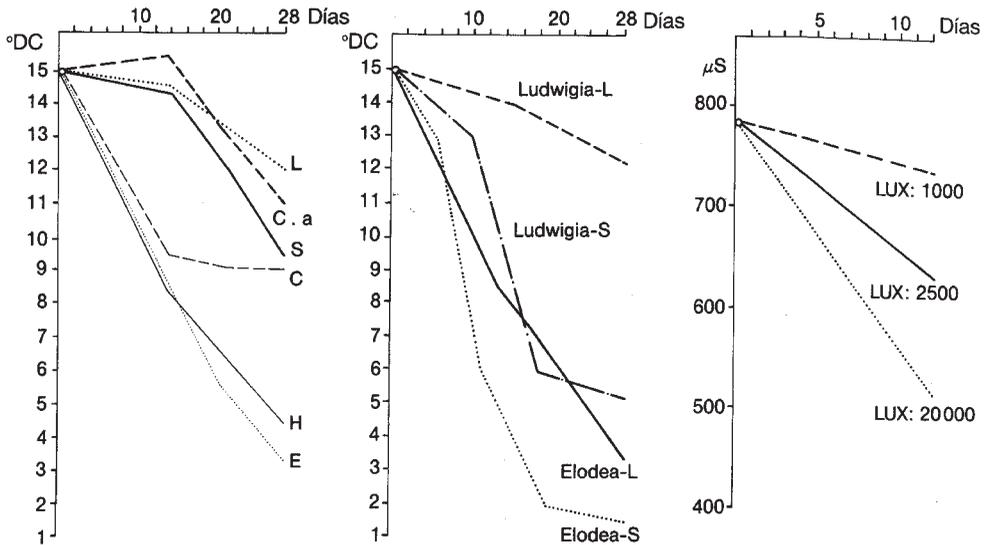


Fig. 3 (izquierda). Plantas acuáticas y descalcificación biógena.

El resultado del experimento representado aquí muestra que las diferentes especies de plantas tienen distintas capacidades para asimilar la cantidad de carbono que necesitan a partir del carbono "ligado" al bicarbonato. Condiciones del experimento: 3,5 l de agua del grifo de 26° dH y 15° DC por acuario (construidos totalmente de vidrio). Luz: lámpara Fluora de 65 vatios. Plantas: E = *Elodea*; M = *Myriophyllum*; C = *Cabomba*; S = *Sagittaria*; C. a. = *Cryptocoryne affinis*; L = *Ludwigia*. La capacidad de asimilar dicho carbono es tanto mayor cuanto más disminuye la dureza de carbonato.

Fig. 4 (centro). La descalcificación biógena depende de la luz. Otro experimento muestra asimismo que la utilización de carbono ligado a partir del bicarbonato depende de la intensidad luminosa. L = situación debajo de las lámparas fluorescentes, S = situación a la luz solar.

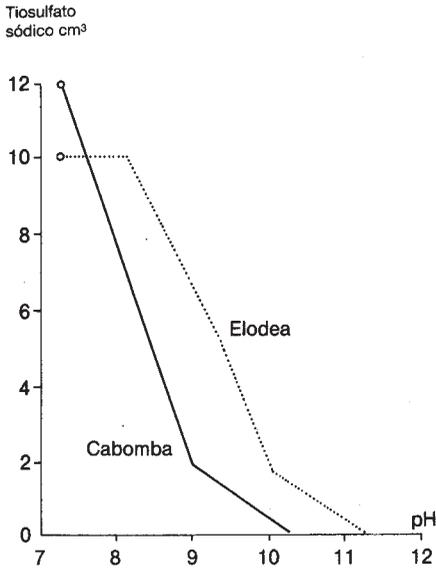
Fig. 5 (derecha). Planta y contenido salino.

El experimento con control de la conductancia en microsiemens también demuestra que la capacidad de asimilación de las plantas depende de la intensidad de la luz.

Planta experimental: brote de *Ludwigia*.

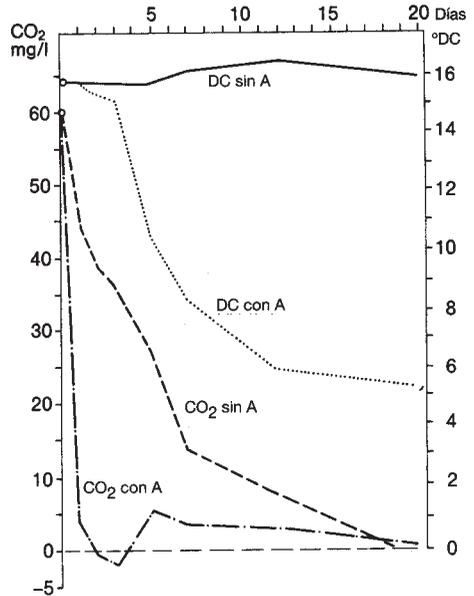
tructuralmente. Así por un lado, los restos de alimento y los peces procuran un aumento rápido y constante, atravesando el nitrógeno varias fases de oxidación de amonio a través de nitrito a nitrato. Por suerte para los peces en el acuario (y para el acua-

riólogo) estas fases normalmente se atraviesan con rapidez, de manera que todos los compuestos de nitrógeno se acumulan rápidamente en la última fase de oxidación de este elemento, el nitrato, ya que sólo éste es el compuesto de nitrógeno más



**Fig. 6a.** Diferentes capacidades de competencia.

Si falta un abonado con  $\text{CO}_2$ , el cual procura siempre que haya suficiente carbono aprovechable, las plantas sumergidas divergen en su capacidad de cubrir sus necesidades de C a partir del potencial del bicarbonato. La figura 6 reproduce un experimento de esta índole realizado por Gessner: la curva de la asimilación de *Cabomba* cae en picado cuando el pH es de 7,5; la de *Elodea* lo hace cuando el pH es de 8,5 y (según la intensidad luminosa) cesa de hacerlo cuando el valor del pH es de 11.



**Fig. 6b.** Comportamiento del  $\text{CO}_2$  en agua movida. Un fuerte movimiento de las aguas desaloja el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) gaseoso libre disuelto en el agua. Un experimento realizado con dos acuarios de 100 l cada uno, llenos de agua del grifo de 16° DC, sin sustrato de fondo, sin peces y sin plantas, lo muestra claramente. Cuando se aireaba, todo el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  con A) estaba desalojado casi por completo al cabo de 24 horas. Sin aireación ( $\text{CO}_2$  sin A) tardó unos 20 días hasta que todo el  $\text{CO}_2$  libre hubiese sido desalojado del agua. A consecuencia de la pérdida del  $\text{CO}_2$  también se descompuso el bicarbonato y disminuyó la dureza de carbonato ("DC").

inocuo para los peces. Si sucediera de otro modo o si apareciesen perturbaciones que impidiesen la transformación bacteriana del nitrito en nitrato, eso resultaría mortal para los peces.

Otra causa de los altos contenidos de nitrato y fosfato en el acuario se deben

buscar ya en el agua del grifo. El nitrato, por ejemplo, se "envía", según la situación del domicilio, en cantidades de hasta 50 mg/l. Dado que se sabe que el nitrato también resulta problemático para la alimentación humana, sobre todo la de los lactantes, se ha establecido el límite má-

**Tabla 15**  
**Campo o nivel óptimo de CO<sub>2</sub>**

DC/pH	Demasiado CO <sub>2</sub>		Nivel óptimo		CO <sub>2</sub> insuficiente						
	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0
0,5	15	9,3	5,9	3,7	2,4	1,5	0,93	0,59	0,37	0,24	0,15
1,0	30	18,6	11,8	7,4	4,7	3,0	1,86	1,18	0,74	0,47	0,30
1,5	44	28	17,6	11,1	7,0	4,4	2,8	1,76	1,11	0,70	0,44
2,0	59	37	24	14,8	9,4	5,9	3,7	2,4	1,48	0,94	0,59
2,5	73	46	30	18,5	11,8	7,3	4,6	3,0	1,85	1,18	0,73
3,0	87	56	35	22	14	8,7	5,6	3,5	2,2	1,4	0,87
3,5	103	65	41	26	16,4	10,3	6,5	4,1	2,6	1,64	1,03
4,0	118	75	47	30	18,7	11,8	7,5	4,7	3,0	1,87	1,18
5,0	147	93	59	37	23	14,7	9,3	5,9	3,7	2,3	1,47
6,0	177	112	71	45	28	17,7	11,2	7,1	4,5	2,8	1,77
8,0	240	149	94	59	37	24	14,9	9,4	5,9	3,7	2,4
10	300	186	118	74	47	30	18,6	11,8	7,4	4,7	3,0
15	440	280	176	111	70	44	28	17,6	11,1	7,0	4,4
20	590	370	240	148	94	59	37	24	14,8	9,4	5,9

Contenido de CO<sub>2</sub> en mg/l - dureza de carbonato en grados de dureza de carbonato (°DC)

ximo en 50 mg/l, porque hasta hace pocos años se hallaban en 90 mg/l de NO<sub>3</sub>.

Las aguas residuales con detergentes y el abonado agrícola también han conducido a un contenido más elevado de fosfatos en el agua del grifo. A causa de eso, no sólo en el acuario, sino también en los embalses de agua potable se dan grandes problemas. Se han de construir instalaciones millonarias para eliminar el fósforo y evitar que estos embalses se eutrofien a causa del elevado contenido de fosfatos.

En el acuario se añade, además, la producción propia de fósforo. Aunque no se conozcan daños directos en las plantas a causa de una concentración demasiado elevada de PO<sub>4</sub>, en el acuario existe todavía otro peligro. Las plantas sumergidas con sus delicados "instrumentos" de captación de nitrógeno y fósforo, se ven confrontadas de repente con esas cantidades, para ellas gigantescas. Muchas plantas simplemente no han aprendido a arreglárselas con este excedente y son "inundadas", por así decirlo, con estos nutrientes. A causa de

eso estas plantas mueren, por lo que no pueden ser cuidadas en un acuario. Otras, almacenan el nitrato en sus tejidos vegetales, del mismo modo a como el hombre almacena las grasas en su cuerpo. En este caso y en determinadas condiciones, más tarde aparecen complicaciones cuando variaciones químicas o físicas obligan a las plantas a disolver nuevamente estos depósitos.

El excedente de nitrógeno y fosfato se hace patente de forma desagradable, sobre todo en las algas del acuario. La fuerte iluminación, el abonado eficaz con  $\text{CO}_2$  y el buen aporte de todos los demás nutrientes, entre ellos, el hierro y todos los oligoelementos, favorece de manera sumamente importante en el crecimiento algal. Un exceso en la oferta de nitrógeno y fósforo proporciona a las algas ventajas frente a las plantas superiores.

Por este motivo, en el acuario hay que tomar en consideración medidas que reduzcan el  $\text{NO}_3$  y el  $\text{PO}_4$  a unos niveles como los que se dan en los biotopos naturales.

Son medidas para contrarrestar los contenidos demasiado altos de nitrato y fosfato:

1. No utilizar abono de jardín o de plantas, sino exclusivamente los abonos especiales para acuarios, que no contienen estos nutrientes.
2. Cambiar el agua con frecuencia para reducir la producción propia de nitrato y fosfato del acuario; por lo menos, cada 14 días 1/3 del volumen de agua.

3. Utilizar filtros de rociado secos, que proporcionan un contenido de oxígeno estable.
4. Evitar la superpoblación piscícola.
5. Alimentar moderadamente.
6. Utilizar plantas nitrófilas y de crecimiento lo más rápido posible.

### **Hierro y oligoelementos**

Aunque las plantas sólo necesitan diminutos “rastros” de hierro y de otros oligoelementos para su desarrollo orgánico, son precisamente estos “microelementos” los que con frecuencia causan grandes trastornos y problemas en el acuario. Normalmente, en la fisiología de la alimentación botánica se clasifica el hierro entre los “oligoelementos”. Por eso, el lector tal vez se extrañe de que en este libro se hable muchas veces de “hierro y oligoelementos”. Con ello pretendemos remarcar de manera especial la función clave del hierro en el acuario dentro del grupo de los oligoelementos.

No sólo en el acuario sino en toda la agricultura la clorosis férrica desempeña un papel predominante. Se ven atacados principalmente los frutales (plantaciones de cítricos), los arbustos de bayas, los cultivos de campo (maíz, brotes de soja) y, en las regiones tropicales, también en parte los arrozales. Según Leh (1969) “el déficit de hierro es una de las enfermedades carenciales de las plantas que primero y más se ha descrito”, cuya temprana explicación se cuenta entre los descubrimientos más importantes en la historia de la fisiología vegetal.

En el acuario el déficit de hierro se nota por los brotes vidriosos, amarillentos y raquíuticos, sobre todo de las plantas con tallos, como *Vallisneria*, *Elodea*, *Myriophyllum*, pero también de *Echinodorus*, *Aponogeton* y plantas flotantes puras. Estos fenómenos carenciales aparecían de forma más clara cuanto más higiénicos se volvían los acuarios. En lugar de los marcos de acuario que se oxidaban aparecían los acuarios pegados con silicona. Y una mejor iluminación y un buen movimiento del agua procuraban una mayor cantidad de oxígeno en ella.

Aunque el hierro mismo no participa en la formación de la clorofila, como catalizador tiene un papel importante en la síntesis de la clorofila. El hierro es un componente integrado en los grupos activos de diversas enzimas.

Durante años se intentó en acuariología contrarrestar este déficit mediante el tristemente famoso "clavo de hierro oxidado" colocado en el sustrato del fondo, mediante la adición de sales de hierro inorgánicas, por ejemplo, cloruro de hierro o también mediante compuestos orgánicos como citrato de hierro. Sin embargo, todo eso no logró ningún éxito apreciable, dado que el oxígeno disuelto en el agua volvía a oxidar enseguida el hierro que se diluía y lo precipitaba.

Su desplazamiento a causa de otros componentes del agua también puede producir déficit de hierro. Así por ejemplo, es conocida la precipitación de hierro debida a porcentajes demasiado elevados de calcio y de mag-

nesio (dureza total) a unos valores de pH superiores a 7; lo mismo también aparece cuando el contenido de bicarbonato (dureza de carbonato) es demasiado alto. A ello se añade aún que los iones de hierro en la planta no son demasiado móviles. Según Bergmann (1983), prácticamente no hay transporte de hierro de las hojas viejas a las jóvenes. Por ello, el déficit de hierro siempre se observa primero en las hojas jóvenes y, sólo en casos graves, afecta también a las viejas. Una relación iónica desfavorable en el agua puede conducir asimismo a un déficit de hierro. Así pudo demostrar Brückner (1980) que el déficit de potasio, común en el agua de grifo, aumenta las manifestaciones carenciales de hierro. Y, finalmente, una excesiva oferta de fósforo puede causar un déficit importante de hierro en el agua.

El cambio en la lucha contra la carencia de hierro sólo apareció con el empleo de quelatos de hierro sintéticos. Los compuestos orgánicos complejos con ácidos poliaminocarbónicos demostraron ser los más efectivos. El autor pudo notificar por primera vez en 1965 los experimentos e investigaciones realizados con éxito en plantas con EDTA (ácido etilén-diamino-tetra-acético). Estos experimentos mostraron unos éxitos tan claros y sorprendentes, que en consecuencia toda la nutrición de las plantas en el acuario se aprovechó de ellos. Actualmente no hay en el mercado un abono digno de mención que no contenga EDTA y otros quelatos.

Sin embargo, al añadir complejos sintéticos y oligoelementos es importante su correcta composición, tal como la hemos hallado en los análisis dados en el capítulo "Plantas de acuario en su hábitat natural". Eso también tiene importancia por el hecho de que los formadores de complejos sintéticos, por ejemplo, el EDTA, tienen la tendencia a ligar los nutrientes metálicos en una relación molar 1 : 1, y eso en un orden estricto.

La figura 7 muestra las constantes de estabilidad de diferentes oligoelementos. En primer lugar son ligados los metales con la constante de estabilidad más elevada, hasta que todos los iones existentes del metal en cuestión estén ligados. A continuación es ligado el metal situado en segunda posición, etc., hasta que el quelato finalmente está ligado por completo.

Por eso no es aconsejable –excepto en ensayos y experimentos– abonar sólo con quelatos individuales. Así, el quelato de Fe, tan utilizado en la práctica acuariológica, resulta peligroso para el crecimiento vegetal porque, si se utiliza solo, puede desplazar otros oligoelementos, por ejemplo el manganeso.

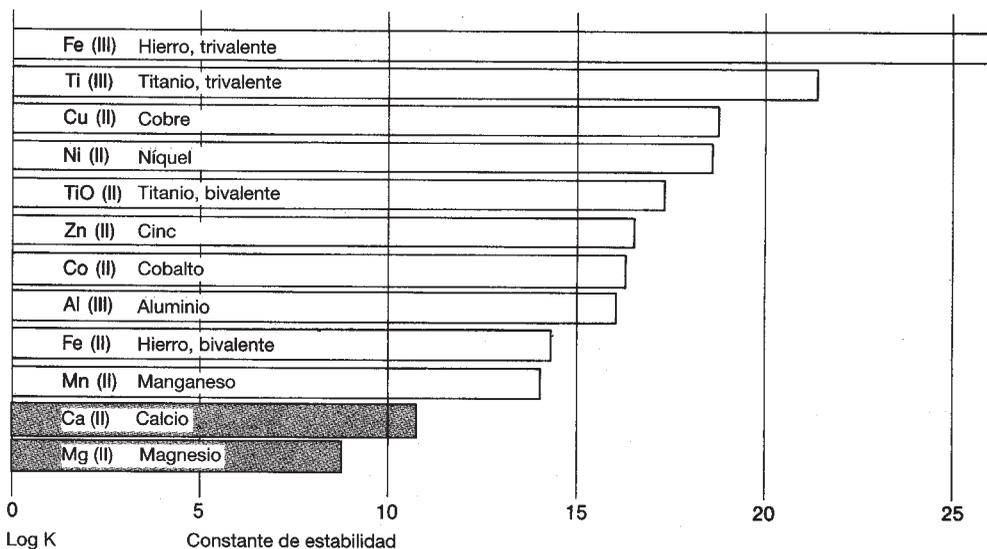
Un abono excesivo con este producto puede causar un déficit inducido de otro microelemento. Por ese motivo es razonable y mucho mejor dar sólo completo todo el complejo de oligoelementos. Según Hoagland (1930), son en conjunto 18 microelementos los importantes para la nutrición de las plantas y deben ha-

llarse en una determinada relación entre ellos.

Los abonados excesivos todavía pueden tener otras causas. Así, sobre todo en las casas de nueva construcción, con tuberías de cobre recién instaladas, existe el peligro de que los peces y las plantas resulten envenenados. El agua que se estanca en las tuberías se enriquece durante ese tiempo con cobre y alcanza concentraciones que pueden ser letales para los peces.

La correcta dosificación de los oligoelementos en el acuario no carece de problemas. Tanto su consumo como sus necesidades difieren individualmente de acuario a acuario. Los siguientes factores influyen en el acuario sobre el comportamiento del hierro y de los oligoelementos: la luz – el contenido de oxígeno – el movimiento del agua – la clase de filtro – la población piscícola – el contenido de CO<sub>2</sub> – la masa vegetal y el quimismo del agua.

En este punto volvemos a toparnos rápidamente con otro problema estructural del acuario. Por un lado la mayoría de oligoelementos sólo deben estar presentes en cantidades como las que existen en las aguas de procedencia de la planta, ya que en dosis mayores muchos de ellos son tóxicos. En un acuario, en el que el agua se cambia a lo sumo cada 14 días o 3 semanas, estos microrrastreros se consumen con rapidez o bien desaparecen a causa de otras reacciones u oxidaciones químicas. Por otro lado, estos elementos no se pueden aportar como "reserva".



**Fig. 7. Los oligoelementos se hacen solubles en el agua.**

La figura 7 muestra en qué orden liga los oligoelementos la sustancia quelante EDTA. Para la alimentación de las plantas también se pueden utilizar otros formadores sintéticos de complejos. En parte, la constante de estabilidad de los mismos se diferencia de EDTA considerablemente, tanto en su dependencia del pH como en la secuencia.

Una solución de este problema estructural es posible y es ofrecida de esta manera por una empresa de acuariología: todos los nutrientes problemáticos, o sea, el hierro y los oligoelementos, se preparan en un producto de abono especial. Se recomienda una dosis diaria, que sin embargo no se debe suministrar "a ojo", sino que se ha de fijar para cada acuario en particular.

Se parte del hecho de que el hierro presenta un comportamiento químico y una fisiología de la alimentación parecidos al de la mayoría de los restantes oligoelementos. El establecimiento de las necesidades indivi-

duales pasa por una medición del hierro. Los ensayos han dado como resultado que, al igual que en las aguas de plantas tropicales, lo mejor es un contenido de hierro permanente de aproximadamente 0,1 mg/l. Ahora es importante que también al cabo de 24 horas se puedan medir aún, como mínimo, unos restos de hierro. Mediante unas mediciones repetidas ajustamos la dosificación de este abono especial. Si el valor medido es inferior al indicado, se aumenta la dosis; si se sobrepasa dicho valor, hay que disminuirla hasta que el contenido de hierro permanece constante.

En la bibliografía a veces se recomiendan porcentajes de hierro más altos. Pero eso es preferible evitarlo, puesto que valores superiores conllevan daños por exceso de abonado. Además, no son necesarios y no corresponden a los requerimientos fisiológicos de las plantas de acuario. Unas dosis demasiado elevadas de hierro no sólo pueden dañar a las plantas, sino también a los peces. Según Liebmann (1958), para los peces tienen relevancia los siguientes límites de nocividad (en mg/l):

Hierro	0,9-2
Manganeso	75-1200
Cobre	0,08-0,8
Níquel	25-55
Estaño	aprox. 2
Cinc	0,1-2
Plata	0,02
Cadmio	3-20
Cobalto	30-100
Cromo	15-80
Mercurio	0,1-0,9
Plomo	0,2-10

### El sustrato de fondo y su función

Desde el comienzo de la acuariología se lleva discutiendo acalorada y contradictoriamente sobre el sustrato del fondo. Así, hasta ahora se manifestaron las opiniones más diversas y se dieron los consejos más divergentes unos de otros. Un acuariólogo, que desea informarse acerca del sustrato correcto basándose en la bibliografía existente, después de la lectura con frecuencia sabe tanto como antes de ella.

Incluso hay diferentes opiniones en la cuestión de qué papel desempeña la calidad del sustrato del fondo. Mientras que un autor, un excelente especialista en plantas, sostiene que “la composición del sustrato del fondo tiene una importancia menor”, otro autor escribe que “como aficionados a las plantas le debemos dar una importancia especial al sustrato del fondo”.

Por otra parte, se recomienda estrictamente no mezclar aditivo alguno con dicho sustrato, mientras que en otro lugar se recomienda “un sustrato de grano fino, rico en nutrientes” o incluso “un sustrato graso y fuerte”, quedando a cargo del acuariólogo el comprender lo que se quiere decir con eso. J. Peter (1906) definió un sustrato rico en nutrientes de la siguiente manera: 1/3 de tierra de jardín grasa (tierra de topos), 1/3 de turba (de grano grueso o desmenuzada) y el úl-

#### Suelo en el biotopo vegetal tropical

Las aguas tropicales con plantas se caracterizan por un contenido de hierro relativamente elevado. La causa de eso estriba en el suelo de laterita ferruginoso (foto superior izquierda). En condiciones anaerobias penetran grandes cantidades de hierro en las aguas subterráneas. Cuando también penetra oxígeno, el hierro flocula (foto superior derecha) y sedimenta. Al trabajar en el sustrato del fondo (fotos centro a la izquierda y derecha) el barro ferruginoso es arrastrado por el agua (en este lugar se tomó la muestra de suelo núm. 5). Parte inferior izquierda: También este suelo de gravilla (*Cryptocoryne wendtii*) contiene gran cantidad de hierro debajo de la superficie. Parte inferior derecha: Muestra de suelo (núm. 3) en el biotopo de *C. cordata* (véase también la foto de la pág. 71).





timo tercio a partes iguales de arena de río y arcilla.

Por lo demás, la tierra de toperas era lo que la bibliografía antigua prefería recomendar para el fondo de un acuario.

Las adiciones de turba se valoran tanto positiva como negativamente. Como material básico se recomienda gravilla cuarcífera, de grano grueso a fino; la hojarasca se recomienda una vez, pero en la mayoría de los casos se rechaza su uso. En general, se considera positiva la adición de arcilla; los abonos generalmente se rechazan y la única concordancia que existe es que hay que rechazar en todos los casos un sustrato calcáreo. Asimismo hay que desechar los decorados calcáreos, tales como conchas de bivalvos o de caracoles, así como piedras calizas, ya que endurecen el agua.

Hay que preguntarse cómo se llega a opiniones tan dispares, aun dando por sentado que los puntos de vista y opiniones publicados se basan en observaciones propias correctamente realizadas.

De hecho, tampoco se podía llegar a unas manifestaciones coincidentes,

#### **Plantas en primer plano.**

**Parte superior izquierda:** *Sagittaria subulata* var. *pusilla*, que forma rápidamente un espeso césped.

**Parte superior derecha:** *Marsilea crenata*.

**Centro izquierda:** *Echinodorus isthmicus*, la planta enana del Amazonas.

**Parte inferior izquierda:** *Echinodorus bolivianus*.

**Parte inferior derecha:** *Lilaeopsis novae-zealandiae*.

porque se partía de premisas básicas distintas. Dicho de otra manera, la cuestión del sustrato de fondo todavía no se ha podido contestar unánimamente hasta la fecha porque no se había puesto en claro la cuestión del agua.

Quiero explicarlo con un ejemplo, en el que vamos a analizar un denominado "sustrato rico en nutrientes". El acuario núm. 1 se llena de gravilla cuarcífera sin lavar, el acuario núm. 2 con la misma gravilla más adición de arcilla, turba y, si se da el caso, con "tierra de toperas". Ambos acuarios se llenan con agua corriente del grifo que, como hemos dicho, presenta lagunas en algunos nutrientes. Por ello, con toda seguridad se obtendrán resultados relativamente mejores en el acuario con el sustrato "rico en nutrientes". Las plantas pudieron absorber, en cierta medida, nutrientes a través de las raíces y, en parte, también a través de las hojas, puesto que el sustrato cedía nutrientes al agua.

No obstante, si ambos acuarios se cuidan de forma óptima, es decir, si se añade al agua del grifo un buen abono para acuarios y si se dispone de un buen abonado con CO<sub>2</sub> y de una buena iluminación, puede suceder en poco tiempo que el acuario núm. 2 dé el resultado peor, porque el sustrato que hay en él se pudre y se vuelve negro, y no se tardará en tener que sacar todo lo que hay en ese acuario.

En los acuarios con plantas que pasan hambre debido a una carencia de nutrientes, es posible que cualquier

“aditivo” aporte de forma transitoria ciertas ventajas modestas, pero a largo plazo tal aditivo puede resultar una mala jugada si, por ejemplo, aparecen procesos de putrefacción u otras consecuencias perjudiciales.

Pero, en primer lugar, veamos los criterios respecto al sustrato de fondo del acuario, que se establecieron teniendo en cuenta las ya descritas condiciones en el hábitat natural de la planta, así como las observaciones y ensayos propios. Ante todo hay que dejar claro que no se puede discutir acerca del sustrato de fondo del acuario sin mencionar la función que tienen las raíces de las plantas de acuario. Durante mucho tiempo se trató de adivinar en acuariología si las plantas de acuario absorbían sus nutrientes a través de las raíces o de la superficie de las hojas. Científicamente, esta cuestión ya está aclarada desde hace tiempo, aunque todavía no todos los acuariólogos lo sepan. Stengel (1978) escribe sobre este tema: “Por más asombroso que sea, básicamente **cualquier** superficie de una planta acuática es un lugar posible para el intercambio de sustancias. Del mismo modo, el transporte de muchas sustancias en la planta acuática es posible en **cualquier dirección**”. Ello viene dado por el hecho de que las plantas acuáticas, además de las posibilidades que tienen de intercambiar sustancias en la zona radicular, poseen unos complejos celulares especiales –denominados hidropotes (“bebedores de agua”) y pelos glan-

dulares– en la zona del tallo y de las hojas.

Frank y Hodgson (1980-82) constataron este hecho con experimentos en los que se vio que sustancias radiactivas eran absorbidas por las raíces de las plantas sumergidas.

En su trabajo, Stengel todavía llamó la atención sobre otro hecho importante para el cultivo de plantas de acuario, pero que la acuariología aún ha tenido demasiado poco en cuenta: el intercambio de sustancias no sólo consiste en una absorción de sustancias (sobre todo nutrientes), sino también en la no menos importante cesión de sustancias (excreción) al entorno. Cabe que aquí se halle la explicación del hecho, que siempre se ha vuelto a observar, de que los acuarios, es decir, sus sustratos de fondo realmente “envejecen”. A pesar de todos los esfuerzos en el cuidado del agua, en procurar una buena iluminación y buenas condiciones de filtrado, las plantas cada vez se vuelven más feas y raquílicas. Éste es el estadio en que el acuariólogo está tentado de experimentar cualquier cosa, aunque en tal situación sólo entra en consideración el “sacarlo todo y equipar de nuevo el acuario”.

Por norma hay que tener en cuenta que no todas las plantas de acuario tienen la facultad de absorber nutrientes con todos los órganos. Hay que tener presentes las diferencias individuales en las numerosas especies que se cultivan unas junto a otras en el acuario. Y, además, también

hay que tener en cuenta que en el acuario y bajo el concepto de "plantas de acuario" poseemos plantas de hábitats muy diversos:

1. Plantas palustres, que temporalmente también crecen debajo del agua, o sea que son anfibia (p. ej., *Cryptocoryne*).
2. Plantas acuáticas verdaderas que viven sumergidas, es decir, únicamente bajo el agua y que sólo llevan a la superficie hojas especiales durante la floración.
3. Plantas flotantes puras, como por ejemplo *Limnobium*, que sólo pueden sacar los nutrientes del agua.

### Material del sustrato de fondo

Los estudios realizados en los biotopos naturales nos ofrecen puntos de referencia para la composición del sustrato de fondo. En este punto tenemos que distinguir entre el material grueso del fondo y la sustancia fina que existe entre este material.

En las aguas naturales se pueden registrar las siguientes estructuras gruesas:

1. Guijarros y piedras gruesas de 10-50 mm de diámetro
2. Grava, grava gruesa, piedras y guijarros de 0,5-10 mm de diámetro
3. Mezcla de arcilla y arena
4. Pantano - barro - ciénaga
5. Entramado de raíces (Fotos págs. 72 y 89)

Entre todos los tipos de suelo pueden existir transiciones fluidas. Gran importancia tiene, sobre todo, el material fino que se halla entre el grueso y

que se depositó o sedimentó en ese lugar. Ésta es la verdadera reserva de nutrientes del suelo.

Por este motivo se analizaron diversos suelos en las aguas tropicales con respecto a su contenido en nutrientes. El resultado mostró grandes diferencias con los sustratos del acuario.

En la tabla 11 (pág. 65) se enumeran ocho muestras diferentes de suelo, que proceden de diversos biotopos. En el lugar donde existen estos suelos crecen diferentes plantas palustres y acuáticas, sobre todo aquellas que se cuidan con gusto en acuarios.

- |            |   |
|------------|---|
| Muestra 1: | <i>Cryptocoryne affinis</i>   |
| Muestra 2: | <i>Cabomba caroliniana</i><br><i>Utricularia</i><br><i>Barclaya motleyi</i><br><i>Cryptocoryne zewaldiae</i><br><i>Blyxa</i><br><i>Nymphaea</i> |
| Muestra 3: | <i>Cryptocoryne cordata</i>   |
| Muestra 4: | <i>Cryptocoryne cordata</i><br><i>Barclaya longifolia</i><br><i>Blyxa</i><br><i>Limnophila</i><br><i>Utricularia</i>                            |
| Muestra 5: | <i>Cryptocoryne albida</i><br><i>Crinum thaianum</i><br><i>Ceratopteris</i><br><i>Aponogeton</i><br><i>Blyxa</i><br><i>Barclaya longifolia</i>  |
| Muestra 6: | 50 especies diferentes de plantas tropicales, cultivadas en una corriente de aguas termales en Hungría, en las proximidades del Lago Balatón.   |

Muestra 7: Sustrato de fondo de un acuario de 11 años.

Muestra 8: Gravilla cuarcífera no desgastada, multicolor de 3-4 mm de diámetro.

Las reservas de nutrientes en los suelos naturales de los cursos o superficies de agua, son muchísimo mayores que en el sustrato de fondo de un acuario. En el suelo natural destaca el elevado contenido de hierro, así como el contenido relativamente alto de manganeso. Pero también los valores de potasio y magnesio ofrecen unos puntos de referencia importantes para una evaluación.

Este elevado contenido de hierro, tanto en las muestras de los trópicos como también en las de las aguas termales húngaras, indica el carácter amortiguador o de tampón del fondo de las aguas en que crecen plantas. Entre el agua y el suelo hay un intercambio permanente –un toma y daca–. Naturalmente, este sistema amortiguador sólo puede funcionar si hay un contenido mínimo de los nutrientes importantes. Durante nuestros estudios comprobamos, además del hierro y el manganeso, el cobre y el cinc, cuyo contenido presenta asimismo valores sorprendentemente altos. De ello se desprende que los oligoelementos no estudiados también se hallan presentes en el suelo con valores relativamente altos.

A muchos acuariólogos, sobre todo a los más viejos, se les caerá la venda de

los ojos. Las suposiciones y recomendaciones, tan denostadas, del famoso clavo de hierro en el sustrato, y de las bases y marcos de acuario que se oxidaban, encuentran su justificación póstuma gracias a esta documentación.

La adición de arcilla al sustrato de fondo del acuario, que recomiendan numerosos autores y especialistas en plantas acuáticas se basa en observaciones correctas, ya que la arcilla posee el contenido más elevado de hierro de los aditivos para el sustrato corrientes hasta la fecha. De todos modos, el hierro existente en la arcilla no es suficiente en las actuales condiciones modernas del acuario (luz, movimiento del agua, contenido de oxígeno y de CO<sub>2</sub>, plantación densa).

La mezcla de un sustrato rico en hierro, como recomiendan los autores modernos y también ofrecen las casas de acuariología (p. ej., Duplarit), es una conclusión imperativa derivada de los análisis de las aguas con plantas tropicales y europeas.

Pero, a fin de obtener un resultado plenamente satisfactorio también hay que tener en cuenta la mecánica y la estructura del sustrato de los acuarios. A continuación vamos a hablar de ello.

### **Sustrato del fondo y balance térmico**

Por supuesto no sólo basta con encontrar la mezcla adecuada para el fondo e introducirla en el acuario. El sustrato debe cumplir otras importantes misiones. Entre otras, desde el fondo se ha de regular funcionalmente

el balance térmico de un acuario. Si lo hacemos correctamente, matamos dos pájaros de un tiro. ¿Por qué?

1. El sustrato de fondo se ha de integrar en el acuario, es decir, se tiene que establecer un intercambio de agua entre el suelo y el agua. De esta manera se copia en el acuario el flujo vertical y horizontal de las aguas naturales (figura 8), de modo que se asegura una distribución uniforme de los nutrientes, así como la retirada de los productos de desecho vegetales. Con ello se contrarresta un prematuro proceso de envejecimiento. Y más importante todavía: de esta manera se evita el ennegrecimiento del sustrato del fondo.

2. Por lo demás, hay que vigilar la temperatura del sustrato del fondo. No debería ser mucho más fría que la del agua. Paffrath acuñó el concepto de los "pies calientes", con lo que quería decir que a las plantas no les gusta tener los "pies fríos". Y eso puede ocurrir con facilidad si se ha colocado el acuario en un sitio donde la temperatura del aire es bastante más fresca que la del agua del acuario y los calefactores están instalados por encima del nivel del sustrato.

Este problema se puede solucionar mediante las calefacciones del suelo, bien con mantas calefactoras colocadas debajo del acuario o, mejor aún, con cables calefactores (figura 9), que se instalan sobre la base del acuario. Además, esta forma de ca-

lentar el acuario también tiene un efecto físico especial y muy positivo para el acuario: el agua caliente asciende. De esta manera se consigue una ligera corriente a través del sustrato, con lo que se copia el flujo de las aguas subterráneas existente en las aguas naturales. Las ventajas son evidentes: todas las sustancias disueltas son movidas y distribuidas, es decir, traídas y llevadas. En el sustrato del fondo no sólo se distribuyen los nutrientes, sino también el oxígeno que desprenden las raíces de las plantas durante el período de luz.

### **Estructura del sustrato del fondo**

A fin de que todo funcione perfectamente, hay que vigilar que el grano del material del fondo sea el correcto. Hasta ahora, los mejores resultados se han obtenido con la gravilla cuarcífera ligeramente multicolor y químicamente neutra. Sobre todo, hay que vigilar que esté libre de cal, ya que de otro modo el pH aumentaría desfavorablemente y podrían aparecer problemas con los nutrientes.

En este punto debo corregir mis antiguas recomendaciones. Durante muchos años trabajé en el acuario con una gravilla como material de fondo, con un grano de 3-4 mm de diámetro. En el tercio inferior añadía laterita ferruginosa tropical. Este sustrato de fondo, unido a una calefacción en el suelo, dio excelentes resultados. No obstante, al cabo de dos a tres años, salieron a la luz los inconvenientes de este granulado, según la

alimentación y la formación de residuos vegetales. Los intersticios de la gravilla se llenaron de estos residuos que se mineralizaron por acción bacteriana. Este material se iba espesando lentamente y se volvió duro como el cemento —el sustrato se volvió impermeable, lo que dificulta el intercambio de agua que se canaliza en una zona limitada del sustrato. Resultado: las plantas crecen peor y, al final, se ha de volver a equipar de nuevo el acuario.

Una gravilla de granos de 2-3 mm de diámetro es más ventajosa. Tanto los residuos como otros sedimentos quedan encima del sustrato y se pueden succionar mejor cuando se lleva a cabo la limpieza periódica. De todos modos, si se tienen siluros de la familia de los *Callychtidae*, es recomendable utilizar gravilla más fina, puesto que estos peces se pueden dañar con facilidad sus barbillones si la gravilla es más gruesa. Un sustrato de fondo preparado de esta manera trabaja químicamente de modo más natural y representa “la cocina del acuario”, en la que los nutrientes son diluidos y elaborados de manera conveniente para las plantas. Por ejemplo, el hierro y otros oligoelementos importantes adoptan una forma química en la que son solubles en el agua. El hierro trivalente, por ejemplo, se reduce a hierro bivalente soluble, el denominado “hierro activo”. Tan pronto como llega al espacio de agua oxigenado, se vuelve a oxidar debido al oxígeno, y precipita nuevamente. Pero éste es precisa-

mente el ciclo que también tiene lugar en las aguas naturales; el color pardorrojizo de las mismas nos lo confirma. En el arroyo natural las raíces pardas sólo tienen este color en la cara externa; se puede lavar el color ya que sólo se trata de ocre de hierro superpuesto. Entonces tales raíces tienen el mismo color blanco que las que conocemos de los acuarios.

### **La luz en el acuario.**

La iluminación sobre el acuario cumple una doble función: óptica y biológica. Debe dar una luz correcta a los peces y a todo el paisaje subacuático —ver y ser visto es uno de los aspectos. La otra función de la iluminación es mucho más problemática y compleja, y va unida a todas las funciones biológicas de las plantas de acuario. La luz representa, al mismo tiempo, energía para las plantas, las cuales la necesitan para su metabolismo —desde la asimilación de los nutrientes hasta la formación de la clorofila. La luz es un instrumento mediante el cual se pueden ralentizar o acelerar los procesos vitales, con todas las consecuencias que eso conlleva. Con la luz una planta se desarrolla hermosa y fuerte, pero con luz también se la puede matar.

En el fondo, el acuario es un biotopo muy pequeño, pero muy variado, en el que se alcanzan y sobrepasan con facilidad las condiciones extremas. Es de valientes hacerle al acuariólogo recomendaciones acerca de la luz, medidas en vatios por litro o por cm

de acuario, sin tener en cuenta las restantes condiciones de crecimiento existentes en el mismo. En determinadas circunstancias 500 lux pueden resultar excesivos, en otro caso 5000 lux, demasiado poco.

En primer lugar, vamos a resumir las funciones y problemas existentes en un acuario y luego buscaremos las soluciones apropiadas respecto a la iluminación.

¿Cómo es la situación en el acuario? Normalmente, en el acuario cuidamos plantas de todas las zonas de las aguas tropicales, fundamentalmente diferentes tanto en sus especies como en sus géneros, y lo hacemos mezclándolas de cualquier manera en un volumen relativamente modesto de agua. En otras palabras: tanto plantas que necesitan sol como las de sombra, tanto de África, como de Asia y Sudamérica; plantas acuáticas finamente plumuladas, como por ejemplo, *Cabomba* y *Limnophila*,

que en la naturaleza también están más expuestas al sol, o bien plantas de hojas enteras como *Cryptocoryne*, *Echinodorus* y *Anubias*, siendo las zonas de transición fluidas y no uniformes.

Junto a la cantidad de luz también desempeña un papel importante la calidad de la misma. Con ello nos referimos a la división de la luz blanca en diferentes longitudes de onda. No

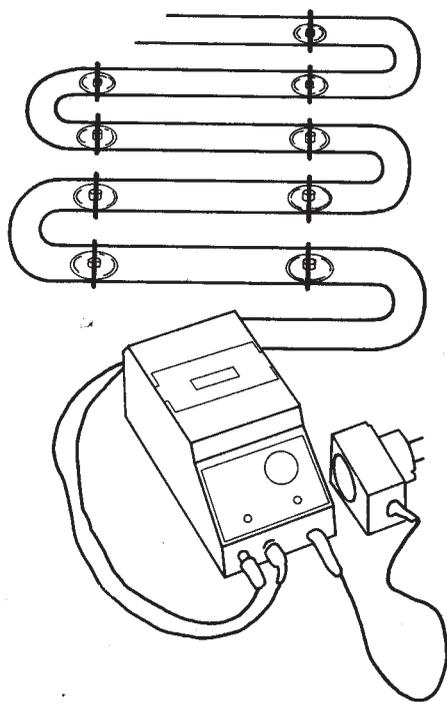


Fig. 9. Ejemplo de una calefacción para el fondo del acuario. El cable calefactor se instala sobre el fondo del acuario mediante anclajes para cables, antes de introducir el sustrato. Si se utiliza un calefactor de bajo voltaje, se tendrá la suficiente seguridad tanto para las personas como para los animales.

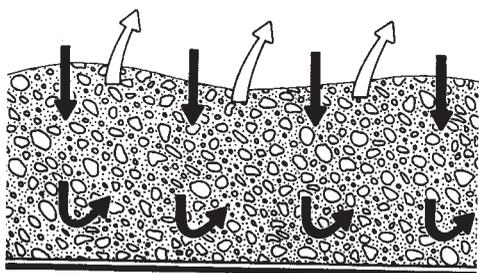


Fig. 8. Mediante la calefacción en el fondo integramos este sustrato en el acuario. Por causas físicas el agua calentada asciende del fondo hacia la zona superior y el agua fría descende al fondo. De esta manera se copia el flujo de las aguas subterráneas que se da en las aguas naturales.

sólo el foco de luz mismo, sino también la profundidad del agua y su calidad (coloración) influyen decisivamente en ella.

La cantidad de luz actúa sobre la morfogénesis, la calidad de la luz lo hace en gran medida sobre la fotosíntesis. Ya el botánico Pfeffer pudo demostrar la influencia que tienen las diferentes longitudes de onda sobre la asimilación de las plantas. Así, la asimilación de un alga verde era óptima en la zona de radiación roja del espectro de la luz solar. Eso se vio en el hecho de que en ese lugar se acumulaban la mayoría de bacterias, dado que allí el desprendimiento de oxígeno era mayor (figura 10).

Los estudios científicos dieron como resultado que la fotosíntesis se favorece en la zona del espectro azul-violeta, por una parte, y en la anaranjado-roja, por la otra. El campo de luz verde-amarilla en el centro del espectro, especialmente apropiado para la sensibilidad del ojo humano, es menos interesante para las plantas. Los tubos fluorescentes poseen espectros de luz muy diversos, según sea su tipo, y son óptimos para el crecimiento de las plantas si la densidad del haz se halla situada en el centro de la curva de asimilación de las mismas. Así, hay diversos tipos de fluorescentes que han demostrado ser los favoritos para el acuario.

Pero las plantas acuáticas también han aprendido a adaptarse a la calidad de la luz. Esta capacidad, denominada científicamente adaptación cromática, está causada por un ajuste

o acomodación de su sistema pigmentario y hace que numerosas plantas acuáticas sean capaces de adaptarse a la luz de su hábitat. Esta capacidad desempeña un papel especial en el caso de las algas, como ya lo demuestran sus nombres: algas azules, verdes, rojas y pardas.

Desde el punto de vista acuariológico es muy interesante que, según Bode, que llevó a cabo estudios con *Eloдея* y *Fontinalis*, el precultivo es decisivo para la posterior tasa de asimilación. Las plantas precultivadas con luz roja, por ejemplo, mostrarán un rendimiento mejor con luz roja que con luz azul, y viceversa. Debido a su capacidad de adaptación cromática, las plantas se pueden adaptar poco a poco a unas condiciones lumínicas distintas. Por ejemplo, también en el acuario las plantas se pueden ver confrontadas con una situación semejante si se cambian los fluorescentes y luego se utilizan tipos diferentes.

### **Oferta energética y de nutrientes**

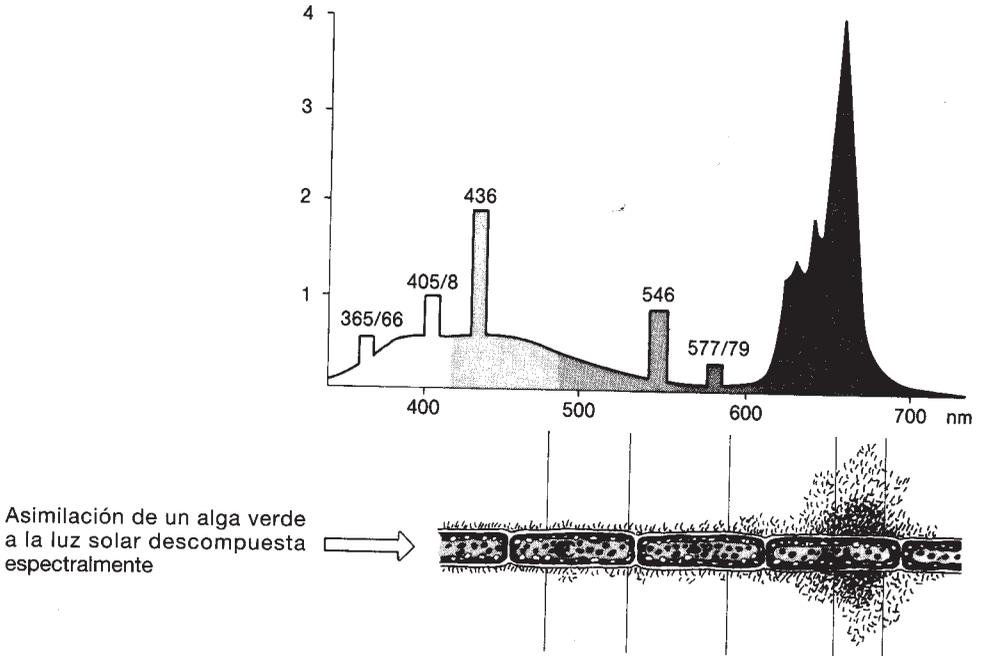
No obstante, el problema primordial del acuario consiste en hacer coincidir las ofertas de energía y de nutrientes. Puedo recordar que muchos acuariólogos tuvieron grandes problemas cuando se introdujeron los tubos fluorescentes, ya que sirve de poco si a una mayor tasa de luz, o sea de energía, no se le adapta la oferta de nutrientes. Si en un acuario sólo se intensifica la luz, sin equilibrar el aporte de CO<sub>2</sub> o el de nutrientes, la luz más intensa incluso puede re-

sultar nociva o mortal para las plantas. El incremento de energía luminosa acelera la asimilación y el metabolismo de las plantas, por lo que ahora requieren más nutrientes. Si estos se agotan más deprisa o si hay un déficit, aparecen síntomas de carencia que, en determinadas ocasiones, pueden resultar más perjudiciales que las condiciones anteriores de luz más débil.

Las consecuencias en el acuario podrán manifestarse en decoloraciones de las hojas, que indican la pronta pérdida de la planta. En primer lugar

se responsabiliza de ello a la nueva iluminación, pero de hecho se trata de una carencia de nutrientes. Otra consecuencia de una mayor intensidad de luz también puede consistir en un aumento del pH, si al mismo tiempo no se cubre la mayor necesidad de  $\text{CO}_2$  que conlleva.

Sobre todo cuando se utilizan las "lámparas para plantas" propiamente dichas, como GroLux y Fluora, eso puede ocurrir rápidamente. El hecho de que una luz más intensa exige un suministro adaptado de nutrientes, concuerda con los resultados experi-



**Fig. 10. El oxígeno se forma en el espectro rojo.**

Diversos experimentos mostraron que en la luz solar descompuesta espectralmente los filamentos de algas verdes desprendían la mayor cantidad de oxígeno (véase la parte inferior del gráfico). Paralelamente a ello (arriba) se representó la distribución espectral relativa de densidad de los rayos de luz de la lámpara para plantas empleada.

mentales de numerosos investigadores. Noak, el cual iluminó intensamente *Fontinalis* en agua libre de CO<sub>2</sub>, halló una destrucción de la clorofila por causas foto-oxidativas, así como una disminución en la intensidad de asimilación. En la bibliografía científica se encuentran bastantes ejemplos parecidos.

### **Contenido de oxígeno – medida también para una iluminación correcta**

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, ahora debemos reflexionar acerca de la iluminación de acuarios correcta. Partimos de la base de que la energía lumínica ha de ser tan grande que la planta pueda cumplir su misión principal en el acuario: aportar el suficiente oxígeno (capítulo: “Misión de las plantas acuáticas y su eficacia biológica”).

El contenido de oxígeno del acuario nos da al mismo tiempo la “medida” con la que podemos evaluar y “medir” la iluminación correcta. La saturación de oxígeno en un sistema de acuario que funcione perfectamente debe ser todavía del 50%, como mínimo, al comenzar la fase diurna y al final del día llegar, por lo menos, al 100% (o ligeramente por encima) (sobre este tema véase el apartado “Oxígeno”, pág. 19). Con esta exigencia ya hemos delimitado considerablemente la cuestión sobre la iluminación correcta de un acuario. Con ello y bajo los modernos puntos de vista de cómo ha de ser un acuario, ya quedan desechadas tanto la luz del

día como las bombillas incandescentes.

**Luz del día:** En los comienzos de la acuariología los aficionados no tenían más remedio que iluminar el acuario con luz diurna, por lo que éste se colocaba cerca de la ventana. Los problemas eran enormes. Tan sólo en verano, la luz era relativamente suficiente, luego empezaba la temida “mortandad otoñal”. Se intentaba por todos los medios dominar el problema del oxígeno mediante toda clase de construcciones de “bombas de aire”. Pero incluso en verano se estaba muy lejos de los cuidados apropiados respecto a los peces.

**Lámparas de incandescencia:** Las bombillas incandescentes no son recomendables para un funcionamiento permanente a causa de su escaso rendimiento lumínico, o sea por razones económicas. Además, su espectro es demasiado desfavorable para poder sustituir la luz del día. Las bombillas incandescentes provistas de reflector, sobre todo las de tipo “spot”, tienen razón de ser como lámparas adicionales para la iluminación de las plantas o partes vegetales emergidas.

**Lámparas de luz mixta:** Para estas lámparas también rigen puntos de vista similares a los de las bombillas incandescentes. Para mantenerlas funcionando permanentemente no resultan económicas.

Ello se pone de manifiesto si comparamos la cantidad de lumen (flujo luminoso por 1 vatio) de diferentes focos de luz:

	Lumen
Bombillas incandescentes	7
Lámparas de luz mixta	15
Focos HQL	50
Focos HQI	75
Lámpara fluorescente	80
Lámpara Lumilux	98

Esta comparación nos da, de esta manera, la respuesta a nuestra pregunta sobre la manera correcta de iluminar un acuario:

1. Lámparas fluorescentes, entre ellas como favoritos los colores de luz diurna 11 + 21 (Lumilux de Osram, etc.) o los tipos fluorescentes más modernos "Dulux"
2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HQL)
3. Lámparas halógenas de vapor metálico (HQI)

La elección en cada caso sólo depende ahora del tamaño, del carácter y del lugar donde se ha colocado el acuario.

Pero, en primer lugar, vamos a describir algunas características de las lámparas de acuario favoritas:

**Lámparas fluorescentes:** Este tipo de lámpara aún debe ser hoy en día la iluminación más instalada sobre el acuario, ya que se caracteriza por una enorme economía respecto a otros tipos de lámparas. La forma alargada es adecuada, sobre todo, para la iluminación de superficies y el escaso desprendimiento de calor la hace recomendable principalmente en acuarios cerrados. El encendido inmediato es un inconveniente, sobre

todo en el caso de peces asustadizos, así como el hecho de que los fluorescentes, a fin de obtener el suficiente efecto de profundidad, se han de montar bastante bajos sobre el acuario (a 10 o 15 cm), lo que impide acceder a la superficie del agua. No obstante, si se cuelgan con un dispositivo para subir y bajarlos se puede remediar este inconveniente.

La extensa gama de fluorescentes, que a primera vista parece confusa, se reduce para fines acuariológicos a unos pocos tipos. En la práctica sólo interesan las lámparas especiales para plantas "Grolux" y "Fluora", las cuales sin embargo y debido a sus colores extremos, sólo se pueden mezclar con otras lámparas y, como favoritos, los colores de luz diurna 11 y 21 (Osram: Lumilux), cuyo espectro es muy parecido al de la luz diurna, y las del nuevo tipo Dulux.

### **Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HQL)**

Para los acuarios de una altura hasta 50-55 cm son sin lugar a dudas las más idóneas y tienen unas ventajas que se aprecian sobre todo para "acuarios abiertos". Debido a su elevada intensidad de radiación penetran perfectamente hasta el fondo. A menudo se utilizan plantas como *Echinodorus tenellus* o *Lilaeopsis novae-zelandiae* para plantarlas en primer plano ya que, al ser plantas ribereñas, suelen gozar de buenas condiciones de luz en su hábitat natural. Con frecuencia, en el acuario penetra

poca cantidad de luz hasta el fondo, por lo que las plantas fotófilas se vuelven raquílicas. Debido al efecto de punto de luz de las lámparas HQL se pueden colocar sin ningún problema las plantas de sol y las de sombra y a los peces les gusta el encendido paulatino de las lámparas HQL. Hay que mencionar como un inconveniente el que son ligeramente antieconómicas (lumen) con respecto a los fluorescentes, así como una leve desviación en el espectro de la luz; el espectro lineal en la zona de asimilación de la luz roja se halla ligeramente junto al óptimo. Pero, gracias a su intensidad de radiación, este inconveniente casi no se manifiesta (véase "Adaptación cromática", pág. 98).

La industria acuariológica ofrece carcasa agradables a la vista para este tipo de lámparas, regulables de 80 a 125 vatios, que permiten trabajar sin dificultad sobre el acuario.

### **Lámparas halógenas de vapor metálico: Power Stars HQI**

Vamos a comenzar con su mayor inconveniente: la enorme inversión que representan. Si añadimos el intenso desprendimiento de calor y su gran peso, habremos enumerado todos los inconvenientes; por lo demás sólo presentan ventajas.

Frente a la lámpara HQL tiene un rendimiento luminoso mucho mayor, hasta 95 lm/W (en comparación a unos 50 lm/W). Su óptimo espectro de luz diurna proporciona una excelente reproducción cromática. El

buen efecto de foco luminoso puntiforme y su enorme intensidad luminosa permiten un buen crecimiento incluso a poca distancia del fondo del acuario (plantación de primer plano) –y eso incluso en acuario altos, que aun a una altura de 100 cm reciben una iluminación perfecta. El efecto de foco puntiforme hace posible, a su vez, el colocar convenientemente las plantas de sol y las de sombra. Y para los peces es agradable también el encendido lento de las lámparas halógenas.

### **El día de luz bajo el agua: la duración de la iluminación en el acuario**

Para decirlo de antemano, hace cierto tiempo me asaltaron dudas de si la duración de la iluminación de 12 horas que yo recomendaba era correcta. Recordemos que en el apartado sobre "La luz como factor energético" decía que en los países tropicales el día de luz bajo el agua es mucho más corto que el día de luz sobre el agua, puesto que la reflexión de la luz acorta el día de luz al amanecer y al anochecer. A ello se añade que debajo del agua a veces reinan unas condiciones de iluminación muy modestas debido a la vegetación ribereña o a los días nublados o lluviosos. De repente, se imponía preguntar: ¿cuál es la duración correcta de la iluminación para un acuario? ¿12 horas, 14 horas, o tal vez mucho menos de lo que se ha supuesto hasta ahora?

La respuesta a estas preguntas la aportaron unas mediciones exactas

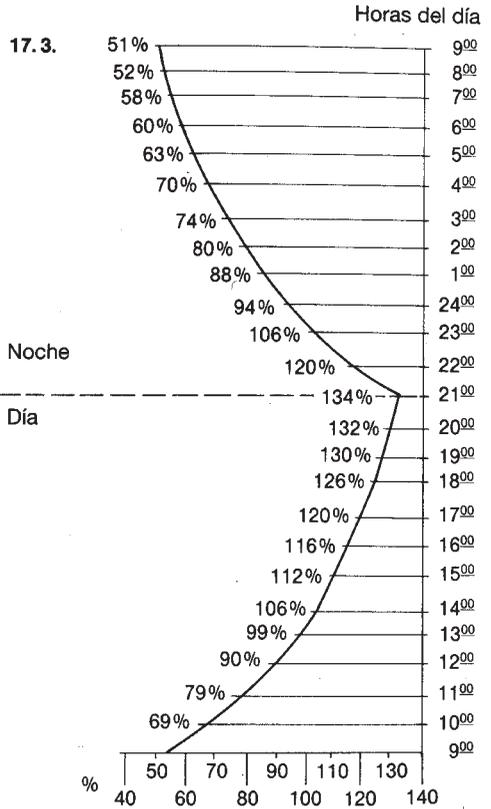
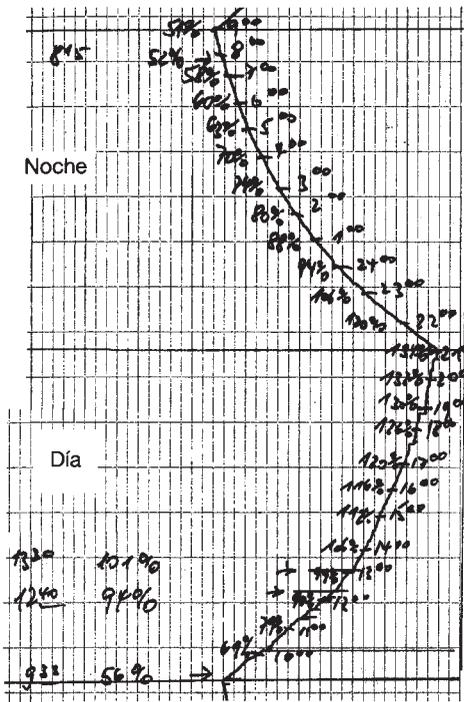


Fig. 11. Cantidad de oxígeno en un acuario a lo largo del día.

La ilustración reproduce los registros de O<sub>2</sub> en un acuario de 350 l.

Izquierda: reproducción del registro original; derecha: representación gráfica del porcentaje de oxígeno a lo largo del día. La cantidad de oxígeno se indica en porcentajes de saturación.

El acuario (140 x 50 x 50 cm) está iluminado con 2 lámparas HQL de 125 vatios cada una, posee una buena plantación, calefacción del fondo, movimiento de las aguas, abono con CO<sub>2</sub> y vegetal, carece de filtro y aloja unos 80 peces pequeños a medianos. La curva del oxígeno casi es idéntica día a día.

del oxígeno, que llevé a cabo con un medidor de oxígeno WTW-OXI 191 y un aparato registrador acoplado en mi acuario de 400 l. El contenido de oxígeno sirvió de magnitud de medición. Cuestión: ¿cuánto tiempo se necesita para alcanzar una saturación

de oxígeno del 100% como nivel óptimo del día? El resultado fue sorprendente.

Las curvas de oxígeno reproducidas a lo largo de semanas y meses coincidían. Al comienzo del día el contenido de oxígeno era algo mayor del

50%, entonces subía rápidamente y entre las 13.00 y las 14.00 horas superaba el límite del 100%. A continuación la curva se volvía más plana. Hasta las 21.00 horas, o sea, después de un "día" de 12 horas, aún aumentaba en una curva menos marcada hasta alcanzar una saturación del 130-135% (figura 11).

Tras apagar todas las lámparas, el contenido de oxígeno descendía rápidamente, pero al cabo de tres horas ya volvía a alcanzar el 100% y, hasta las 9.00 horas (comienzo de la iluminación), volvía a disminuir, en una curva cada vez más plana, hasta un nivel de aproximadamente el 50%.

Entre las lámparas HQL y HQI sobre el mismo acuario había ligeras diferencias en el rendimiento, si bien no eran importantes. Aunque entre las lámparas HQL y HQI hay una considerable diferencia de intensidad, la curva del oxígeno no mostraba diferencia alguna hasta alcanzar la marca del 100%. Ambas lámparas llegaban a esta saturación, partiendo del 50% aproximadamente, en el intervalo de unas 5 horas. Las diferencias entre estos dos tipos sólo se manifiestan en la zona por encima del 100%. Las lámparas HQL todavía aumentaban el contenido de oxígeno por la tarde hasta un 135%, más o menos, mientras que las lámparas HQI lo hacían hasta el 150-180% en 12 horas como máximo.

No obstante, unos filtros mal cuidados (consumo de oxígeno) y déficit de CO<sub>2</sub>, tienen efectos perturbadores sobre la saturación de oxígeno. Todo

eso concuerda con la explicación sobre el balance de nutrientes en el acuario.

### **Consecuencias**

Ensayos adicionales dieron como resultado que, al utilizar lámparas con una intensidad luminosa pequeña (el mismo acuario sólo con 2 fluorescentes), no se alcanzaba de ninguna manera la saturación de oxígeno, ni siquiera manteniéndolas en funcionamiento durante más tiempo. Debe existir una determinada intensidad de luz.

Yo saqué la siguiente conclusión: ahora, con las lámparas HQL y HQI ilumino el acuario a lo sumo durante 8-10 horas. De esta manera el ahorro de 2-4 horas de luz intensa disminuye los gastos de inversión superiores.

### **El no-va-más del suministro de oxígeno en el acuario: el filtro de rociado**

En este lugar deseo señalar una combinación especialmente efectiva, la de plantas de acuario que aportan oxígeno y un filtro de rociado. Y ello también porque el filtro de rociado sigue siendo criticado con parcialidad en este aspecto tanto en los artículos de revistas como en las conferencias.

Y eso deseo demostrarlo con un ejemplo: un acuario de 720 l, 153 cm de ancho, 76 cm de profundidad, un nivel de agua de 62 cm, con plantación densa y una amplia gama de plantas de acuario, iluminado con 2 lámparas HQI de 250 vatios cada

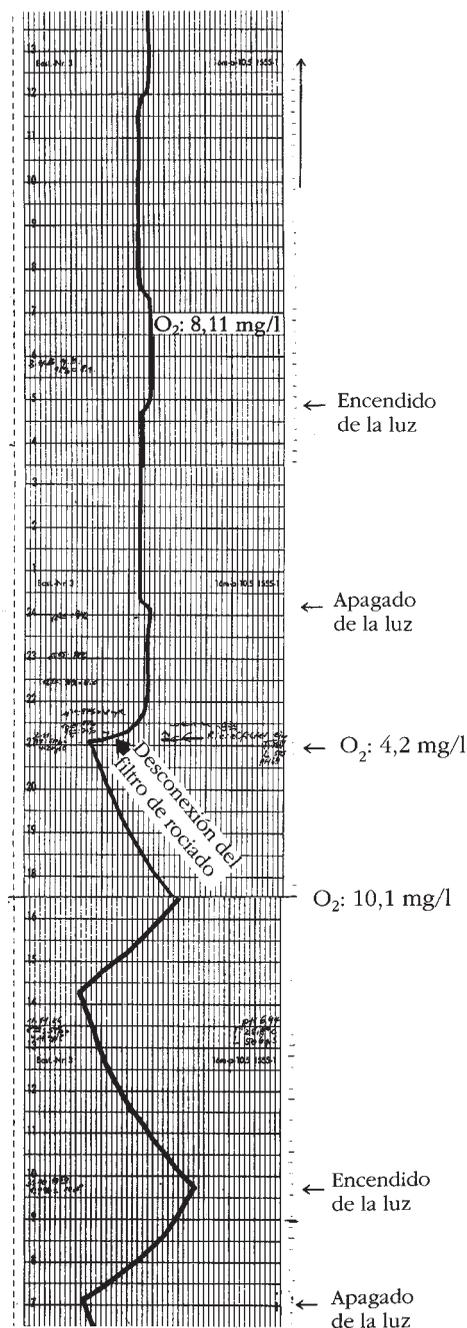
una, estaba provisto de un filtro de rociado (8% del volumen del agua). Los valores del agua eran: 505  $\mu\text{S}$ , pH de 6,9-7,0 y dureza de carbonato de 8° dH.

Durante varios años este acuario se observó con un medidor de oxígeno WTW-OXI 191 con un aparato registrador acoplado.

El fin de este experimento consistía en averiguar lo que sucede en un acuario semejante, una vez con el filtro de rociado y una vez sin él. El gráfico nos lo mostrará (véase ilustración de la derecha).

Después de que este acuario hubiera tenido un "tiempo de rodaje" de un año con el filtro de rociado, se le desconectó, es decir, para evitar las complicaciones causadas por bacterias, dicho filtro sólo seguía funcionando internamente.

Seguidamente, el aparato registrador dibujó las amplias líneas en zig-zag de la parte inferior del gráfico. Se trata de las amplitudes de día y noche del contenido de oxígeno en el acuario. La iluminación se encendía a las 9.00 de la mañana y se apagaba a las 19.00 horas de la tarde, de manera que el período "diurno" era de 10 horas. Por la mañana el contenido de  $\text{CO}_2$  era de unos 4,5 mg/l, lo que, junto con una temperatura constante de 26,5° C daba una saturación de oxígeno del 55% aproximadamente. Inmediatamente después de encender la luz las plantas comenzaban a producir oxígeno, hecho que se ve en el marcado ángulo que forma la línea. En-



tonces, el contenido de oxígeno aumentaba en una línea ligeramente curvada, alcanzando al apagar la luz de 10,5 a 11 mg/l, lo que corresponde a una saturación del 130 al 135%.

En la curva (que se continuó tratando durante semanas de la misma manera) se ve claramente cómo el comportamiento del oxígeno era constante día a día.

¿Qué ocurrió cuando se volvió a integrar en el sistema del acuario el filtro de rociado? Eso queda reflejado en la parte central y superior del gráfico. En el momento mismo de poner en funcionamiento el filtro de rociado, el valor de  $O_2$  aumentó hasta un valor cercano al nivel de saturación, que en este acuario es de unos 8 mg/l, y ahora podemos ver un comportamiento de amplitud del oxígeno muy diferente. Sólo aparecen oscilaciones poco marcadas, pero éstas son constantes tanto de día como de noche. El filtro de rociado –gracias a su “efecto de rociado”– “corta” o evita los picos de  $O_2$ , tanto hacia arriba como hacia abajo y proporciona de esta manera un contenido de oxígeno constante en el acuario –de modo análogo a como sucede en las aguas naturales.

¿Hay una prueba más clara de la efectividad de un filtro de rociado? Representa una ayuda técnica y biológica valiosa, tanto dentro como junto al acuario, para copiar los efectos naturales. De esta manera se consiguen dos cosas: 1. se estabiliza el contenido de oxígeno y 2. se ofrece

una gran superficie para la colonización de bacterias que han de llevar a cabo un tratamiento natural del agua que será muy conveniente para el acuario.

Los inconvenientes que a menudo se achacan al filtro de rociado, tales como la pérdida de  $CO_2$ , el ser una trampa para nutrientes, etc., son posiblemente unos efectos transitorios de la fase de puesta en rodaje. Una vez que el filtro de rociado posee una población bacteriana suficiente, las bacterias aportan adicionalmente gran cantidad de anhídrido carbónico. También el espectro de una trampa para los nutrientes es puramente teórico. El crecimiento de plantas, sano y libre de algas, que existe en tales acuarios demuestra lo contrario.

### **El oxígeno – la medida de todas las cosas en el acuario**

Lo expuesto hasta ahora en este libro sobre el tema del oxígeno demuestra que el enunciado de arriba es correcto. Puesto que si las plantas de acuario son capaces de llevar el contenido de oxígeno cerca del límite de saturación en el intervalo de iluminación de 8 a 10 horas, cabe suponer que todos los parámetros del acuario son correctos: entonces la luz es la correcta, la situación de los nutrientes es óptima, el pH y el aporte de  $CO_2$  están equilibrados, el acuario está bien calentado, el sustrato del fondo está bien mezclado, el filtro trabaja sin problemas y la carga orgánica del acuario se mantiene entre unos límites

razonables, la población piscícola se ha elegido bien y la elección de las plantas también ha tenido éxito. Pero cuando el acuario ya no sea capaz de alcanzar el contenido de

oxígeno de unos 8 mg/l durante el período de iluminación, será hora de comprobar lo que no está bien y lo que no funciona correctamente en el acuario.

# Plantas para el acuario

## Reflexiones básicas

En los capítulos precedentes hemos comentado las condiciones químicas y físicas necesarias para un buen crecimiento vegetal. En este tema nos hemos dejado guiar por las reflexiones de que las plantas sumergidas sólo pueden llevar a cabo en el acuario la misión de regenerar el agua y crear un buen medio para los peces si se satisfacen completamente sus necesidades vitales.

Observemos con más detenimiento los actores que desempeñan este papel antes de escogerlos. Yo creo que para una plantación correcta están indicados algunos comentarios.

### Las plantas han de poder vivir y crecer

A fin de que las plantas puedan cumplir plenamente su función biológica, hay que tener presentes algunas reglas que la mayoría de acuariólogos pasan por alto cuando eligen las plantas. Si es posible, las plantas no deben hacerse más altas y largas que la altura del acuario. De otro modo se puede dar fácilmente el caso de que, sobre todo las plantas con tallo, crezcan cubriendo la superficie del agua y tapen la luz a las plantas situadas debajo. Las consecuencias desfavorables son evidentes: las plantas que han

quedado a la sombra sufren trastornos de crecimiento y tampoco participan en el proceso biológico, por ejemplo, en el desprendimiento de oxígeno. Por otro lado, las plantas que cubren la superficie del agua exigen continuas intervenciones. Se han de recortar constantemente, pinzando la parte superior de la planta con el extremo del brote y el cono vegetativo y volviendo a plantarla. Naturalmente esta parte de la planta, amputada y carente de raíces, al principio muestra una vitalidad trastornada, quedando suprimida durante cierto tiempo su acción biológica en el acuario. Si el otro resto de la planta se conserva, también necesitará una especie de convalecencia hasta volver a ser plenamente activo. Pero si sólo quedan las raíces en el sustrato del fondo, se corre el riesgo de que aquí se origine un foco de putrefacción. O sea que, cuidado con las plantas de tallo, como por ejemplo *Rotala macrandra* o *Heteranthera zosterifolia*. Claro que en un acuario no hace falta renunciar a estas hermosas plantas, más aún puesto que suelen ser buenas consumidoras de nitrato. Sin embargo, su cantidad sólo debe ser una pequeña parte de la plantación total. Además, hay que garantizar que se controlen y se “mantengan” continuamente. No obstante, en un acuario “abierto” tam-

bién se pueden utilizar perfectamente y con ventaja plantas que crezcan algo más y que sobresalgan por encima del acuario como *Echinodorus cordifolius*, etc. Cuando crecen hasta salirse del acuario sólo les quitan limitadamente la luz a las restantes plantas.

Vaya mi consejo para aficionados que tengan poco tiempo para llevar a cabo continuos trabajos de corrección en el acuario: limítense a plantas que no crezcan a mayor altura que el acuario. Por otro lado, las condiciones de luz, ideales hoy en día (lámparas HQI) ofrecen la posibilidad de utilizar acuarios altos. Sé que este consejo gustará únicamente a pocos aficionados. La renuncia, o mejor, la limitación voluntaria a utilizar sólo parcamente un grupo de las más hermosas plantas de acuario (p. ej., *Rotala macrandra*, especies de *Cabomba* y *Ludwigia*) no resulta fácil para todos los acuariólogos.

En consideración a la función biológica de las plantas de acuario hay que cuidar con todo esmero los denominados “acuarios de esquejes”, si en ellos han de vivir peces. Por más bonitos que sean ópticamente los llamados “acuarios holandeses” cuando se presentan en una exposición doméstica, después se comprueba el esfuerzo que representa volver a marcar y plantar los extensos campos y “calles” de plantas. Así, esta rama de la acuariología no tardará en causarle algunos problemas al acuariólogo demasiado ocupado.

## **Peligros al adquirir las plantas**

Ya en la tienda zoológica, a cuyo especialista el aficionado le presenta su lista de plantas, aparecen rápidamente dificultades y acechan peligros que cuestionan de antemano el éxito de un acuario:

1. Las plantas que se desean no se pueden conseguir o el comerciante no las tiene disponibles. No pierda enseguida las esperanzas. La lista de “plantas para el acuario óptimo” que se enumera en el capítulo siguiente sólo contiene aquellas plantas que se ofrecen durante todo el año en el comercio (nos pusimos de acuerdo con los mayores y más importantes cultivadores de Europa) y en ciertas estaciones del año todavía son más. Déle la lista de las plantas que desea a su especialista de la tienda zoológica; con toda seguridad sabrá dónde conseguirlas.

2. El segundo escollo ante el que se encuentran los acuariólogos cuando se trata de las plantas podría ser la cuestión de si es preferible adquirir ejemplares precultivados o plantas silvestres importadas. La respuesta inequívoca es la siguiente: decídase por plantas precultivadas, ya que disfrutará más con ellas. Con las plantas silvestres importará al mismo tiempo algunos problemas: a) las plantas silvestres necesitan un tiempo de aclimatación; b) la compra de plantas silvestres provoca la recolección en las colonias vegetales amenazadas y c) al mismo tiempo importa también las esporas de las algas rojas tropicales que no son nada recomenda-

bles para un acuario (*Composopogon coeruleus* y otras).

3. Hay diversas plantas de acuario ya precultivadas en maceta. Esta idea, en sí buena, podría esconder una trampa. Muchas de estas plantas se cultivan de forma emergida en soluciones nutritivas que, entre otros, poseen un elevado contenido de nitrógeno y fosfato. Si no se lava este sustrato concienzudamente con agua, penetrarán en el acuario grandes concentraciones de nitrato y fosfato. Peligro: sobre todo los acuarios recién instalados pueden correr desde un principio el riesgo de un fuerte crecimiento algal. Por eso, mi consejo es sacar las plantas de la maceta con raíces incluidas, ponerlas en remojo y trasplantarlas al acuario sin la maceta.

### **Primero planear, después plantar**

Un acuario bellamente plantado siempre tiene su comienzo sobre el papel. Es aconsejable realizar un esquema de plantación antes de ir a comprar las plantas. Aquí vuelve a ser necesario tener en cuenta algunas reglas que deciden el éxito o el fracaso.

Un acuario recién instalado pasa primero por una fase crítica. Las plantas que se han colocado en él todavía no son completamente funcionales, sea porque se podaron las raíces o porque sólo se plantaron esquejes. Las plantas aún se encuentran en estado de shock y se han de adaptar a las nuevas condiciones de vida, desde la luz hasta el balance de nutrientes. Su metabo-

lismo y asimilación son de momento muy frágiles y el desprendimiento de oxígeno al agua se inicia poco a poco.

En esta fase inicial reina la alarma roja en el acuario. En estos momentos es demasiado fácil que se extiendan algas azules u otras algas desagradables, que ponen en peligro desde un principio la empresa de hacer funcionar el acuario.

La mejor prevención para superar esta fase inicial crítica consiste en llenar el tanque con plantas de crecimiento rápido que enraicen bien. De esta manera, unido a unas óptimas condiciones de luz y de nutrición, podemos asegurar desde el comienzo que las plantas realizarán un buen trabajo en el sustrato del fondo. Posteriormente una parte de las plantas de crecimiento rápido se sustituirá por otras de crecimiento lento y más delicadas.

### **No hay que ahorrar en donde no se debe**

Por desgracia, muchos aficionados empiezan a ahorrar cuando van a comprar las plantas. O bien se cree que las plantas han de crecer primero y luego extenderse por sí mismas. Este punto de vista es equivocado y, en muchos casos, el comienzo de un fracaso. A causa de las plantas que faltan se corre el peligro de que el sustrato se oxigene mal y empiecen a pudrirse diversas zonas. En tal caso se habrá perdido la oportunidad de conseguir un crecimiento vegetal sano.

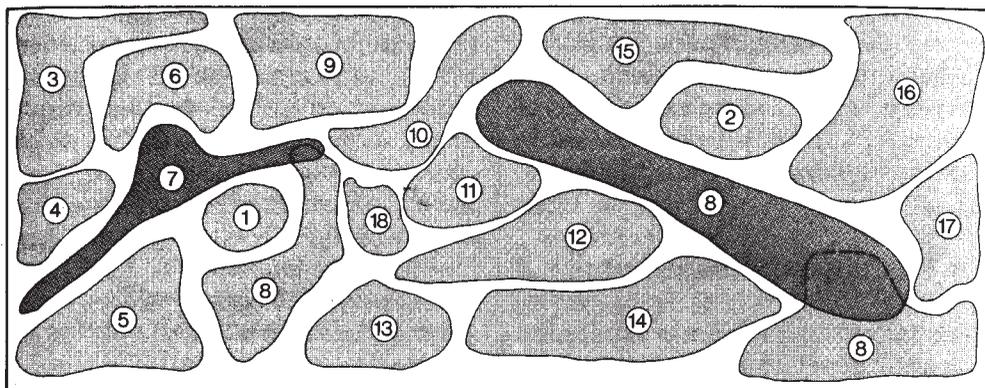


Fig. 12. Plan de plantación.

1 = *Echinodorus cordifolius* (1) alternativamente: *Cryptocoryne pontederifolia* (3),  
 2 = *Echinodorus uruguayensis* (1) altern.: *Cryptocoryne balansae* (4) altern.: *Nuphar lutea*,  
 3 = *Vallisneria americana* (30), 4 = *Hydrocotyle verticillata* (14), 5 = *Sagittaria subulata* f.  
*pusilla* (20), 6 = *Bacopa amplexicaulis* (8) altern.: *Cryptocoryne wendtii* (5), 7 = *Bolbitis*  
*heudelotii* (1), 8 = *Anubias barteri* var. *nana* (10), 9 = *Heteranthera zosterifolia* (10) altern.:  
*Ceratophyllum demersum* (8), 10 = *Echinodorus parviflorus* "Tropica" (5), 11 = *Micranthemum*  
*umbrosum* o bien *M. micranthemoides*, 12 = *Cryptocoryne petcbii* (6), 13 = *Marsilea crenata* (en  
 maceta), 14 = *Lilaeopsis novae-zelandiae* (8 macetas), 15 = *Bolbitis heudelotii* (1),  
 16 = *Hygrophila difformis* (8), 17 = *Echinodorus opacus* (4), 18 = *Eleocharis acicularis* (en  
 maceta).

El esquema de plantación de la figura 12 pretende servir más para dar una idea que para imitarlo. No renuncie al placer de planear, puesto que al hacerlo se verá obligado a ocuparse de las características de la planta, de su aspecto y de su esperanza de vida; en pocas palabras, aprenderá a conocerla mucho mejor. Planee —como en nuestro ejemplo— qué plantas deberá cambiar tras el "tiempo de rodaje". Las plantas de tallo se han de mantener con regularidad, es decir, se han de podar para que no quiten demasiada luz a las restantes plantas. Por supuesto en este planeamiento es importante decidir de antemano qué clase de acuario, es decir, abierto o cerrado, hemos escogido. Pero

sobre este tema hablaremos con mayor detalle en el próximo capítulo. Si bien es un asunto particular de usted —y para la función biológica de las plantas de importancia secundaria— cómo dispone las plantas en relación unas a otras, para la impresión estética común sería importante el tener en cuenta que haya contrastes en cuanto a la forma, al color y a la altura. Las plantas de hojas grandes quedan bien al lado de unas de hojas plumosas; hojas pardas contrastan con verdes y hojas lisas casan perfectamente con otras onduladas. Las posibilidades de decorar con raíces y piedras ofrecen igualmente innumerables variantes. Puede que, tras el primer decorado, aún desee llevar a

cabo correcciones, hasta que tenga la forma definitiva. Pero, tenga en cuenta que las constantes manipulaciones a la larga no le convienen al acuario. La ley suprema es la de la continuidad en todos los ámbitos.

## Elección de las plantas

Kurt Paffrath cuenta en la actualidad unas 300 especies de plantas que se pueden mantener en un acuario. Los grados de dificultad de su cultivo son variables. Los libros-guía de Paffrath (1978), de Wit (1986) y Mühlberg (1980) ofrecen una buena visión de conjunto de estas plantas, principalmente el libro sobre *Cryptocoryne* de Niels Jacobsen (1982).

Sin embargo, la disponibilidad de las plantas de acuario es limitada y difiere según la estación. Después de hablar con los principales cultivadores de plantas de Europa, tenía en mi lista 135 especies que se pueden conseguir durante casi todo el año en los comercios especializados. Estas plantas están agrupadas seguidamente en una lista, según el lugar donde se colocan en el acuario.

Después, las señaladas con un asterisco (\*) se describen con más detalle.

### Plantas para el primer plano

Son plantas de acuario que, debido a su tamaño, son muy apropiadas para plantarlas en el acuario en primer plano. No obstante, hay que tener presente que gran número de ellas

crece en su hábitat natural en taludes ribereños y en lugares muy soleados. Sin embargo, en el acuario el primer plano es con frecuencia el sitio que recibe menos luz y eso quizá podría causar dificultades.

*Anubias barteri* var. *nana* \*

*Cryptocoryne parva* \*

*Cryptocoryne willisii* \*

*Echinodorus bolivianus* \*

*Echinodorus humilis*

*Echinodorus isthmicus*

*Echinodorus latifolius*

*Echinodorus opacus* \*

*Echinodorus parviflorus* Rataj "Tropica" \*

*Echinodorus quadricostatus* var. *xinguensis* \*

*Echinodorus tenellus* \*

*Eleocharis acicularis*

*Hydrocotyle verticillata* \*

*Lilaeopsis novae-zelandiae* \*

*Marsilea crenata* \*

*Sagittaria platyphylla* \*

*Sagittaria subulata* f. *pusilla* \*

### Plantas para el centro: punto de atracción sustitutorio

Las plantas reunidas en este grupo son indicadas, si se juntan varias, como puntos de atracción óptica —en lugar de las plantas solitarias dominantes:

*Anubias barteri* var. *barteri* \*

*Bolbitis heudelotii* \*

*Cryptocoryne affinis* \*

*Cryptocoryne albida* (*C. costata*) \*

*Cryptocoryne beckettii* \*

*Cryptocoryne wendtii* \*

*Echinodorus cordifolius*

*Echinodorus parviflorus* \*

*Echinodorus portoalegrensis* \*  
*Micranthemum micranthemoides* \*  
*Nymphaea daubenyana*  
*Nymphaea lotus* \*  
*Peplis diandra* \*  
*Sagittaria sagittifolia*  
*Vallisneria americana* \*  
*Vallisneria spiralis*

**Plantas solitarias:  
puntos de atracción ópticos**

Aquí se trata de plantas dominantes, que dirigen la vista sobre sí debido a su tamaño, color y forma. No obstante, en un acuario cerrado hay que tener presente que algunas de ellas alcanzan de prisa la superficie del agua. En un "acuario abierto" estas plantas se pueden utilizar mucho mejor, dado que en tal caso los brotes que crecen por encima de la superficie pueden ser muy atractivos llegando incluso a florecer.

*Anubias barteri*  
*Aponogeton boivinianus* \*  
*Aponogeton rigidifolius* \*  
*Aponogeton ulvaceus*  
*Aponogeton undulatus*  
*Barclaya longifolia* \*  
*Crinum thaianum*  
*Cryptocoryne balansae* \*  
*Cryptocoryne ciliata* \*  
*Cryptocoryne pontederiifolia* \*  
*Cryptocoryne retrospiralis* \*  
*Echinodorus amazonicus*  
*Echinodorus amazonicus* var. *parviflorus*  
*Echinodorus bleberi*  
*Echinodorus cordifolius* \*  
*Echinodorus horizontalis*  
*Echinodorus longistylis*

*Echinodorus martii*  
*Echinodorus muricatus*  
*Echinodorus palaeifolius*  
*Echinodorus paniculatus*  
*Echinodorus subulatus* \*  
*Echinodorus uruguayensis*  
*Eichhornia azurea* \*  
*Eusteralis stellata* \*  
*Lagenandra ovata*  
*Nuphar lutea* (L.)  
*Saururus cernuus*  
*Synnema triflorum* \*  
*Vallisneria gigantea*  
*Vallisneria spiralis*

**Plantas de tallo**

Generalmente, las plantas de tallo agrupadas en esta lista crecen más de lo que es la altura del acuario. Existe el peligro de que no tarden en flotar sobre la superficie del agua y quiten la luz a las plantas que crecen debajo de ellas. Se recomienda utilizar tan sólo pequeños grupos de estas plantas si el acuario no tiene una altura correspondiente.

*Alternanthera reineckii* \*  
*Ammannia senegalensis*  
*Bacopa amplexicaulis*  
*Bacopa monnieri* \*  
*Cabomba aquatica*  
*Cabomba caroliniana* \*  
*Cabomba piaubyensis* \*  
*Cardamine lyrata* \*  
*Egeria densa*  
*Elodea densa* \*  
*Heteranthera zosterifolia* \*  
*Hydrocotyle leucocephalus*  
*Hygrophila corymbosa*  
*Hygrophila difformis* \*  
*Hygrophila longifolia*

*Hygrophila polysperma*  
*Hygrophila salicifolia*  
*Limnophila aquatica* \*  
*Limnophila aromatica*  
*Limnophila indica*  
*Limnophila sessiliflora* \*  
*Lobelia cardinalis* \*  
*Ludwigia brevipes*  
*Ludwigia natans*  
*Ludwigia palustris* \*  
*Ludwigia palustris* var. *americana*  
*Lysimachia nummularia*  
*Mayaca vandellii* \*  
*Micranthemum micranthemoides* \*  
*Micranthemum umbrosum*  
*Myriophyllum brasiliensis* \*  
*Myriophyllum elatinoides*  
*Myriophyllum hippuroides*  
*Nesaea crassicaulis* \*  
*Nomaphila stricta*  
*Polygonium aquaticum*  
*Rotala macrandra* \*  
*Rotala rotundifolia* \*  
*Rotala wallichii* \*  
*Shinnersia rivularis* \*  
*Synnema triflorum* \*  
*Vallisneria asiatica*

### Plantas para usos especiales

#### a) Plantación marginal, plantas que se apoyan sobre piedras o raíces

Precisamente el acuario abierto permite, con los métodos de la moderna técnica acuariológica, cuidar plantas que, si se cultivan sólo de manera sumergida, a la larga encontrarían condiciones poco apropiadas para ellas, es decir no aceptables. Sin embargo, si se cultivan cerca de

la superficie del agua sujetas a raíces o piedras o en acuarios auxiliares, son agradecidas y dignas de ser observadas.

*Acorus calamus* f. *variegatis*  
*Acorus gramineus*  
*Acorus gramineus* var. *pusillus*  
*Bolbitis heudelotii* \*  
*Ceratophyllum demersum* \*  
*Microsorium pteropus* \*  
*Samolus parviflorus* \*  
*Spathiphyllum wallisii*  
*Spiranthes cernua* \*

#### b) Plantas flotantes

Sobre todo entre las plantas flotantes existen algunas que se cuidaban con gusto en los comienzos de la acuariología, pero que luego desaparecieron cuando los acuarios se taparon. Hoy en día se vuelven a ver y se pueden cultivar perfectamente bien. Gracias a la fácil accesibilidad de un acuario abierto, se puede evitar una propagación demasiado rápida de estas plantas.

*Azolla caroliniana* \*  
*Ceratopteris thalictroides* \*  
*Eichhornia crassipes*  
*Limnobium laevigatum* \*  
*Nymphoides humboldtiana* \*  
*Pistia stratiotes* \*  
*Riccia fluitans* \*  
*Salvinia auriculata*  
*Wolffia arrhiza* \*

#### Lista de plantas

Damos seguidamente una breve caracterización de las plantas palustres y acuáticas adecuadas para un acuario, siempre teniendo en cuenta su uso

en un acuario de funcionamiento óptimo. Aquí comentaremos, ante todo, sólo aquellas especies que se pueden conseguir durante todo el año en el comercio.

***Alternanthera reineckii*** Briquet, 1899

Sinónimos: *Achyranthes reineckii* Standley, *Thelanthera osiris* Bl.

En realidad, su aspecto y su color la predestinan para ser una excelente planta de acuario. En él ofrece posibilidades decorativas muy variadas, pero su empleo se ve limitado por su gran necesidad de luz y de unas condiciones alimentarias especiales. Ya sus lugares de procedencia dejan entrever que está acostumbrada a mucho sol: orillas de los ríos, zanjas, zonas pantanosas, zonas de inundación de los ríos, arrozales, etc.

Si en el acuario no encuentra condiciones óptimas, se vuelve rápidamente raquítica y su color rojo se apaga.

En los comercios existen numerosas formas, entre otras, *A. rosaeifolia*, *A. lilacina*, *A. sessilis*, en los colores verde y rojo.

Recomiendo probarla en el acuario a causa de su forma atractiva; si fracasa, es preferible renunciar a ella. En todo caso, se tendrá éxito en un terrario de pantano o cultivándola emergida en un acuario abierto. En tal caso, no tardan en desarrollarse inflorescencias en espigas axilares (Foto pag. 142).

***Anubias barteri*** (Schott)

**var. *barteri***

Esta planta, descubierta muy tarde para fines acuariológicos, aparece ahora en los acuarios con numerosas especies, traída de África por los acuariólogos turistas. Sobre todo, parece ser que la especie *A. barteri*, con sus 5 variedades, de las que *Anubias barteri* var. *barteri* y var. *nana* se ofrecen permanentemente en el comercio, es la más indicada para un acuario.

Todas las especies son plantas solitarias excepcionales, pero muchas de ellas crecen demasiado para un acuario, por ejemplo, *A. afzeli* alcanza los 60 cm y *A. gigantea* incluso un metro.

Las hojas de la variedad *barteri* que recomendamos aquí para el acuario, tienen un limbo de unos 10 a 20 cm de largo y 5 a 10 cm de ancho. Las hojas son romas o ligeramente acorazonadas en la base. Schöpfung señala como característica que se pueden distinguir bien por el tejido foliar ligeramente hundido a lo largo de los nervios de la hoja.

Esta variedad de *Anubias* se puede sujetar perfectamente sobre madera resinosa de turbera o sobre estructuras pétreas (sobre todo sobre lavanita) y enraiza en poco tiempo. De esta manera, las plantas son un elemento decorativo impresionante a los lados o frente a la parte posterior del acuario. Quien desee saber más cosas sobre este extenso género, encontrará referencias a Crusio (1979),

Möhlmann (1977) y Schöpfel (1981) en la bibliografía.

### ***Anubias barteri var. nana***

Esta pequeña planta de color verde oscuro ha conquistado rápidamente los acuarios a lo largo de los últimos años. Durante mucho tiempo apenas se le prestaba atención, pero en la bibliografía moderna cada vez se habla de ella con mayor frecuencia.

Es sumamente apropiada como plantación de primer plano formando áreas, pero también crece deprisa sujeta a piedras y raíces y se multiplica relativamente bien. En su lugar de origen (África) crece predominantemente sobre los bancos ribereños que se inundan en diferentes estaciones. De eso se desprende que soporta bien la luz intensa, aunque por otro lado, las experiencias en el acuario confirman que también crece bien en condiciones de luz más débil.

La *Anubias barteri var. nana* es una planta "de buen carácter", es decir, poco problemática, en el acuario, ya que crece durante meses sin que se la pade. No obstante, sus hojas recias y fuertes tienden a ser afectadas por algas, en cuyo caso su aspecto resulta perjudicado.

Es una planta recomendable si la iluminación es correcta.

### ***Aponogeton boivinianus*** Baillon ex Jumelle

Esta especie de *Aponogeton*, fuerte y de color verde oscuro, con sus hojas

recias y avejigadas, es una verdadera planta solitaria para acuarios muy grandes. Hay que contar con que las hojas, incluidos los pedúnculos, pueden alcanzar los 60 cm de largo, llegando a medir el limbo de las hojas de 20 a 50 cm de largo por 5 a 10 cm de ancho. Esta planta sólo crece sumergida y florece con 2-3 espigas blancas. Para los acuariólogos interesados es posible polinizarla artificialmente.

### ***Aponogeton crispus*** Thunberg, 1981

Sinónimo: *A. undulatus*

Es una de las plantas de acuario más conocidas y antiguas. Todos los *Aponogeton* se deben mantener como plantas solitarias o en último término, dado que son muy grandes. *A. crispus* mide, incluidas las hojas y tallo, de 50-60 cm, y posee unas hojas de unos 3-5 cm de ancho, llamativamente onduladas y crespas o rizadas, lo que le ha dado el nombre a la especie.

Esta planta se puede cruzar con facilidad, por lo que existen numerosos híbridos; en los acuarios casi no aparecerá un *A. crispus* puro.

Esta planta, que sólo crece sumergida, tiene un aspecto bonito y es muy atractiva. Sin embargo, tiene períodos de descanso, por lo que se discute en los círculos de acuariólogos si durante ese tiempo es aconsejable sacar los bulbos. Se dice que en este caso, la planta termina antes su pausa en el crecimiento.

A fin de obtener ejemplares hermosos y grandes, se recomienda mezclar barro ferruginoso. Entonces, en el “acuario abierto” se disfrutará más con las flores que aparecerán con regularidad (Foto pág. 141).

***Aponogeton rigidifolius*** van Bruggen

Este *Aponogeton* procedente de Sri Lanka se diferencia de las demás especies de *Aponogeton* en que no posee bulbo, por lo que tampoco tiene períodos de reposo.

Pese a todo, las recias hojas de color verde oscuro hacen que sólo sea limitadamente útil para un acuario, porque además son quebradizas y bastante ásperas. Por otra parte, llegan a medir de 60 a 80 cm de largo (incluido el tallo) y unos 3 cm de ancho. Por este motivo, esta especie de *Aponogeton* sólo se puede utilizar como planta solitaria en acuarios altos. Sin embargo, por otra parte, estas características también hacen que parezca indicada para tanques con pecas.

El análisis “Sri Lanka” número 5 se llevó a cabo en aguas en las que crece esta especie de *Aponogeton*, entre otras, junto con *Cryptocoryne thwaitesii*.

***Azolla caroliniana*** Willd.  
Helecho-alga

Este pequeño helecho-alga es algo especial, y vale la pena observarlo en cualquier rincón protegido cerca

de la superficie del agua –preferiblemente en un acuario abierto.

Las diminutas plantitas, de aproximadamente 1/2 cm, constan de gran cantidad de hojitas, dispuestas en forma imbricada alrededor de un tallo. Pero lo especial es lo siguiente: *Azolla* vive en simbiosis con un alga azul. En las vacuolas del pequeño helecho, existen filamentos apenas visibles de algas azul-verdes, *Anabaena azollae*. Esta alga almacena el nitrógeno del aire y lo intercambia por carbohidratos con el helecho-alga. Sin embargo, *Azolla* necesita suficiente luz para poder existir, por lo menos 10 horas diarias.

***Bacopa amplexicaulis***

Sinónimos: *Bacopa caroliniana*, *Monniera amplexicaulis*, *M. caroliniana*, *M. crenata*

Es una planta de tallo apropiada para formar grupos atractivos. Con sus hojitas ovaladas (2,5 x 1,5 cm) de color verde claro, a veces con un matiz rojizo, forma tallos de hasta 40 cm de alto. Si se le permite crecer sobre la superficie del agua, desarrolla bonitas coronas de flores azuladas.

Paffrath considera que, de las 100 especies existentes de *Bacopa*, hay siete aptas para el acuario, de las cuales *B. monnieri* y *B. amplexicaulis* son las más comunes. *B. amplexicaulis* se designa a veces como *B. caroliniana* tanto en la bibliografía como en los catálogos de los comercios. Los dos puntos de vista

acerca de la denominación correcta siguen coexistiendo.

Para los aficionados a los acuarios tanto esta especie de *Bacopa* como la siguiente son plantas que utilizan con agrado.

***Bacopa monnieri*** (L.) Wettstein

Sinónimos: *Bacopa gracilis*, *B.*

*minor*, *B. baccata*, *Lysimachia monnieri*

*B. monnieri* es una de las plantas de acuario más antiguas y ya se describe en los libros sobre acuarios de principios de siglo. Su integración sin exigencias dentro del acuario ha conservado hasta hoy día su utilización como planta de grupo. Según el tamaño del acuario los grupos deberían abarcar de 10 a 30 tallos. Dado que también crece más lentamente que *B. amplexicaulis*, hay que podarla con menos frecuencia para evitar que flote en la superficie del agua.

Las hojitas, al igual que las de *B. amplexicaulis*, son carnosas y gruesas y miden alrededor de 1,5 cm de largo por 0,7 cm de ancho, tienen forma ovalada y un agradable color verde.

En las regiones tropicales a subtropicales crece en lugares húmedos y en las orillas de los riachuelos, a veces también de forma rastrera y, sobre todo en los arrozales, está considerada como mala hierba (hierba silvestre).

Las hojas que crecen por encima de la superficie del agua desarrollan flores blancas o azules.

***Barclaya longifolia*** Wallich, 1827

Barclaya de hoja larga

Barclaya de hojas rojas

Sinónimo: *Hydrostemma longifolium* (Wallich)

Esta hermosa planta acuática pura es muy atractiva tanto para el acuario cerrado como para el abierto y florecerá en ambos si el suministro de CO<sub>2</sub> y el de nutrientes es bueno. Tanto las formas verdes como las rojas, con hojas que miden entre 10 y 25 cm de largo por 5 cm de ancho, se pueden utilizar como plantas solitarias que centren la atención.

En el sur de Tailandia hallé *B. longifolia* tanto en los arroyos soleados en unión de *C. cordata* como solitaria en arroyos de bosque sombreados. En todos los casos me llamó la atención el elevado contenido de hierro del agua, cosa que también se debe tener en cuenta en el acuario.

En la bibliografía se describe mucho a *B. longifolia* y su interesante flor todavía encierra algunos enigmas.

Se trata de una planta de acuario exigente pero interesante, que no se puede obtener durante todo el año.

***Bolbitis beudelotii*** (Fee) Alston

Helecho acuático del Congo

Junto al helecho de Java, conocido de antiguo, a lo largo de los últimos años otro helecho acuático se ha atrevido a penetrar en los acuarios: *Bolbitis beudelotii*. En su patria africana crece sobre las piedras y raíces

en los cursos de agua, preferentemente en la zona del margen. Así también se ha de plantar en el acuario, primero sujeta con una cinta de nilón o algo similar, no tardando en enraizar y continuar desarrollándose. Es muy decorativa colocada en último término o en una posición lateral. En modo alguno se la debe anclar en el sustrato de fondo, pues éste no es su hábitat. Algunos autores abogan porque el agua sea ligeramente ácida. Posiblemente eso no sea ni necesario si se tiene en cuenta un período de adaptación.

***Cabomba caroliniana*** A. Gray

Sinónimo: *C. aquatica*

*C. caroliniana* es una de las plantas de acuario más antiguas y bellas. Ya a comienzos de siglo figuraba en todos los libros sobre acuarios. Hasta hoy ha permanecido como la planta más frecuente en los acuarios, debido a sus atractivas hojas finamente divididas.

Por otro lado, eso es sorprendente, dado que, a causa de la temperatura alrededor de los 18° C existente en su patria (norte de Sudamérica a sur de Norteamérica), no le agradan demasiado las temperaturas de 25° C que generalmente reinan en los acuarios. Por este motivo tiende a salir a la superficie del agua para crecer de forma flotante. En tal caso también puede llegar a florecer.

De *Cabomba caroliniana* hay cuatro formas en los comercios (Foto pág. 142).

***Cabomba piaubyensis*** Gardn.

Una *Cabomba* atractiva, sobre todo, por su matiz rojizo. Esta especie es muchísimo más exigente que *C. caroliniana*. Necesita las mejores condiciones de luz, agua limpia, así como un suministro equilibrado y constante de hierro y carbono.

Todas las especies de *Cabomba* crecen en su patria predominantemente en aguas estancadas o de corriente lenta y forman largos estolones que flotan en la superficie.

En los acuarios degeneran muy deprisa debido a que continuamente se han de podar y se han de plantar nuevos esquejes (Foto pág. 142).

***Cardamine lyrata*** Bunge, 1835

Berro japonés

Sinónimo: *Nasturtium japonicum*

Debido a su procedencia (Japón y otros países de Asia oriental) en el acuario se ha de enfrentar a unas condiciones térmicas que no siempre le agradan. Le gusta el agua algo más fresca y no siempre dura largo tiempo, dado también que en los comercios hay formas especialmente sensibles al calor.

Por su forma de enredadera atractiva y decorativa, es apreciada desde hace muchos años para el acuario.

Yo deseo recomendarla, además, por otra razón: las rosetas que se forman en el agua libre desarrollan raíces a través de las cuales se absorben abundantes nutrientes. Dado que, por otra parte, también se puede

acortar y reducir bien, sobre todo si las condiciones del acuario le satisfacen, es buena consumidora de nitrato.

Es sensible no sólo al calor elevado, sino también a los caracoles y productos químicos.

### ***Ceratophyllum demersum* L.**

Esta planta de tallo merece especial atención porque se le imputan efectos antialga. Los acuariólogos y diversos autores comunican que incluso sirve de ayuda para combatir las temidas algas *Compsopogon coeruleus*.

*Ceratophyllum demersum* descompone bien el nitrato del agua, debido a su rápido crecimiento, por lo que es apreciada como mejoradora del agua. La ramificación de los tallos permite reducir cómodamente la población de estas plantas si se vuelven demasiado espesas (Foto pág. 142).

### ***Ceratopteris thalictroides* (L.)**

Brongn.

Helecho de Sumatra

Sinónimos: *C. cornuta*, *C. deltoidea*,  
*Acrostichum thalictroides*

El helecho de Sumatra flota en la superficie del agua. Crece con rapidez, por lo que se tiene que aclarar a menudo. Debido a este rápido crecimiento elimina gran cantidad de nitrato, con el que el agua del acuario suele enriquecerse desagradablemente.

Además, las hojas profundamente pinnadas, son muy atractivas. En los

bordes de las mismas se desarrollan numerosas plántulas.

*Ceratopteris* también se puede utilizar para debajo del agua, siendo un punto de atracción para la vista gracias a la caprichosa forma de sus hojas.

### ***Cryptocoryne***

El género *Cryptocoryne* aporta las plantas de acuario más abundantes, apreciadas, problemáticas, discutidas e interesantes de todas. La primera planta que creció en mi acuario como una mala hierba fue *Cryptocoryne affinis*, llamada entonces, hace unos 40 años, *C. haerteliana*. Con las plantas procedentes de mi pequeño acuario de 40 l pude abastecer a toda mi clase en el colegio, sin saber nada sobre la problemática del mantenimiento en un acuario de las *Cryptocoryne* y sin conocer siquiera su nombre.

Entre las dos guerras mundiales, *C. affinis* crecía como mala hierba en muchos acuarios, hoy en día se ha vuelto escasa y poco frecuente. Eso caracteriza algo la problemática de las *Cryptocoryne*: a veces tienen una indomable voluntad de crecer y otras se marchitan en pocos días. Las *Cryptocoryne* más indicadas para crecer en el acuario son las que proceden de Sri Lanka. En los análisis del agua publicados en este libro se puede ver que los datos de las aguas cingalesas son las que más se parecen a los de nuestra agua del grifo. Mientras que las *Cryptocoryne* de Borneo son plantas sumergidas extremadamente difíciles

de cuidar, hallamos con frecuencia en acuarios las *Cryptocoryne* de Tailandia, como *C. cordata* (*C. siamensis* y *C. blassii*) si las condiciones son buenas. Numerosas especies se pueden cuidar mejor emergidas, y más de un acuariólogo ha reunido de esta manera una importante colección de *Cryptocoryne*.

Una característica llamativa en su hábitat natural es que estas plantas siempre viven en los cursos de agua, nunca en aguas estancadas, estanques, lagos o charcas. En Sri Lanka muchas especies incluso crecen directamente en la fuente y en los manantiales, señal de que las *Cryptocoryne* son plantas que necesitan agua limpia y pura.

En lo que respecta a la denominación correcta, también hoy en día continúa habiendo enormes problemas y opiniones divergentes. Mientras que Jacobsen (1982), en su libro sobre las *Cryptocoryne*, de los actuales más de 100 nombres sólo reconoce unos 50, de Wit, en su libro *Aquarienpflanzen* (Plantas de acuario), aparecido en 1990, aún considera válidos 64 como especie verdadera. El significado de las *Cryptocoryne* como plantas de acuario también queda patente en la extensión del libro de de Wit: de las 464 páginas que tiene, dedica 131 a las *Cryptocoryne*.

La mayoría de las numerosas especies de *Cryptocoryne*, sobre todo las de Sri Lanka, son aptas especialmente para la zona media de los acuarios. Sus hermosas hojas, con dibujos y

formas interesantes, así como con su envés de color, son evidentes puntos de atracción. Debido a que crecen con lentitud no es necesario podarlas y trasplantarlas continuamente —al contrario, ni siquiera es deseable. Las *Cryptocoryne* necesitan una absoluta continuidad de todas las condiciones, desde la luz hasta el movimiento del agua y desde la calidad de la misma hasta el aporte de CO<sub>2</sub>.

Principalmente la putrefacción de las *Cryptocoryne*, frecuentemente tan lamentada, es una consecuencia de las variaciones de cualquier parámetro.

A continuación sólo describimos algunas de las especies, siempre que el comercio haya comunicado la disposición permanente de ellas. Quien desee informarse con mayor detalle acerca de las *Cryptocoryne*, debe consultar la bibliografía especializada, sobre todo las obras de Niels Jacobsen y del Prof. H. C. D. de Wit.

### ***Cryptocoryne affinis* Hooker f**

Sinónimo: *C. haerteliana* Milk

Esta *Cryptocoryne* procedente de Malasia Occidental es una de las plantas más antiguas cuidadas en los acuarios. Es interesante el que se mantenía mejor en las condiciones corrientes antaño en los acuarios. Mientras que todavía hace 20 años era una planta de acuario común, hoy en día es más escasa, sobre todo en las condiciones modernas del acuario.

Esta planta crece mejor con luz amortiguada, sin manipulaciones y, a ser posible, en monocultivo.

Entre los aficionados es una planta muy apreciada por sus hojas de color verde claro a oscuro y, sobre todo, por su atractivo envés de color rojo. Su altura de entre 10 y 30 cm parece hacerla apta también para acuarios más pequeños. Si las condiciones le satisfacen y está plantada en pequeños grupos, se extiende con rapidez por todo el acuario.

Su mayor inconveniente es su alta sensibilidad a la putrefacción.

En el pequeño río Kenong en Malasia Occidental encontré plantas de crecimiento emergido, relativamente pequeñas y muy granuladas, formando amplios grupos (Foto pág. 71).

***Cryptocoryne albida*** Parker

Sinónimos: *C. costata* Gagnep., *C. korthausae* Rataj

Es una planta, de unos 10-15 cm de altura, indicada para un primer plano algo retrasado del acuario. En un río relativamente ancho pero poco profundo al sur de Ranong (Tailandia) hallé enormes superficies que cruzaban todo el lecho, llegando hasta la vegetación de la orilla. Dos formas crecían una al lado de otra y entremezcladas, una forma parda y una verde. Jacobsen recogió la forma parda, hasta ahora conocida como *C. costata*.

El fondo era de guijarros y gravilla mezclado con barro. A pesar de utilizar herramientas, no se podían excavar las raíces con toda su longitud. En los comercios no se encuentra todo el año (Foto pág. 71).

***Cryptocoryne balansae*** Gagnep.

Es una planta muy decorativa para acuarios debido a la estructura granulada de sus hojas. Sin embargo, la longitud de las mismas es muy variable y oscila entre 10 a 60 cm, con una anchura de entre 2 mm y 4 cm. El color es verde y a veces presenta una ligera tonalidad parda.

En los acuarios es una planta muy exigente y, sobre todo, reacciona positivamente a un aporte continuado de CO<sub>2</sub>.

Debido a su altura sólo está indicada para acuarios altos.

*C. balansae* presenta una larga lista de sinónimos que renunciamos a reproducir aquí. Actualmente no es seguro si se puede conservar el nombre. Jacobsen la rebautizó como *C. crispatula* Engler; sin embargo, de Wit no comparte la misma opinión.

De todos modos, en el comercio se puede adquirir durante todo el año.

**Plantas para el primer plano del acuario.**

**Las plantas de esta página son muy apropiadas para formar grupos en la zona delantera y media del acuario.**

**Parte superior izquierda: *Echinodorus opacus*.**

**Parte superior derecha: Este *Echinodorus* se ofrece en el comercio con el nombre de "*E. cordifolius spec. mini*". Se trata de una forma muy adecuada para los acuarios, dado que apenas alcanza la superficie del agua.**

**Centro izquierda: *Cryptocoryne willisii*.**

**Centro derecha: *Peplis diandra*.**

**Parte inferior izquierda: *Vallisneria americana*. Es una pequeña *Vallisneria* helicoidal.**

**Parte inferior derecha: *Echinodorus parviflorus* Rataj "Tropica".**





***Cryptocoryne beckettii*** Thwaites  
ex Trimen  
Sinónimo: *C. petchii* Alston

Esta *Cryptocoryne* procedente de Sri Lanka vuelve a ser una verdadera planta de acuario, que ya es apreciada desde hace muchos años. El limbo de sus hojas puede medir entre 8 y 12 cm de largo por 2 a 3 cm de ancho, con el haz pardusco y el envés rojizo, lo que la hace útil para fines decorativos. Su mejor colocación es en la parte delantera del centro. En su patria crece en suelos de gravilla, lo que favorece su mantenimiento en el acuario.

En los comercios no siempre se la encuentra.

### ***Cryptocoryne ciliata*** (Roxburgh)

Se trata de una *Cryptocoryne* con una extensa área de distribución. Se puede encontrar sobre todo en las zonas costeras desde India, pasando por Tailandia, Malasia y Borneo, hasta Nueva Guinea; a veces se halla en la zona salobre de las mareas y en los pantanos de los manglares.

#### **Plantas solitarias.**

Los ejemplos de plantas mostrados en esta página sirven muy bien como puntos de atracción, sobre todo en acuarios altos.

Parte superior izquierda: *Nuphar lutea*, vendido en los comercios como "Nuphar spec. Ceylon".

Parte superior derecha: *Echinodorus uruguayensis*.

Abajo: *Microsorium pteropus*.

En Tailandia, cerca de Lam Pi, la observé en dos formas: a la izquierda del arroyo la planta de crecimiento alto y a la derecha la baja. Posiblemente se trate de la forma que Paf-frath y Rataj denominaron *C. ciliata* var. *latifolia*. Ambas especies crecen en la zona de mareas en un arroyo en cuyo cauce superior crece *C. cordata*.

La forma normal llega a medir 1 m, por lo que se sale rápidamente del acuario. Por esta razón sólo es apta para un acuario abierto.

En el comercio no se puede adquirir durante todo el año (Fotos págs. 54 y 141).

### ***Cryptocoryne lingua*** Engler Sinónimo: *C. spatulata* Engl.

En realidad, esta *Cryptocoryne* no debía de aparecer en esta enumeración. Yo sólo la menciono por el hecho de que sigue ofreciéndose en los comercios, dado que es una especie atractiva y pequeña. Por desgracia, es casi imposible cultivarla durante largo tiempo sumergida, en el mejor de los casos crece emergida en un sustrato fangoso.

Esta planta procedente de Borneo/Sarawak, donde crece en la zona de las mareas y, en su hábitat natural, es inundada dos veces al día. Sin embargo, el agua no es salobre, sino extremadamente pobre en sales y procede de los sistemas fluviales retenidos por las mareas. El suelo de esos lugares es muy fangoso y cenagoso hasta un metro de profundidad o más.

No he conseguido un cultivo sumergido ni imitando las mareas en el acuario, aunque la planta me duró meses e incluso llegó a florecer. Por razones fundadas, en los comercios casi no se ofrece.

### ***Cryptocoryne parva*** de Wit

El biotopo de esta planta, así como el análisis del agua en su hábitat natural en el Mahaweli-Ganga, un río relativamente grande y de corriente rápida cerca de Kandy (Sri Lanka), se ha descrito con detalle en la primera parte de este libro, bajo la denominación de biotopo 8, en el capítulo sobre “Plantas de acuario en su hábitat natural”. Yo hallé estas plantas en la orilla, en parte en el agua y en parte sobre el agua. En las islas de este río crece asociada a *C. willisii*, pero también entre y debajo de plantas terrestres.

Esta planta alcanza unos 5 cm de altura y forma poco a poco un césped verde si se le da tiempo y las condiciones apropiadas. Se entiende por “condiciones apropiadas”, sobre todo unas constantes condiciones del agua, así como una oferta siempre uniforme de CO<sub>2</sub> y otros nutrientes. Le desagradan las variaciones en este ámbito. De su biotopo natural está acostumbrada a una luz intensa, si bien siempre se pudo observar un leve sombreado.

En el acuario es una planta pequeña y bonita para un primer plano, aunque hay que tener algo de paciencia hasta que llega a llenar el es-

pacio que se le ha designado. Es muy sensible al ataque por algas.

Se trata de una planta para los cono- cedores de las *Cryptocoryne* que se encuentra durante todo el año en el comercio (Foto pág. 18).

### ***Cryptocoryne petchii*** Alston

Esta especie procedente de Sri Lanka es muy recomendable para el acuario. La encontré cerca de Ratnapura en pequeños arroyos de poca profundidad, los cuales a menudo sólo tenían un nivel de 10 cm de agua y que durante algunas horas al día estaban a pleno sol.

La planta, con sus hojas de unos 8 a 12 cm de largo y aproximadamente 1 cm de ancho destaca por su color pardo, sobre todo en la cercanía de plantas verdes. El borde de la hoja presenta un bonito ondulado y el envés ocasionalmente es rojo.

Esta *Cryptocoryne* está emparentada con *C. beckettii*, lo que llevó a Jacobsen –también por el número de sus cromosomas (la planta es triploide)– a agruparla con *C. beckettii*, mientras que de Wit continúa aceptándola como especie propia.

### ***Cryptocoryne pontederiifolia***

Schott

*C. sulphurea* de Wit

Esta *Cryptocoryne* ha emprendido una verdadera marcha triunfal desde su tardía aparición en los acuarios (1971) y en pocos años se ha convertido, con justicia, en una de las especies más

apreciadas y utilizadas. Esta recia *Cryptocoryne*, procedente de Sumatra y del norte de Kalimantan (Borneo), se cultiva bien en acuarios. No obstante, debido a su tamaño sólo se puede utilizar como planta solitaria.

En su patria crece en ríos de corriente lenta, sobre todo en el curso inferior, por lo que ya se halla en las zonas de mareas con agua salobre.

A esta planta debe dársele un sustrato de arcilla que contenga hierro (Foto pág. 141).

### ***Cryptocoryne retrospiralis***

(Roxburgh) Kunth

Esta especie también es utilizable sólo en acuarios altos a causa de su tamaño. El limbo de las hojas llega a medir hasta 50 cm de largo, con una anchura de 5 mm a 5 cm. De todos modos, en acuarios apropiados, y plantada en grupos, es extremadamente decorativa. Pero aquí le es imprescindible arcilla ferruginosa, mezclada entre el sustrato. En su patria india crece en suelos de barro y arcillosos. Soporta una luz más intensa pero como máximo durante 10 horas. De esta especie de *Cryptocoryne* se hallan en los comercios diversas formas con hojas cuya longitud oscila entre 20 y 60 cm, pero todas ellas con hojas estrechas, en parte onduladas, que tienen un aspecto de hierba.

### ***Cryptocoryne wendtii*** de Wit

Es una de las *Cryptocoryne* más agradecidas para su cultivo como planta

sumergida, la planta de acuario por excelencia. Su tamaño mediano y las formas de sus hojas verdes a pardas parecen predestinarla para su utilización en la parte media del acuario. Su cultivo en el acuario apenas causa problemas. Es una de las *Cryptocoryne* más fáciles de cuidar si se le da un sustrato arcilloso que contenga hierro y cuidados continuados.

Además, es la *Cryptocoryne* que presenta la mayor variedad de formas, entre las que incluso los sistemáticos quedan desorientados. Mientras que Rataj, en su revisión redactada en 1975, propone las siguientes variedades

var. *wendtii*

var. *jabnelii* Rataj

var. *krauteri* Rataj

var. *nana* Rataj

var. *rubella* Rataj

Jacobsen es más escéptico y recomienda atenerse a los nombres de los prácticos: por ejemplo, "verde", "verde-roja", "pequeña-roja", etc.

Paffrath considera que la var. *rubella* Rataj es *Cryptocoryne wendtii*, la más cultivada. Siempre ha sido apreciada por los acuariólogos debido a sus hojas lanceoladas, de hasta 6 cm de largo por 1 cm de ancho, sus bordes ondulados y su atractivo haz de color verde oliva a pardorrojizo, con un leve dibujo transversal.

### ***Cryptocoryne willisii*** Reitz

Sinónimos: *Cryptocoryne "nevillii"*,

*Cryptocoryne lucens* de Wit

Esta *Cryptocoryne* causa las mayores dificultades de determinación y de-

nominación tanto a los acuariólogos como al comercio especializado. La mayoría de acuariólogos la conocen bajo el nombre de *Cryptocoryne nevillei*; sin embargo, las comillas junto al sinónimo significan una verdadera broma o divertimento en lo que a la taxonomía se refiere. Todas las astucias que se pueden dar en el hallazgo de un nombre científico están reunidas aquí.

La planta que los aficionados todavía siguen denominando *Cryptocoryne nevillei* ya llevó antaño este nombre indebidamente, puesto que otra planta, encontrada en el este de Sri Lanka, tenía derechos más antiguos sobre el mismo. Pese a que me describieron con todo detalle el lugar donde debía crecer, no la pude hallar en mis dos viajes, ya que atraviesa largos períodos de reposo durante los cuales se seca por completo y no puede encontrarse.

*C. willisii* no es una especie pura sino una planta hija (un híbrido) de *C. parva* y *C. lutea/beckettii*. En el acuario es una planta muy bonita y es, de todas las *Cryptocoryne*, la que mejor se puede cuidar. Ofrece buena imagen tanto como planta de primer plano como en una posición algo elevada en el centro, tal vez delimitada por piedras. Sus hojas alcanzan unos 10 cm de largo, son de color verde y ligeramente curvadas. Dado que procede del mismo biotopo que *C. parva*, tiene unas condiciones de vida muy similares.

Es una *Cryptocoryne* muy apropiada para los acuarios (Foto pág. 123).

***Echinodorus bolivianus*** (Rusby)  
Sinónimos: *Alisma boliviana* Rusby,  
*Echinodorus austroamericanus*  
Rataj

En los círculos de acuariólogos *E. bolivianus* muchas veces recibe el nombre de *E. magdalenensis* y en el comercio también los de *E. intermedius* y *E. grisebachii*. Estos dos últimos nombres aparecen asimismo en la bibliografía acuariológica.

Esta planta, que resulta muy apropiada para plantarla en primer plano, se ha hecho muy popular desde su primera aparición en los acuarios (hace unos 20 años). Con sus hojas de color verde claro aporta una nota amable y alegre en la frecuente uniformidad verde de las plantas de acuario.

Si se cultiva sumergida, sus hojas alcanzan unos 10 cm de largo y aproximadamente 1 cm de ancho. Desarrolla rápidamente estolones, pero en tal caso se habrá de tener bajo control. También se puede utilizar para la zona cenagosa de un paludario.

Muy apta para el primer plano del acuario (pág. 90).

***Echinodorus cordifolius***  
(L.) Grisebach  
Sinónimo: *E. radicans*

Ésta es una de las especies cultivadas más antiguas del género, pero también una de las más bonitas para el acuario. No obstante, crece mucho y las hojas redondas tienen un diámetro de hasta 25 cm y alcanzan una altura

de 60 cm o más. La planta tiene la tendencia de crecer por encima de la superficie del agua y entonces florece. Se intenta mantener la planta pequeña podando y reduciendo las hojas, e incluso limitando el espacio para las raíces (bolsa de plástico).

En mi opinión, esta hermosa planta se achaparra si se la poda. Por esta razón y si se puede, es preferible cuidarla en un acuario alto o abierto, a fin de poder disfrutar plenamente de sus numerosas flores. Las hojas jóvenes a menudo presentan manchas rojizas.

En cultivo sumergido *E. cordifolius* sólo se puede utilizar como planta solitaria.

### ***Echinodorus opacus*** Rataj

Este *Echinodorus* se puede utilizar para un primer plano del acuario, por sus hojas de 15 cm de longitud máxima y unos 6-8 cm de ancho; debido al color verde medio a verde oscuro de sus hojas es muy atractivo para la zona media. Su forma compacta hace que esta planta sea muy apropiada para acuarios algo más pequeños y sus hojas duras y coriáceas permiten utilizarlo incluso en tanques con percas.

*E. opacus* crece muy lentamente y sólo se puede multiplicar mediante la división de sus rizomas. Pese a sus hojas duras, si su cultivo está emergido desilusiona.

Se dice que este *Echinodorus* está emparentado con *Echinodorus portolegrensis*.

Es recomendable para los acuarios, ya que aporta variedad en la decoración del primer plano (Foto pág. 124).

### ***Echinodorus parviflorus*** Rataj Sinónimos: *E. peruensis*, *E. tocantius*

Este *Echinodorus* es una planta para la zona media indicada, sobre todo, para acuarios grandes. La longitud de sus hojas oscila entre 20 y 30 cm y su anchura entre 3 y 5 cm. Según las condiciones de luz, el color de las hojas varía de verde claro a verde medio. Es uno de los *Echinodorus* que con mayor frecuencia se encuentran en los acuarios, si bien a menudo se le confunde y en el comercio siempre aparece con otros nombres. Eso se debe a que está muy emparentada con *E. bleheri*.

En la última edición del libro de de Wit esta planta se reclasifica, y esta vez como *E. amazonicus* var. *parviflorus* (Rataj) de Wit dat. nov., convirtiéndose el nombre de *E. parviflorus* en un sinónimo. Otros autores todavía no comparten esta opinión, pero se la debería tener presente.

Es una excelente planta de acuario que da muchos tallos con retoños, que se pueden utilizar fácilmente como esquejes. Es robusta y no causa problemas; se puede recomendar para principiantes (Foto pág. 141).

### ***Echinodorus parviflorus*** Rataj "Tropica"

En los años de 1984 y 1985 apareció una nueva variedad de *Echinodorus*,

que hasta el momento ha demostrado ser una excelente planta para acuarios. Holm-Nielsen y N. Jacobsen la llamaron *Echinodorus parviflorus* Rataj "Tropica", aunque su aspecto difiere algo del de *E. parviflorus*. Sin embargo, ellos reconocieron unas características que justifican esta clasificación como variedad. Principalmente la jardinería de plantas acuáticas Tropica de Aarhus la cultiva en gran cantidad, si bien entretanto ya hay otros cultivadores que también la comercializan.

Es excelente para la decoración con plantas del primer plano del acuario. Crece bien tanto en agua blanda como dura, pero la iluminación en ambos casos debe ser óptima (Foto pág. 124).

### ***Echinodorus portoalegrensis*** Rataj

Esta planta tiene un gran parecido con *E. opacus*, con la que parece estar emparentada, aunque sus hojas son algo más estrechas. La longitud de las mismas puede oscilar entre 12 y 18 cm. Por eso, esta planta es indicada para la zona media de un acuario, pero también como planta solitaria en acuarios pequeños.

Yo también la he mantenido con éxito como planta emergida en acuarios laterales (hidrocultivo). Sus recias hojas revelan que en su patria crece tanto sumergida como emergida en zonas pantanosas. Las condiciones de luz y calor comunes en el acuario le agradan.

Los aficionados a los acuarios la pueden utilizar muy bien.

### ***Echinodorus quadricostatus***

**var. *xinguensis*** Rataj

Sinónimo: *E. intermedius*

Puede que los acuariólogos conozcan mejor, y recuerden, este *Echinodorus* por su sinónimo de *E. magdalenensis*. Durante cierto tiempo se comercializó como *E. grisebachii* y en las listas de precios del comercio se hallan las tres acepciones.

Lleve el nombre que lleve, se trata de una de las plantas de acuario más apreciadas y es excelente para plantarla en primer plano. Tiene la facultad de colonizar en poquísimo tiempo amplias zonas del acuario. Eso también tiene sus inconvenientes, pues penetra rápidamente en otros grupos de plantas y casi los desplaza. A fin de no dejar el acuario en breve tiempo sólo a esta planta, el aficionado no ha de tardar en intervenir y mantenerla siempre a raya en su terreno.

Según el suministro de nutrientes y de luz, las hojas sumergidas llegan a medir unos 10 cm de largo y, a lo sumo, de 1 a 2 cm de ancho.

Es una verdadera planta para principiantes, sobre todo muy apropiada para acuarios pequeños (Foto pág. 90).

### ***Echinodorus tenellus*** (Mart.)

Buchenau

Es uno de los *Echinodorus* más pequeños que conocemos y, por otra

parte, la planta de acuario más pequeña en general. Existen diferentes variedades de esta planta, las cuales tienen tamaños diversos: *E. tenellus* var. *latifolius*, la variedad de mayor tamaño; *E. tenellus* var. *tenellus*; *E. tenellus* var. *ecostatus* y *E. tenellus* var. *parvulus*, la más pequeña de todas.

Las hojitas de la variedad citada en último lugar apenas miden 2-3 mm de ancho y unos 5 cm de largo. Yo cultivé durante largo tiempo esta planta y puedo confirmar que es una planta cespitosa que crece de manera excelente si dispone de muy buenas condiciones de luz y buenas condiciones nutricionales. Forma un césped de buen aspecto que se puede extender hasta 30-40 cm en pocos meses. Sin embargo, demostró ser sensible a la penetración de otras plantas; en una situación semejante no tarda en sucumbir y en desaparecer, por lo que hay que protegerla de otras plantas.

Es muy apropiada para acuarios pequeños y para acuarios altos con muy buena iluminación.

***Echinodorus uruguayensis*** Arech

Sinónimo: *E. rubra*

También este *Echinodorus* es una planta de acuario muy decorativa, sobre todo si se le permite crecer por encima de la superficie del agua. Las hojas jóvenes, con su delicada tonalidad rojiza, unida a llamativos nervios longitudinales y transversales, la convierten en una de las plantas de acuario más hermosas. El limbo de

las hojas alcanza de 30 a 40 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho.

Esta planta está emparentada con *E. boremannii*. Dado que la planta es triploide, los brotes florales son estériles y las flores permanecen cerradas (Foto pág. 124).

***Eichbornia azurea*** (Swartz) Kunth

Jacinto de agua azul

Sinónimos: *Eichbornia aquatica*,  
*Pontederia azurea*, *P. aquatica*

Es una planta extraordinariamente atractiva y un punto de atracción para el último plano del acuario, debido a sus hojas alternas, situadas unas debajo de otras, de color verde y de tallo largo, dispuestas helicoidalmente. Se puede utilizar en grupos de diversas plantas como planta solitaria. Las hojas, que crecen estrictamente unas encima de las otras y miden 10 cm de largo y unos 7 mm de ancho, le dan el carácter de "pluma".

No obstante, este hermoso aspecto bajo el agua sólo lo tiene en su fase juvenil. La planta tiene la tendencia a formar hojas aéreas que se transforman en hojas flotantes.

O sea, que siempre se ha de ejercer violencia sobre esta planta, podarla y volverla a plantar, si se desea conservar esta fase primaria.

Por este motivo, propongo utilizarla únicamente en acuarios abiertos, a fin de darle a la planta plenas posibilidades de desarrollo. Ella se lo agradecerá al aficionado con hermosas flores de color azul ultramar.

Por lo demás, esta planta está emparentada con *Heteranthera zosterifolia*, a la que se parece. Su pariente directa, *Eichhornia crassipes*, tampoco es una planta de acuario propiamente dicha aunque se ofrezca como tal en los comercios. En el acuario crece y florece muy mal, debido a que requiere una elevada humedad atmosférica, así como gran cantidad de nutrientes y de luz. En realidad, ésta es una observación asombrosa, puesto que en las aguas tropicales es una verdadera “peste acuática” que, debido a su gran poder reproductor, causa grandes problemas en los ríos y otras superficies acuáticas. *E. azurea* es una planta para especialistas.

***Elodea densa*** (Planch.) Casp.

Elodea argentina

Sinónimos: *Egeria densa* Planchon,

*Anacharis densa*, *Philotria densa*

Aunque la mayoría de los autores hoy en día le dan el nombre de *Egeria densa*, aquí la continuaremos llamando *Elodea densa*, pues con este nombre se importó, posiblemente, como la primera planta de acuario propiamente dicha. Su frugalidad y su capacidad de poder vivir en el agua de acuario, casi siempre dura y eutrofiada, ya le “abrieron las puertas” de los acuarios en los primeros tiempos de la acuariología. Esta marcha triunfal a través de los acuarios la debe, sobre todo, a su capacidad de absorber el carbono vital también del que se halla ligado en

los carbonatos si el CO<sub>2</sub> libre se ha agotado. Por ello es capaz de elevar el pH del agua hasta niveles alcalinos muy altos. Por este motivo y como competidora por este nutriente, resulta ser superior a otras plantas acuáticas.

Es muy buena como suministradora de oxígeno para la población piscícola, siempre que ésta soporte un pH alcalino.

Por supuesto, en un acuario cuidado óptimamente, pierde el peligroso comportamiento competitivo que hemos descrito.

Como en la mayoría de plantas de tallo, el inconveniente estriba en su rápido crecimiento, de modo que hay que podarla a menudo. Sin embargo, continúa creciendo con facilidad a partir del pedazo más pequeño. Para los acuarios *E. canadensis* Rich. posee las mismas características.

***Eusteralis stellata*** (Loureiro)

Panigrahi

Sinónimo: *Dysophylla verticillata*

Bentham

Es una planta de acuario extraordinariamente decorativa, pero de cuidado bastante difícil, puesto que es muy exigente. Si la luz es óptima, el suministro de CO<sub>2</sub> bueno y los nutrientes también se hallan en la proporción correcta, lo agradece con verticilos de hojas de color rojizo a lila rojizo. En este caso, el eje caulinar alcanza sin dificultades los 50 cm de largo. Si se halla en buen estado, es un buen centro de atracción plantada en grupos

y se puede utilizar como planta solitaria.

No obstante, hay que manifestar dudas razonables acerca de si esta atractiva novedad llegará a ser una planta de acuario duradera y, si lo es, lo será únicamente para acuarios altos.

***Heteranthera zosterifolia*** Mart.

Sinónimo: *Heteranthera osteniana*  
Herter

Es una de las más bonitas plantas de acuario, especialmente atractiva por las delicadas hojas de color verde claro. Su inconveniente: en acuarios demasiado bajos alcanza pronto la superficie del agua y continúa creciendo en forma flotante; no es raro que sus tallos midan 1 m de largo, de modo que, para mantener baja esta planta, es necesario podarla continuamente y plantar sus esquejes.

Es especialmente apta para ser plantada en último plano o en los rincones. Es decorativa, sobre todo, en un acuario abierto, en el que, como planta flotante, desarrolla bonitas flores azules.

Aunque en la bibliografía siempre se vuelve a señalar su frugalidad, sólo se logra un buen crecimiento con luz suficiente y unas óptimas condiciones de nutrición.

***Hydrocotyle verticillata*** Thunberg

Con esta planta de "sombri-llita" tenemos una planta muy decorativa para el primer plano de los acuarios. La hojita redonda, de color verde

claro, está situada como una sombrillita sobre pedúnculos delgados, cuya longitud depende de las condiciones de luz. Si la luz es débil, se forman pecíolos de hasta 25 a 30 cm de largo, lo que desmerece su atractivo. Cuando el lugar en que está plantada es tranquilo, se desarrollan bonitos grupos.

*H. verticillata* también puede cultivarse emergida, en cuyo caso puede crecer con más fuerza que sumergida.

Se puede mantener sin problemas en el acuario.

***Hygrophila difformis*** (L. f.) Blume

Sinónimos: *Ruellia difformis*, *Cardanthera difformis*, *Ruellia triflora*, *Synnema triflorum*

Si alguna vez se tuviese que dar un premio a la planta de acuario más hermosa, *Hygrophila difformis* sería la favorita.

Con sus hojas verde claro, finamente pinnadas y de delicados lóbulos, ofrece un aspecto caprichoso, pero siempre atractivo. Siempre se esfuerza en ocupar huecos en el agua. Esta planta herbácea, de tamaño mediano, siempre tiende hacia la luz, por lo que con frecuencia crece en sentido oblicuo a través del acuario.

Pero hay todavía otra razón por la que merece un premio como excelente planta de acuario: 1. es una excelente suministradora de oxígeno y 2. gracias a su rápido crecimiento absorbe con rapidez numerosos nutrientes, sobre todo nitrato, y de esta

manera mejora la calidad del agua. Naturalmente la condición previa es que disponga de buena iluminación y suficiente CO<sub>2</sub>.

No obstante, la rapidez de su crecimiento tiene como consecuencia que no tarde en llegar a la superficie del agua y extenderse por ella. Así, hay el peligro de que quite la luz a otras plantas que crecen por debajo de ella. Es sobre todo en este punto, donde demuestra su aptitud para los acuarios: *H. difformis* se puede aclarar sin reparos, cosa que otras plantas de tallo soportan mal, y continúa creciendo como si tal cosa en los brotes que le restan.

También es digna de observarse en un acuario abierto. Por encima de la superficie del agua forma pequeñas hojas simples con hermosas flores axilares de color de rosa (Foto pág. 158).

### ***Lilaeopsis novae-zelandiae***

Esta planta herbácea, que forma rápidamente un espeso tapiz, es un verdadero enriquecimiento del acuario si se la planta en primer plano. Según las condiciones que encuentra, las hojas alcanzan los 5 a 10 cm de largo, si bien sólo miden de 2 a 3 mm de ancho, y su forma es espatulada. En la naturaleza habita en pantanos y, sumergida, en aguas relativamente poco profundas. En el acuario se la debería plantar de forma tal que, si es posible, las plantas flotantes y solitarias no le dieron sombra, ya que necesita buena iluminación. En tal caso, sus nume-

rosos estolones no tardan en formar amplias extensiones cespitosas. Puesto que las raíces no penetran profundamente en el suelo, se corre el riesgo de que se desprendan y levanten manojos enteros de la planta.

Esta planta no debe faltar en ningún plan de plantación para un acuario comunitario (Foto pág. 90).

### ***Limnobium laevigatum*** (H. & B.) ex Willd.

Sinónimos: *Limnobium stoloniferum*, *Salvinia laevigatum*

Como planta flotante, *Limnobium laevigatum* es un objeto de estudio interesante, pues sus hojas están llenas de aire. Gracias a eso, las hojas flotantes se levantan poco a poco del agua, de manera que tanto el haz como el envés de las mismas está rodeado de aire. Sin embargo, este paso evolutivo todavía no está completo al cien por cien, sino que aún se está desarrollando (sólo hay tres plantas plenamente desarrolladas en este sentido: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia* y *Pistia*).

Al ser una planta flotante grande y decorativa, vale la pena cuidarla en solitario (Foto pág. 160).

### ***Limnophila aquatica*** (Roxb.) Alston

Sinónimos: *Ambulia racemosa* (Barth), *Limnophila hyssopifolia* Roth, *Limnophila racemosa* Bentham

Es una planta de acuario extremadamente decorativa que, si se la planta

en grupos o ramilletes, tiene el carácter de planta solitaria. Sus verticilos de hojas pinnadas llegan a tener un diámetro de hasta 15 cm.

Sin embargo, crece muy deprisa y se ha de podar con frecuencia y a intervalos regulares.

Como ocurre con todas las plantas palustres y con aquellas que están acostumbradas a crecer a pleno sol, para poder desarrollarse necesita mucha luz y un continuo aporte óptimo de nutrientes.

*L. aquatica* procede del Sudeste asiático.

### ***Limnophila sessiliflora* (Vahl) Bl.**

Sinónimo: *Ambulia sessiliflora*

Ésta es la "ambulia", como la siguen llamando aún muchos acuariólogos, que en algún momento ha sido cuidada en todos los acuarios. A diferencia de la majestuosa *L. aquatica*, *L. sessiliflora*, más pequeña, también puede cultivarse en acuarios pequeños, si nos conformamos con tener que podarla regularmente. Esta planta se debería plantar en grupos. Es menos exigente que *L. aquatica*.

*L. sessiliflora* procede de los pantanos y aguas de corriente tranquila de Asia (Foto pág. 159).

### ***Lobelia cardinalis* L.**

Sinónimo: *Rapuntium cardinale*

Presl.

*Lobelia cardinalis* merece que le prestemos atención aquí debido a sus atractivas flores de color rojo car-

denal. En un acuario abierto o en el paludario es un llamativo punto de color. La planta se utiliza mucho en acuarios; no obstante, en el denominado "acuario holandés" se suele usar en forma de esquejes, que precisan una poda regular, un método que la moderna acuariología contempla con ojo crítico.

*Lobelia cardinalis* es una planta palustre casi cosmopolita, pese a lo cual se puede aclimatar perfectamente en el acuario.

### ***Ludwigia palustris* x *repens* Hort.**

Sinónimos: *L. mullertii*, *L. natans*,

*L. repens*

Con el nombre indicado arriba sigo una sugerencia de Paffrath, quien denomina de esta manera a una de las plantas más cultivadas en el acuario. Se trata de un híbrido entre *L. repens* y *L. palustris*.

La especie descrita aquí es una de las plantas de acuario de "mejor carácter" que conocemos, y que incluso se puede cuidar bien en agua dura. En la bibliografía sobre acuarios de comienzos de siglo ya se mencionaban *Ludwigias* de estas especies.

Al igual que todas las plantas de tallo, también *L. palustris* x *repens* ha de ser podada y plantada de nuevo mediante esquejes a intervalos regulares.

### ***Marsilea crenata* K. B. Presl**

En los comercios hay diversas especies de este helecho musgoso enano.

Su determinación es, en parte, bastante difícil y es posible que haya especies que se ofrezcan con nombre erróneo. En los acuarios también se cultivan las especies *M. drummondi*, *M. quadrifolia*, *M. hirsuta* y *M. pubescens*.

Todas las especies son extraordinariamente decorativas para la plantación en primer plano, sobre todo las de cuatro hojas. Por desgracia, la característica de las cuatro hojas a menudo se pierde en el acuario y las plantitas se vuelven unilobulares. La tasa de reproducción es buena. Los delgados estolones y los brotes laterales llegan a formar hermosos tapices.

Esta planta causa algunos problemas más que, por ejemplo, *Lilaeopsis*; a menudo el ennegrecimiento de los brotes anuncia su pronta muerte.

En su patria, esta planta crece predominantemente en las zanjas de inundación, en arrozales y en pantanos, es decir que está acostumbrada a sitios soleados, por lo que en el acuario también debería disponer de un lugar bien iluminado.

En el acuario *Marsilea crenata* es muy decorativa, aunque su cuidado a veces causa problemas.

***Mayaca vandellii*** Schott et Endl.

Sinónimo: *Mayaca fluviatilis* Aublet

Quien desee tener en el acuario algunas plantas más raras y difíciles de cuidar, debería hacer la prueba con esta planta bonita y muy delicada. Es indicada, sobre todo, como contraste

con las hojas enteras o de color rojo. *Mayaca* también es una planta apropiada para acuarios bajos, así como para el primer plano de acuarios grandes.

*Mayaca* es difícil en lo que respecta a sus requerimientos de luz y de nutrientes, que se le han de aportar sin solución de continuidad.

En acuarios tropicales es una rareza.

***Micranthemum micranthemoides*** (Nuttall) Wettstein

Sinónimo: *Hemianthus micranthemoides*

Se han descrito unas diez especies de *Micranthemum*, algunas de las cuales de vez en cuando también se ofrecen a los acuariólogos. En la bibliografía sobre acuarios se conocen además: *M. orbiculatum*, *M. umbrosum*, *M. procerum*, *M. rotundatum* y *M. standley*.

La más conocida y frecuente en los acuarios es la especie *M. micranthemoides*, delicada y de color verde claro, que se puede plantar sobre todo entre el primer plano y plantas de altura media. Con esta planta se pueden llenar rápidamente y de forma decorativa los huecos que se vean en la plantación. Los numerosos brotes laterales forman con rapidez espesos tapices.

En su patria crece de forma cespitosa en suelos pantanosos, de lo que se deduce que necesita gran cantidad de luz. A los peces robustos les gusta mordisquear esta planta y la dañan con facilidad. En conjunto, es una

planta de acuario muy agradecida, siempre que disponga de suficiente luz. Se adapta perfectamente a la dureza y la temperatura del agua. Los peces y los caracoles la comen con agrado.

***Microsorium pteropus*** (Bl.) Ching  
Helecho de Java  
Sinónimos: *Leptochilus decurrens*,  
*Polypodium pteropus* Bl.

El helecho de Java es una epífita típica. Coloniza piedras, maderos y raíces, por lo que en el acuario también se le debe situar de esta manera y de ningún modo sobre el sustrato del fondo. En el acuario incluso se puede cultivar sumergido. En acuarios abiertos y paludarios es anfibio, es decir, que se conserva bien en la zona limítrofe entre el agua y el aire.

*Microsorium pteropus* es una planta de acuario muy decorativa (Foto pág. 124).

***Myriophyllum brasiliensis*** Cambess.

Sinónimos: *Myriophyllum aquaticum*  
Cambess., *M. proserpinasoides*

Es la planta más atractiva de todas las especies de *Myriophyllum*, sobre todo por sus hojas plumosas. Además, bajo el agua forma guirnaldas decorativas.

Como todas las plantas finamente plumuladas necesita un completo aporte de nutrientes en el agua y prefiere agua blanda a semidura por el mejor

suministro de CO<sub>2</sub>. Las condiciones de luz también han de ser óptimas.

Se ha de podar a menudo, al igual que todas las plantas de tallo, ya que de lo contrario cubre rápidamente la superficie del agua y forma hojas emergidas, perjudicando a las sumergidas.

Todas las especies de *Myriophyllum* son muy sensibles a las algas, que las pueden matar rápidamente (Foto pág. 142).

***Nesaea crassicaulis*** (Guill. et Perr.)

Sinónimo: *Ammannia crassicaulis*

Citamos aquí esta planta, introducida en la acuariología en los últimos tiempos, porque posee algunas características atractivas.

Es atractiva, sobre todo por el color pardo oscuro de sus hojas, que contrastan bellamente con plantas verdes, finamente pinnadas. Si bien es una planta de tallo, no crece tan deprisa como las especies corrientes, y sólo llega a la superficie en acuarios bajos.

En el tipo de acuario propugnado en este libro se pueden satisfacer, sin más, sus mayores requerimientos de luz y nutrientes. Tal vez haya que tener en cuenta, además, que *Nesaea crassicaulis* prefiere agua blanda y un pH ligeramente ácido.

***Nuphar lutea*** (L.)

Nenúfar amarillo

Sus hojas color verde claro, o con buena iluminación verde intenso, la

convierten en una verdadera atracción en el acuario, siempre que éste tenga como mínimo 50 cm de altura. *N. lutea* es una planta solitaria hermosa, cuyas delicadas hojas corren peligro si hay peces rudos. Sin embargo, el nenúfar amarillo necesita buenas condiciones nutricionales en el agua, pero sobre todo en el suelo. Se desarrolla espléndidamente si al sustrato del fondo se le ha mezclado barro ferroginoso.

Hay una serie de variedades y formas. Una de estas formas muy atractivas se ofrece en los comercios con el nombre de "*Nuphar spec. Ceylon*" (Foto pág. 124).

### ***Nymphaea lotus* L.**

Loto rojo

Nenúfar egipcio

Loto egipcio

Sinónimos: *Lotus aegyptica*,

*Nymphaea aegypticum*

El loto egipcio es el nenúfar más apropiado para el acuario. Gracias a su amplia gama cromática, que va desde el verde hasta el rojo pardusco rojizo con manchas irregulares, y a su diámetro de unos 15 cm, es una planta extremadamente decorativa para la zona media, siendo un perfecto punto de atención. En el acuario a veces llega a florecer, si al sustrato se le mezcló arcilla ferruginosa. Las flores son blancas y desprenden un olor aromático.

Esta planta todavía no está determinada con seguridad. Algunos autores suponen que *N. lotus* es *N. zenkeri*.

*N. lotus* le aporta al acuario atractivas variantes cromáticas.

### ***Nymphoides humboldtiana***

(Kunth) O. Kuntze

Sinónimo: *Limnanthemum humboldtiana* Griseb.

Con esta planta flotante vuelve a aparecer en el acuario abierto una que ya se conocía en los comienzos de la acuariología. Es apreciada por sus bonitas flores blancas que desarrolla cada día, por lo que raras veces se queda sin ellas.

En la inflorescencia se forman las nuevas plántulas. Gracias a esta sencilla forma de reproducirse, tiene descendencia continuamente (Foto pág. 160).

### ***Peplis diandra* (Nuttall) Wood**

Sinónimo: *Didiplis diandra*

Es una planta de acuario que en alemán tiene muchos nombres. Los botánicos tampoco se han podido poner de acuerdo en un nombre unitario. Mientras que la mayoría de autores utilizan el nuevo nombre genérico *Didiplis diandra*, Mühlberg (1980) así como de Wit (1986) en cambio la describieron con el nombre de *Peplis diandra*.

En el acuario, esta delicada planta de grupo, que necesita buena iluminación, contrasta de manera llamativa con muchas otras plantas debido a sus hojitas verde claro y los ápices de sus brotes ligeramente rojizos. En condiciones favorables, los nume-

rosos brotes laterales forman un espeso arbusto. La floración sumergida, con diminutos brotes florales, es muy interesante.

Esta planta es muy exigente, requiere buenas condiciones acuáticas y, ante todo, suficiente luz (Foto pág. 124).

### ***Pistia stratiotes* L.**

Lechuga de agua

Esta planta en roseta, compuesta por hojas cubiertas de pelos aterciopelados, no es fácil de cultivar y, pese a ello, es muy apreciada desde los primeros tiempos de la acuariología. Durante la época de los acuarios cerrados cayó temporalmente en el olvido. Hoy en día es cada vez más frecuente en los acuarios abiertos. La premisa de un buen desarrollo consiste en una elevada humedad atmosférica, buena luz y suficiente cantidad de nutrientes en el agua.

Si no se pueden cumplir estas condiciones (también la humedad atmosférica que a veces es deficitaria en los acuarios abiertos) se vuelve raquítica. Las pequeñas flores en el centro de la planta son muy bonitas.

### ***Riccia fluitans* L.**

Sinónimos: *Ricciella fluitans*, *Riccia frankoniae*

*Riccia* es un interesante objeto de estudio en la superficie del agua. Porciones vegetales delgadas, de apenas 1 mm de ancho, se entrelazan de tal manera que forman "cojines" flotantes. Estos "cojines" flotan justo debajo de

la superficie del agua. De esta manera forman un interesante refugio para los alevines y también sirven de sustrato para el desove de los peces que construyen nidos.

### ***Rotala macrandra* Koehne**

Rotala grande

Se trata de una especie nueva en el acuario y es una de las plantas de acuario más hermosas. Sus hojas de color rojo varían desde el rojo broncíneo y rosa hasta el violeta, con un brillo opalino en parte verdoso.

Sin embargo, *R. macrandra* es una planta exigente; tanto la luz como el aporte de nutrientes han de ser óptimos. Es muy sensible a las lesiones y, si se la trata de forma ruda, no tarda en cobrar mal aspecto. Plantada en grupos, forma un vistoso centro de atención si las condiciones son óptimas.

Sin embargo, también tiene el inconveniente de todas las plantas de tallo, sobre todo las del género *Rotala*: no tarda en alcanzar la superficie del agua, sobre la que crecen flotando, con lo que quitan la luz a las plantas situadas debajo. Por otra parte, este crecimiento flotante es una condición previa para poder conseguir esquejes fuertes.

En resumen, es una planta para acuarios altos (Foto pág. 142).

### ***Rotala rotundifolia* (Roxburgh)**

Koehne

Rotala de hojas redondas

Sinónimo: *Ammannia rotundifolia*

Es una planta de tallo de crecimiento rápido, adaptable y decorativa. No tarda en alcanzar la superficie del agua y entonces continúa creciendo de forma flotante. Existe el riesgo de que en tal caso no tarde en quitar la luz a las plantas que crecen debajo.

En el acuario abierto vale la pena tener algunos tallos flotantes, ya que desarrollan atractivas y densas inflorescencias.

Si encuentra fallos en el suministro de nutrientes o la luz es deficiente, responde con la degeneración produciendo hojas más pequeñas (Foto pág. 160).

***Rotala wallichii*** (Hooker fil)  
Koehne

Sinónimos: *Ammannia wallichii*,  
*Hydrolythrum wallichii*

Es una atractiva planta acuática y, debido a sus hojitas verticiladas rojas casi filamentosas, es una de las especies más hermosas de su género. No obstante, en lo que respecta a la luz y a los nutrientes, es más exigente que las demás especies de *Rotala*. El cultivo se facilita si el agua es blanda y se mantiene ligeramente ácida mediante el suministro de CO<sub>2</sub>.

Tanto en acuarios pequeños como grandes se pueden formar grupos delicados. Para acuarios de mantenimiento óptimo es una planta "especial".

***Sagittaria platyphylla*** (Engelm.)  
J. G. Sm.

Sinónimo: *S. graminea* var.  
*platyphylla* Engelm.

Esta planta, muy apropiada para un primer plano lateral o para la zona media del tanque, mide 10-30 cm de largo y 2-3 cm de ancho, es de color verde medio a veces con los ápices rojizos. Es fácil de cuidar y muy robusta, de modo que también se puede cultivar en un acuario que contenga peces grandes y cíclidos. Cuando las hojas alcanzan la superficie del agua pueden formar brotes emergidos.

Esta planta también se ofrece con el nombre de *S. graminea* var. *platyphylla*.

***Sagittaria subulata* f. *pusilla***  
(Nuttall) Buchenau  
Sinónimo: *S. pusilla*

Se trata de una planta de acuario que parece creada expresamente para el acuario. Está indicada, sobre todo, para el primer plano, dado que en poco tiempo forma un hermoso césped. Las hojas llegan a medir, como máximo, 10 cm de largo y de 3 a 5 mm de ancho. El césped alcanza una altura de unos 7 a 8 cm.

También crece relativamente bien en condiciones de luz no tan óptimas.

De esta pequeña *Sagittaria* existen diversas variedades, de las cuales hay

#### Plantas solitarias.

Parte superior izquierda: *Cryptocoryne ciliata*.

Parte superior derecha: Flor de *Aponogeton crispus*.

Centro izquierda: *Echinodorus parviflorus*.

Parte inferior izquierda: *Cryptocoryne pontederifolia*.

Parte inferior derecha: *Aponogeton crispus*.





formas de transición según sean las condiciones de crecimiento. Es una planta muy recomendable para los acuarios (Foto pág. 90).

***Samolus parviflorus*** Raf.

Pamplina de agua americana

Sinónimos: *Samolus americanus*,  
*S. aquaticus*, *S. floribundus*

La mayoría de veces se recomienda como planta para un primer plano. En el denominado "acuario holandés" se la suele utilizar para conformar la "vía dolorosa" (pág. 149). Para ello hay que podarla regularmente y volver a plantar sus esquejes.

Sin embargo, es más natural cuidarla en cultivo emergido en o junto al acuario, dado que en su hábitat natural también ocupa zonas húmedas, es decir, taludes ribereños.

Agradecerá esta forma de cultivo con bonitas y pequeñas flores blancas.

***Shinnersia rivularis*** Gray

Sinónimo: *Trichocoronis rivularis*

Es una de las plantas de acuario más recientes y, al mismo tiempo, una de las que crecen más deprisa. Su creci-

**Plantas de tallo.**

Parte superior izquierda: *Alternanthera reineckii*.

Parte superior central: *Cabomba caroliniana*.

Parte superior derecha: *Ceratophyllum demersum*.

Centro izquierda: *Cabomba piauhyensis*.

Parte inferior izquierda: *Rotala macrandra*.

Parte inferior derecha: *Myriophyllum brasiliensis*.

miento en el acuario es tan vehemente que, si el acuariólogo no vigila, todo el acuario se cubre con ella y corre peligro.

Esta planta palustre, oriunda de Centroamérica, se ramifica de forma tan energética que forma un espeso entramado de brotes, los cuales pueden llegar a medir más de 1 m. Si se la utiliza para un acuario, se ha de podar constantemente.

***Spiranthes cernua*** L. C. Rich.

Orquídea de agua

Es la única de las, aproximadamente, 20 000 especies de la familia de las orquídeas que puede vivir bajo el agua. Si se la cultiva sumergida, incluso tiene la capacidad de desarrollar inflorescencias y hacerlas crecer por encima de la superficie. Las espigas se encuentran sobre tallos de 40 cm de largo, y las flores blancas están dispuestas helicoidalmente alrededor del eje.

Todavía es más recomendable no cultivarla de forma puramente sumergida, sino plantarla en el acuario palustre o abierto de tal manera que le sea fácil hacer crecer sus hojas por encima del agua.

Las hermosas flores nos recompensarán estos cuidados (Foto pág. 160).

***Vallisneria americana*** Michx

Valisneria

Sinónimo: *Vallisneria spiralis* f. *tortifolia* Wendt

En el caso de las valisnerias es muy difícil hallar concordancias entre el

nombre válido y las plantas ofrecidas en las listas de precios de los comerciantes o en las numerosas descripciones. Según el autor, bajo el mismo nombre se ocultan plantas diferentes, ya que existen demasiadas formas y variedades.

Por regla general, con la denominación de *Vallisneria americana* se conoce la planta enana que llega a medir de 15 a 25 cm de largo y 8 mm de ancho. Es una planta extraordinariamente apta para formar zonas en el centro del acuario, sin que las plantas lleguen a flotar sobre la superficie del agua.

Por otra parte, es una planta sumamente digna de ser observada. Las valisnerias demuestran, como ninguna otra planta, la de ideas y trucos de que dispone la naturaleza para la supervivencia de la especie.

A fin de superar la altura del agua, que a veces es considerable, las flores femeninas son llevadas a la superficie mediante delgados tallos. De esta manera, los capullos alcanzan la superficie en una burbuja hermética y allí se abren y florecen. Las flores masculinas también maduran en el interior de una burbuja, pero en la base de la planta. Tan pronto como están maduras, se abre la burbuja, los capullos se desprenden y suben a la

superficie, como si fueran submarinistas. Allí, las flores femeninas los capturan y, mediante un tallo que se puede retorcer en espiral, vuelven a ser arrastrados hacia el pie de la planta.

La dificultad de poder observar este interesante juego amoroso de la planta estriba en conseguir al mismo tiempo flores femeninas y masculinas. Las valisnerias son plantas de las que no se puede prescindir en el acuario y, además, son fáciles de cuidar. (Foto pág. 123).

***Wolffia arrbiza*** (L.) Horkel ex Wimmer

Lenteja de agua enana

Sinónimos: *Lemna globosa*, *Grantia globosa*

*Wolffia arrbiza* y *W. microscopia* son las fanerógamas más pequeñas que podemos encontrar. Apenas llegan a medir 1 mm y las diminutas flores no se pueden ver a simple vista. De todas maneras, en el acuario no son tan fáciles de cultivar a largo plazo como la lenteja de agua normal del género *Lemna*. Además, hay diversos peces que las comen con agrado. Pese a todo, se debería intentar cultivarla. En algunas ocasiones están adheridas a plantas nuevas.

# Los diferentes tipos de acuario

El aficionado que piensa adquirir un acuario ha de poner en claro, ante todo, la siguiente cuestión: “¿Por qué tipo de acuario me tengo que decidir?” ¿Desea un llamado acuario comunitario para el salón, un tanque especial con una especie piscícola determinada, por ejemplo, peces disco o un acuario especial para cíclidos, o un “acuario-biotopo”, en el cual reproducir los peces y plantas de un biotopo típico? Por regla general, la reproducción exacta de un biotopo no es demasiado atractiva para una sala de estar. Los acuariólogos que han contemplado un biotopo semejante en Sudamérica o en Asia no desearán tener una copia del mismo en casa. Por otro lado, tal vez pueda ser atractivo observar peces foráneos, por ejemplo, saltarines del fango en un acuario de manglar. Naturalmente que entre los acuarios especiales también se cuentan los acuarios de reproducción para killies (*Rivulus xiphidus*) y otros peces especiales. Y, por último, también hay que citar aquí los paludarios, o sea, la combinación de acuario y terrario, por lo que a veces recibe asimismo el nombre de acuaterrario o acuario palustre.

El acuario que en este libro se tiene principalmente en cuenta está pen-

sado para el salón, el llamado acuario comunitario, en el que se cuidan gran variedad de peces y plantas. Y mi favorito en este libro es, sin duda, el “acuario abierto”.

## **La nueva tendencia: el “acuario abierto”**

En realidad la idea del acuario abierto por arriba no es tan nueva. Hace más de 100 años, cuando aparecieron los primeros acuarios en las salas de estar, estaban abiertos en la parte superior y, debido a que aún se carecía de iluminación para el acuario, se colocaban cerca de la ventana.

Si se hojean un poco las antiguas revistas y libros sobre acuarios de principios de siglo, se vuelven a descubrir los “acuarios de salón y de surtidor” con hermosos trabajos de forja y estructuras rocosas. Junto a la obligatoria juncia o planta paraguas, el llantén de agua o alisma, el lirio acuático, el ranúnculo grande, la saeta de agua china y el *Saururus* ya eran plantas de acuario apreciadas, las cuales crecían sobre la superficie del agua. Y también se cultivaban plantas flotantes: *Pistia*, *Hydrocharis*, *Nymphoides humboldtiana* y diversos nenúfares. Pero, cierto día se ocultó

la vista sobre la superficie del agua mediante galerías y tapas de iluminación. Y con eso, las plantas palustres que crecen fuera del acuario, así como las numerosas plantas flotantes ya no tenían una base para existir. Finalmente, sólo se podía contemplar el paisaje subacuático desde delante. Por esta causa también resultaron más difíciles la alimentación, el cambio de agua y otras manipulaciones en el acuario, sobre todo si encima de la tapa con la iluminación se habían colocado flores u otros objetos que primero se tenían que retirar.

Esta evolución tuvo diferentes causas. En primer lugar fueron los fluorescentes que se podían instalar bien en el acuario junto con los reflectores. Por otro lado, se opinaba que el "agua usada" era el agua más valiosa para el acuario. Por eso, se protegía cada gota de agua evitando, en lo posible, que se evaporase. Y, finalmente, mediante un buen aislamiento se quería evitar que se perdiese demasiado calor hacia las estancias que, por aquel entonces, todavía no estaban bien calentadas.

Desde hace algunos años se nota una orientación del acuario de "observación" hacia el acuario abierto, gracias a las nuevas posibilidades de iluminación, del movimiento del agua y de la calefacción, así como a un cambio de ideas.

Gracias al acuario abierto, el contacto con el mismo es mucho más intenso. Uno se puede acercar al acuario sin problemas y manipulaciones impor-

tantes, mirar desde arriba, dar de comer a los animales en cualquier momento, así como tocar esta o aquella planta y llevar a cabo correcciones. ¡Exotismo tropical al alcance de la mano!

Y el acuariólogo todavía observará otra cosa: los miembros de la familia, e incluso animales domésticos como pájaros y gatos, se acercan con mayor frecuencia al acuario mirando interesados desde arriba este mundo maravilloso bajo el agua.

Asimismo regresan las plantas palustres y flotantes que durante tanto tiempo no se cultivaron en los acuarios. Ahora incluso tienen una función: la de dar sombra a las plantas sumergidas sensibles a la luz que crecen debajo de ellas.

Más aún, el acuario abierto no sólo es muy decorativo, sino que les ofrece a las plantas otro importante ámbito vital: el de poder desarrollar también su vida sexual en el acuario. Dado que ahora tienen la posibilidad de llevar sus brotes a la superficie del agua, las plantas pueden desarrollar flores sin entorpecimientos, ya que para florecer las plantas acuáticas han de salir al aire.

De esta manera, el acuario abierto descubre un campo especialmente atractivo de la biología vegetal. Una cantidad enorme y asombrosa de flores, formas y colores enriquecen ahora el acuario.

La gama de las plantas de acuario que de esta manera llegan a florecer es sorprendente y asombrosamente variada. Va de las plantas de acuario

que enraizan en el sustrato del fondo, pasando por las que crecen por encima de la superficie del agua, como las especies de *Echinodorus*, *Heteranthera zosterifolia* y las especies de *Alternanthera*, a las plantas flotantes puras, como *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* o *Nymphoides humboldtiana*. Ahora, incluso los nenúfares tropicales, entre ellos, el loto egipcio, pueden desarrollar durante meses una flor tras otra.

### El acuario lateral “en flor”

Puedo recomendar una variante decorativa del acuario abierto que, además, ofrece un aspecto adicional práctico. A un lado y detrás del acuario adosé, en forma de L, un acuario de 30 cm de profundidad y 25 cm de altura, que llené hasta el mismo nivel con gravilla y arcilla dilatada. Este “acuario auxiliar” se conectó con el circuito de agua del acuario, de modo que hacía las veces de filtro adicional. En este acuario lateral planté gran número de plantas de crecimiento emergido, entre ellas, diferentes especies de *Anubias* y *Echinodorus*, *Spiranthes cernua*, la orquídea de agua, *Samolus parviflorus*, *Lobelia cardinalis*, especies de *Hygrophila* y diversas más. De esta manera siempre había alguna planta en flor y, finalmente, detrás y a un lado del acuario se desarrolló una verdadera jungla. No obstante, al no superar la humedad atmosférica el 50-60%, las *Cryptocoryne* no duraban y siempre volvían a secarse.

Pero en la superficie del acuario mismo se desarrolla toda la magia del exotismo acuariológico, sobre todo si ofrecemos un hábitat a las más diminutas plantas acuáticas, por ejemplo, a la fanerógama más pequeña del mundo, *Wolffia arrhiza*, la lenteja de agua enana. Entonces resulta muy interesante tener a punto una lupa junto al acuario para poder observar las cosas más diminutas del mismo.

*Wolffia* es una planta muy extraña y, normalmente, poco conocida en los acuarios, aunque de vez en cuando se introduce en él oculta entre otras plantas. Sólo mide 1 mm. Las flores se hallan en la parte superior de la hoja y sin lupa casi no son visibles.

Vale la pena asimismo cultivar la *Azolla*, el pequeño helecho alga, que es una rareza biológica. Si bien sólo es visible al microscopio, contiene un alga que liga el nitrógeno, *Anabaena azollae*. Esta alga absorbe el nitrógeno del aire y lo intercambia con la planta huésped por otros nutrientes.

Una planta acuática también interesante y digna de observar es la lentibularia (*Utricularia*). Esta planta carnívora se puede observar especialmente bien en el acuario abierto, dado que aquí le gusta florecer. En las axilas de sus hojas hay unos dispositivos de captura en forma de vejiga (utrículos), provistos de cerdas táctiles y tapados mediante un opérculo. Estas vejigas contienen aire. Si ahora un pequeño animal acuático –pulga de agua, microcrustáceo o radiolario– roza las cerdas táctiles, el opérculo se abre hacia

dentro y el agua que penetra arrastra al animal hacia el interior. Allí se asfixia y muere de hambre. La planta digiere los animales mediante células especiales.

### **Otros puntos a favor del acuario abierto**

En esta defensa del acuario abierto todavía se pueden alegar otros factores a favor del mismo. Por ejemplo, la iluminación. Las disposiciones legales, más estrictas hoy en día, sobre la instalación de lámparas de acuario causan algunos problemas, como es sabido, sobre todo si se han tenido que cambiar varias veces. Nos libramos de este dilema colgando las lámparas sobre el acuario, o sea, si no hay contacto directo entre el acuario y la lámpara. Cabe que éste sea el actor decisivo para que muchos acuariólogos se decanten por el acuario abierto.

Finalmente, el acuario abierto colabora positivamente en crear un ambiente más agradable en el salón o sala de estar. Es de sobras conocido que las estancias modernas con calefacción tienen una humedad ambiental demasiado baja, ya que los radiadores realmente la consumen. El acuario abierto es el humidificador más bonito que uno se pueda imaginar.

### **Los factores negativos**

Precisamente sea este último punto el que pueda hablar contra el acuario abierto. Si el acuario, con una temperatura del agua de unos

25° C y situado en una habitación bastante fría o en una estancia cuya temperatura baja por la noche de los 21-22° C normales a 18° C, aumenta la evaporación, entonces pueden aparecer daños por humedad en el empapelado de las paredes y en éstas mismas. Como en las habitaciones en las que tengo acuarios abiertos procuro que haya una temperatura constante de 21° C, nunca han aparecido tales daños, y la humedad relativa raras veces ha superado el 60%. Como ya he dicho, lamentablemente no está en el nivel adecuado para llevar a cabo el cultivo emergido de *Cryptocoryne*.

La evaporación propiamente dicha en un acuario abierto no causa problemas, aunque el nivel del agua desciende con mayor rapidez que en los acuarios cerrados, lo que conlleva que se tenga que rellenar con mayor frecuencia. Cambiando el agua a intervalos de 15 días (cada vez 1/3 del volumen), se puede prevenir el riesgo de que la dureza del acuario suba hasta niveles indeseados. En este caso, la dureza del agua se equilibra a un 10%, como máximo, por encima de la dureza del agua del grifo.

Y, por último, también es necesario tomar precauciones al elegir los peces. En el acuario abierto es aconsejable no cuidar peces, a los que les guste saltar. Estos saltos se pueden evitar, en cierta medida, colocando alrededor de la parte superior del tanque un estrecho borde de cristal.

En resumen, el acuario abierto le descubre al aficionado una nueva dimensión. En la forma abierta, ampliamos el acuario en un nivel adicional, comparable aproximadamente al sistema de 3 capas o niveles de la pluvisilva tropical. Al igual que allí, en el acuario las partes emergidas de las plantas epífitas animan la zona aérea situada inmediatamente encima del mismo. A continuación sigue la superficie del agua con las hojas flotantes y plantas epífitas y, directamente debajo, el espacio acuático propiamente dicho, con las plantas de vida subacuática.

Pero incluso en los lugares donde parece acertado tapar el acuario, a fin de evitar una condensación demasiado intensa en la estancia, no es necesario renunciar a las plantas emergidas o flotantes. En los acuarios colocados en habitaciones frías, por ejemplo en sótanos, he encargado al cristalero unos paneles de cristal a modo de tapa, que tienen un canto de 4 cm de alto en la parte anterior y de 8 cm en la posterior. De este modo, el cristal propiamente dicho está inclinado hacia delante. Cada una de las partes mide 30 cm de ancho y sólo las partes de los extremos izquierdo y derecho poseen un cristal lateral a la izquierda y derecha, respectivamente. Debido a la cubierta algo elevada, el acuario cobra carácter de invernadero. Este tipo de cubierta permite asimismo cultivar una gama más amplia de plantas de acuario, incluso si éste está colocado en un recinto más frío.

## El acuario holandés

A veces se confunde el "acuario abierto" con un "acuario para plantas holandés". No obstante, de hecho existe una gran diferencia entre ambos tipos de acuario. La diferencia estriba menos en el aspecto exterior, que en el ámbito biológico.

El centro de gravedad del acuario holandés, que durante mucho tiempo se consideró un modelo, está claramente en su aspecto estético. Tanto la decoración como la disposición de las plantas están sometidas a las severas reglas de las exposiciones domésticas. El aficionado crea con imaginación y, sobre todo, con un trabajo paciente, un paisaje subacuático arquitectónico, que es muy bonito de contemplar. A la exposición doméstica concurren entonces vistosos paisajes subacuáticos a modo de parques, adaptados por completo al día en el que la comisión del concurso acude a la casa para evaluarlo.

En otro lugar ya he mencionado que las plantas de tallo, si se podan regularmente como ocurre muchas veces en los acuarios de plantas holandeses, no pueden cumplir su función biológica en el acuario. Las estrictas reglas prevén campos y calles (la llamada "vía dolorosa") de plantas de tallo como *Saururus*, *Samolus*, *Lobelia*, *Hottonia* y *Heteranthera*, cuya altura y extensión están prescritas con exactitud. En el libro de Arend van den Nieuwenhuizen sobre el "Milagro en el salón" holandés se dice varias veces, al hablar sobre las plantas, que se las ha de podar regularmente. Esto

caracteriza claramente el punto que se discute, a causa del cual el acuario holandés es criticado, pese a toda su belleza y buen aspecto.

En el "acuario abierto" la planta también mejora en alto grado la calidad del agua, aunque se pueden disponer igualmente según puntos de vista estéticos, sin que ello sea obligatorio. Yo me puedo imaginar perfectamente un "acuario de jungla", como hábitat sano para muchos peces.

### **Plantas acuáticas inadecuadas y artificiales**

Después de todo lo que se ha dicho aquí sobre la importancia de las plantas de acuario, sobra la cuestión de si hay que colocar en él plantas acuáticas verdaderas. A pesar de ello, los comercios zoológicos siguen ofreciendo plantas de acuario que no lo son. Estas plantas, entre ellas *Fittonia argyryroneura* o *Selaginella wildenowii*, pertenecen a un grupo que prefieren lugares húmedos como hábitat y que, tal vez, se podrían acomodar en paldarios y terrarios, pero que no son en modo alguno aptas para el cultivo sumergido. Las plantas, cuyas flores y hojas se pudren rápidamente en el agua, o sea, que no pueden ser calificadas de plantas acuáticas verdaderas, incluso causan una proliferación de gérmenes patógenos en el acuario.

Entre estas plantas no adecuadas también se incluyen parientes de algunas plantas de acuario verdaderas, tales

como *Alternanthera variegata* y *A. sessilis*.

Aún resulta más absurdo colocar en los acuarios plantas de plástico. Esta mala costumbre está muy extendida, sobre todo por América, y a veces se dan intentos de ofrecer tales prótesis a los acuariólogos de aquí. Aunque hoy en día se consigue fabricar plantas de acuario de plástico que se pueden confundir con las verdaderas, sólo podemos desear que se les ahorre a los peces el tener que existir en un acuario semejante. Si se usan plantas de plástico, sería más consecuente colocar en el acuario también peces de este material.

### **Plantas acuáticas para "peces de acuario" especiales**

Para más de un aficionado representa un problema el conseguir un acuario bien cuidado si sus inquilinos destruyen las plantas y muchos aficionados a los cíclidos lo saben por experiencia. Numerosas especies consideran las plantas acuáticas como pienso deseable, como una golosina, por ejemplo, las especies de *Tilapia* o *Tropheus*. Las plantas que más les gusta comer son *Elodea*, *Limnophila*, *Cabomba*, *Valisneria*, *Sagittaria* e *Hygrophila*.

Sin embargo, a través de conversaciones con dueños de cíclidos y de la bibliografía, se dan algunos puntos de referencia para un acuario con plantas aptas para cíclidos:

1. El acuario ha de estar plantado espesamente con plantas que no sean "pienso", antes de introducir los peces.

2. Hay que suministrarles abundante alimento vegetal, junto a lechuga y espinacas escaldadas; también plantas acuáticas baratas como *Elodea*; *Limnophila*, *Hygrophila*, etc.

3. Un cambio abundante y regular del agua demuestra ser ventajoso y es necesario debido a los peces, a menudo "de más peso", y para disminuir la mayor cantidad de productos de desecho.

Para plantar en un acuario de cíclidos se recomiendan las siguientes plantas, las cuales corren menos riesgo y son toleradas por los animales.

*Anubias afzelii*, *A. barteri* var. *nana*; *Aponogeton undulatus*; *Barclaya longifolia*; *Bolbitis heudelotii*; *Cryptocoryne beckettii*, *C. willisii*, *C. petchii*, *C. pontederiifolia*, *C. walkeri*, *C. wendtii*, *C. usteriana*; *Echinodorus bleheri*, *E. amazonicus*, *E. angustifolius*, *E. aschersonianus*, *E. horizontalis*, *E. latifolius*, *E. maior*, *E. cordifolius*, *E. paniculatus*, *E. parviflorus*, *E. tenellus*, *E. uruguayensis*; *Lobelia cardinalis*; *Microsorium pteropus*; *Nymphaea lotus* (rojo y verde), *Nymphaea daubenyana*.

Esta lista, con toda seguridad, aún puede ampliarse más, una vez los propietarios de los cíclidos hayan reunido sus experiencias.

# Problemas

## Algas

En los círculos de los acuariólogos las algas no tienen buena fama. Antes de decir algo acerca de su eliminación, también deseo mencionar su importancia filogenética.

Hace tres mil millones de años surgió en el agua el primer ser vivo, que era vegetal. Los biólogos ponen a las algas al comienzo del sistema vegetal. Uno de los pasos evolutivos más grandes de la creación fue la formación del pigmento llamado clorofila, que da el color verde a las hojas. La clorofila permite a las plantas producir nutrientes con ayuda de la energía solar. Los organismos más antiguos que conocemos con tal pigmento son las algas azules (cianofíceas). A lo largo de grandes períodos de tiempo las formas orgánicas variaron poco. Entonces, hace más de 2500 millones de años, aparecieron las primeras algas filamentosas y, no hace más de 400 millones de años, una vez hubieron aparecido las algas verdes, se desarrollaron las primeras plantas terrestres en las zonas limítrofes entre tierra y agua.

Pese a todas las excelentes funciones que han cumplido las algas a lo largo de la historia del mundo orgánico, en el acuario no están bien vistas, ya que perjudican en mayor o menor

medida el aspecto del mismo. Más aún, si las algas llegan a dominar, las plantas superiores pueden resultar perjudicadas e incluso morir. Y si en algún caso aparecen de forma molesta, es muy difícil combatir las sin dañar al mismo tiempo las plantas del acuario. Las más desagradables y temidas son las algas rojas.

## Algas inofensivas y agradables

Por más cuidado que se ponga en la instalación del acuario y por más higiénicamente que se proceda, a más tardar cuando se introduzcan las primeras plantas y peces, aparecerán también algunas esporas de algas, que habrán llegado como polizones entre los pliegues cutáneos o branquiales de los peces o en algún punto de su epidermis. Ahora, el hecho de que las algas se multipliquen explosivamente sólo dependerá de las condiciones ambientales químicas y físicas. Casi siempre, el primer lugar donde las descubrimos es el cristal frontal. Ni siquiera el más riguroso procedimiento semanal de limpieza con el limpiador de cristales o con el algodón de perlón podrá evitar que se vuelva a formar rápidamente un tapiz algal.

La fase de inicio de un acuario es precisamente la más peligrosa, ya

que el metabolismo del oxígeno de las plantas todavía es frágil. La mayoría de veces se decide durante las primeras semanas quién dominará en el acuario, las plantas inferiores o las superiores. Por otra parte, la aparición de algas filamentosas verdes no ha de ser necesariamente un signo de alarma. Por regla general, se pueden sacar cómodamente con la mano o con un palito de madera. Si eso se hace con persistencia, con el tiempo desaparecen por sí solas.

### **También acechan las algas “malas”**

La aparición de algas azules ya es más peligrosa, porque afectan a las plantas. En un tiempo sumamente breve recubren las piedras, la gravilla y las plantas con una capa mucilaginosa. Cuando manipulamos dentro del acuario se manifiesta un desagradable olor que puede llenar toda la estancia e incluso toda la casa. El acuariólogo tiene que intervenir a los primeros indicios de aparición de algas azules. Sin embargo, al principio no debe hacerlo con cualquier producto, sino de forma manual, absorbiendo cada día –y si es posible varias veces al día– los campos de algas azules mediante una manguera. Yo siempre he vuelto a observar que esta fase se supera bien en breve tiempo si se vigila e interviene de manera decidida.

Por eso, desaconsejo las medidas químicas porque no existe ningún producto que no perjudique a las

plantas, las cuales son muy frágiles en esta fase inicial. Precisamente este retraso en la normalización del metabolismo del oxígeno en las plantas superiores les da a las algas la posibilidad de salir vencedoras.

Numerosos especialistas, cultivadores y acuariólogos han observado que las algas, y también las temidas algas rojas, sólo crecen fuertes y atacan a las plantas sanas en contadas ocasiones. Y precisamente en este hecho radica la posibilidad de que el aficionado mantenga su acuario libre de algas, o consiga liberarlo de ellas. El lema debe ser: no combatir sino evitar la plaga algal mediante la prevención.

### **“Más vale prevenir que curar”**

Sobre todo las algas rojas, que en los últimos años aparecen con mayor frecuencia, conocidas por los acuariólogos bajo diferentes nombres, estropean en poco tiempo un acuario. Así, estas algas ya han hecho abandonar su afición a más de uno. No se conoce ninguna medida eficaz para combatir especialmente este grupo de algas.

Otros acuariólogos también confirman los efectos del abonado con CO<sub>2</sub>, recomendado por Paffrath y Krause, pero no tiene éxito en todos los casos. En un caso positivo, parece que no existen reacciones primarias sino efectos secundarios.

Möhlmann comunica resultados positivos en la lucha contra las algas rojas mediante un *Ceratophyllum* procedente de Cuba. En su acuario dejó

proliferar varios brotes de esta planta, con el resultado de la total desaparición de las algas.

Eso se confirma en la tesis, publicada por mí hace tiempo, de que lo único que puede evitar en gran medida las algas en un acuario son unas condiciones óptimas del mismo, así como una densa población de plantas.

Por lo tanto, una razonable prevención de las algas es como sigue:

1. Plantar enseguida en el acuario, y de manera densa, plantas de crecimiento rápido, de las que posteriormente se pueden cambiar algunas por otras que crezcan de forma más lenta. Son recomendables, sobre todo: *Hygrophila difformis* (o *Synnema triflorum*), *Ceratopteris* y *Ceratophyllum demersum* o *Vallisneria americana*, etc.

2. Óptimos cuidados del agua incluido el abono con CO<sub>2</sub> y vegetal.

3. Introducir preventivamente peces que coman algas.

En la "lista de comedores de algas" se incluyen los siguientes peces:

Zorro volador siamés (*Epalzeorhynchus siamensis*), un ciprínido de Siam. Es el rey de los comedores de algas, y prefiere las algas rojas y las algas verdes filamentosas. Un cardumen adecuado (unos 6-8 animales en un acuario de 100 l) es especialmente activo contra las algas rojas en su estadio juvenil. Cuidado con el pienso seco que podría desacostumbrar a los peces de comer algas.

*Epalzeorhynchus kallopterus*. También se menciona algunas veces pero es

mucho menos activo contra las algas que sus parientes siameses.

Otocinelo dorado (*Otocinclus affinis* u *O. vittatus*). Ataca sobre todo las algas que recubren los objetos o las que forman tapices.

Moli negro (*Poecilia sphenops*). Se recomienda como activo e incansable comedor de algas. Las algas fúngicas y las que forman tapices son las que más le gustan.

Gupi (*Poecilia reticulata*). El gupi también es utilizado por los acuariólogos para combatir las algas.

*Gyrinocheilus aymonieri*. Se le conoce desde hace tiempo como aniquilador de algas. No obstante, tiene la fama de que cuando es viejo prefiere una comida más sabrosa.

*Homaloptera zollingeri*. Es un pez que a veces incluso come algas azules.

*Ancistrus dolichopterus* y su pariente *A. leucosticus* también son buenos comedores de algas. Estos animales tienen el inconveniente de que, a veces, al comer las algas también dañan las plantas, raspando, por ejemplo, la epidermis en las especies de *Echinodorus*, lo que conlleva lesiones que afean las hojas. Por tanto, sólo se pueden utilizar limitadamente para combatir las algas.

Pez gato del Brasil (*Hypostomus punctatus* o *Plecostomus punctatus*). También aparece en la lista de comedores de algas. Sin embargo, de adulto sólo es apto para acuarios grandes.

*Farlowella acus*. Es apreciado por muchos acuariólogos para combatir

una especie de algas rojas que presenta un moteado negro.

Xifo (*Xiphophorus helleri*) y platy (*X. maculata*). Todas sus razas se pueden utilizar para combatir las algas, sobre todo las algas blandas o filamentosas, así como los tapices algales.

*Abramites hypselonotus*. Es un anostómido que paca entre las plantas en busca de algas. No obstante, al mismo tiempo también come los brotes tiernos.

*Rineloricaria fallax*. Es una variante agradable y adicional en la lista de los aniquiladores de algas.

*Panaque nigrolineatus*. Este pez parece ser una sugerencia secreta en nuestra lista, ya que come incansablemente algas sin dañar las plantas. Gurami besucón (*Helostoma temminckii*). Sobre todo limpia diligentemente los cristales y paca sin cansarse el fino césped algal que recubre las superficies lisas y los trozos de madera.

### **Precauciones al comprar las plantas**

Cuando las adquiera, mire con atención si las plantas están atacadas por algas, y vigile que estén impecables. Es aconsejable renunciar a las importaciones directas procedentes de Asia, ya que se corre el riesgo de que lleven adheridas esporas de las temidas algas rojas.

Cuando más tarde plante o cambie plantas y peces de un acuario a otro, también deberá vigilar que no traspase esporas de algas. En casos du-

dosos es preferible intercalar una estación de cuarentena. Una estación semejante se puede construir fácilmente con cubetas de revelado o recipientes similares, que lleven una solución de un alguicida o de permanganato potásico (1 g por 10 l de agua).

### **Cuando las plantas enferman**

El aspecto general de un acuario puede sufrir no sólo a causa de las algas, sino también debido a plantas enfermas. Las plantas o partes vegetales enfermas se manifiestan de diversas maneras: crecimiento raquíutico, desflecados y agujeros en las hojas, decoloraciones, por ejemplo zonas amarillas y vítreas en las hojas, manchas pardas, "granitos" puntiformes en las hojas y, especialmente en las *Cryptocoryne*, el fenómeno conocido por "putrefacción": un repentino desmoronamiento o descomposición de plantas y poblaciones enteras.

La cuestión de si los agentes de algunas de estas enfermedades son virus o bacterias podemos descartarla en gran medida —siempre que se refiera al acuario. Si se observa una colonización bacteriana creciente en hojas en putrefacción, ello no es la causa sino la consecuencia de la descomposición de la planta.

Dejando de lado los daños causados por los caracoles o los peces, normalmente las enfermedades de las

plantas en el acuario tienen las siguientes causas:

1. deficiente continuidad del químico acuático;
2. déficit de uno o varios nutrientes vegetales;
3. exceso de uno o varios nutrientes vegetales.

### **Deficiente continuidad**

Por experiencia y observaciones propias la premisa más importante para tener plantas sanas es la continuidad absoluta de todos los componentes químicos del agua. Eso es, un pH equilibrado, un contenido uniforme tanto de la dureza total como de la dureza de carbonato, etc. O, dicho de otro modo: un contenido estable de las tierras alcalinas, así como de la capacidad de formar enlaces ácidos y un aporte regular de todos los nutrientes incluidos los oligoelementos. Éstos son los factores a los que están acostumbradas las plantas en sus hábitats naturales. El acuariólogo que alguna vez emprenda estudios del biotopo en las plantas autóctonas estará asombrado de ver lo constantes que son todos los valores en ese lugar, independientemente de si es de día o de noche, independientemente también de la estación y del período seco o lluvioso.

Aquí aparece claramente la diferencia estructural entre el acuario y el biotopo natural. Mientras que en las aguas naturales con plantas –dejando de lado las excepciones– hay un enorme volumen de agua que procura la estabilidad de todos los com-

ponentes, la “charca” que es el acuario –incluso si contiene varios cientos de litros de agua– oculta el riesgo de que algunos parámetros oscilen rápidamente de un extremo al otro. Por ejemplo, en un acuario el pH puede oscilar fuertemente a causa de un cambio en el abonado con CO<sub>2</sub>. También el contenido cuantitativo de algunas sustancias, tales como cloruro, calcio, magnesio, fosfato y nitrato, está sometido con frecuencia a grandes variaciones.

### **La putrefacción de las *Cryptocoryne***

El misterio que rodea a la denominada putrefacción de las *Cryptocoryne* todavía sigue sin estar resuelto científicamente. Los síntomas son la repentina descomposición de las hojas en muchas especies de *Cryptocoryne*. Cuando la patología es leve, sólo son afectadas partes de las hojas u hojas aisladas; sin embargo, en casos extremos puede suceder que se descompongan poblaciones enteras de *Cryptocoryne*.

Una hipótesis que, posiblemente, se aproxime más a la verdadera causa, se basa en la desacostumbrada confrontación de estas plantas con un exceso de nitrato en el acuario.

En sus aguas patrias estas plantas cubren sus necesidades de nitrógeno con el amonio que contiene el agua en cantidades entre 0,01 y 0,5 mg/l. Las plantas prefieren el amonio como fuente de nitrógeno porque lo pueden integrar más cómodamente en su metabolismo. La otra fuente de nitró-

geno, el nitrato, la forma de nitrógeno más oxidada, ha de ser "reducida" a través de un proceso químico antes de poder ser elaborada. Por otra parte, en las aguas normales con *Cryptocoryne* el nitrato apenas aparece o si lo hace, es en cantidades ínfimas.

Sin embargo, en los acuarios la situación del nitrógeno es la contraria. Las plantas se ven confrontadas a unas concentraciones de nitrógeno que son más de cien veces superiores. En los acuarios no son raros unos valores de  $\text{NO}_3$  de 50, 100 y 200 mg/l. Cuando absorben los nutrientes del agua, especialmente en la absorción de aniones, las plantas absorben ahora más nitrato del que pueden asimilar. El excedente de nitrato se deposita en el tejido, tal vez en otra forma. Estas reservas de nitrógeno —de manera parecida a los lípidos en el hombre— representan ahora un peligro constante y latente para las *Cryptocoryne*. Una alteración repentina —o lenta— del quimismo acuático, o del potencial redox —debido a las causas más diversas, tales como cambio del agua, variación de las condiciones de luz, alteración del sustrato filtrante o del pH, cambio en el balance del  $\text{CO}_2$ , adición de productos químicos como abono, medicamentos o alguicidas, incluso el trasplante o la introducción de plantas nuevas (debido a la intervención en el sustrato del fondo que reduce el potencial redox, etc.)— puede producir cambios o la disgregación de las reservas de nitrógeno en las plantas. Quizá se ori-

ginen aquí formas intermedias del nitrógeno que, en grandes cantidades, serán tóxicas para las células.

Esta hipótesis es la que más se ajusta a todas las manifestaciones de la putrefacción de las *Cryptocoryne*. Los efectos de una deficiente continuidad sobre el bienestar de las plantas de acuario se pueden comparar preferentemente con las carencias nutricionales graves en el hombre. Las personas que han pasado largos períodos de hambre (p. ej., prisioneros de guerra), corren un peligro altísimo si, de repente, ingieren una comida rica en grasas.

Por eso, vamos a recordar en este lugar lo que ya se exigió antes para los acuarios: si se desea tener plantas sanas, hay que procurar una óptima continuidad de todos los parámetros.

### **Déficit de uno o varios nutrientes vegetales**

Otra de las causas de numerosas enfermedades de las plantas de acuario hay que buscarla en el hecho de que el acuario carece por completo de determinados nutrientes esenciales o —más probable aún— que se hallen en una forma química que no pueda ser absorbida por las plantas, o al menos por algunas.

La denominada clorosis es un ejemplo de una enfermedad de este tipo. Las hojas de algunas plantas de crecimiento rápido como *Vallisneria*, *Sagittaria*, *Elodea densa*, etc., incluidos los nervios, se vuelven amarillas y, en casos extremos, incluso de aspecto vítreo y frágiles. Durante largo

tiempo, la causa de esta patología no se reconoció en los acuarios, dado que, en el fondo, el hierro no es una sustancia deficitaria en el acuario, sobre todo en la época en que los marcos o fondos que se oxidaban aportaban la suficiente cantidad de este elemento. Tampoco ayudó en nada la adición de hierro en forma de sales o de "clavos". Más tarde, se averiguó que eso tenía causas químicas. Únicamente el hierro soluble bivalente tiene valor como "nutriente". Sin embargo, en las condiciones normales de un acuario, el oxígeno del agua oxidaba el hierro, transformándolo en hierro trivalente insoluble. Este hierro no servía para nada, se depositaba en el fondo y se perdía para la alimentación de las plantas.

Sólo hay pocas plantas capaces de asimilar el hierro depositado en el sustrato mediante ácidos orgánicos propios (quelatos) o transformarlo en la forma bivalente del "hierro activo" para reaprovecharlo como nutriente.

Sólo a partir de 1965 se supo cómo ligar el hierro trivalente, normalmente insoluble, mediante quelatos artificiales (entre otros el EDTA), y mantenerlo diluido en el agua. Los modernos abonos para acuarios contienen hierro en esta forma, cuya proporción debe estar ajustada al resto de nutrientes.

En el acuario también puede aparecer un déficit de manganeso. En este caso, lo único que se vuelve amarillo son las zonas entre los nervios de las hojas, los nervios mismos

permanecen verdes. En este caso se habla de la "enfermedad de los árboles de Navidad", porque los síntomas son parecidos a los del abeto. Las causas de esta patología en el acuario hay que buscarlas no tanto en una absoluta carencia de este oligoelemento, sino más bien en un desplazamiento del mismo por otros nutrientes, especialmente por un contenido de hierro demasiado alto. El déficit de manganeso aparece cuando se abona con demasiado hierro-EDTA. Por eso, es preferible que el acuariólogo —prescindiendo de los fines experimentales— trabaje con un buen producto especial para acuarios, en el cual se encuentran todos los oligoelementos, incluido el hierro, en una proporción perfectamente calibrada.

Las plantas también pueden enfermar por déficit de potasio (el borde de las hojas jóvenes amarillea), o déficit de fósforo, de azufre y de calcio. Esos casos se pueden dar si el acuariólogo trabaja con agua pobre en sales, debido a los intercambiadores de iones y a otras manipulaciones, y cambia poco el agua sin abonar a intervalos regulares. Todo esto se puede evitar, si se procura tener una cierta estabilidad en el quimismo acuático con un abonado regular.

#### **Plantas de acuario de utilidad biológica.**

**Arriba: *Hygrophila difformis*.**

**Abajo: *Limnophila sessiliflora*.**





## Exceso de uno o varios nutrientes vegetales

En el acuario y debido a causas estructurales, el exceso de nutrientes aparece rápidamente en el caso del nitrato. Como ya se ha descrito "sólo" se permiten 50 mg/l de nitrato en el agua del grifo. Para las condiciones acuariológicas, eso es un valor increíblemente alto, si lo referimos a los peces y las plantas; valores que en las aguas naturales casi nunca se alcanzan. A ello se añade la producción propia de nitrato en el acuario. Con el ejemplo de la putrefacción de las *Cryptocoryne* ya hemos descrito un ejemplo de exceso de nitrato en el acuario. En otras plantas, el exceso de nitrato puede originar pústulas y agujeros.

También el amarilleamiento de las hojas puede tener su causa en un contenido demasiado elevado o unilateral de nitrato.

### Flores sobre la superficie del agua.

Especialmente en el "acuario abierto" muchas plantas de acuario tienen la posibilidad de florecer. Además, el acuario abierto brinda la ocasión de observar muchas plantas flotantes, p. ej., *Lemna*, *Wolffia*, *Azolla*, *Limnobium laevigatum*, diversas especies de *Salvinia*, etc. La foto inferior también muestra sobre la superficie del agua *Spiranthes cernua*, la orquídea acuática, y *Samolus parviflorus*.

Parte superior izquierda: *Nymphoides humboldtiana*.

Parte superior derecha: Flor de *Echinodorus horizontalis*.

Centro izquierda: Inflorescencia de *Spiranthes cernua*.

Centro: *Samolus parviflorus*.

Centro derecha: *Rotala rotundifolia*.

Por otra parte, existen numerosas plantas que, debido a su elevada tasa de reproducción, asimilan bien el nitrato, como *Hygrophila*, *Elodea*, *Limnophila*, *Cabomba* y *Ceratopteris*.

La medida más importante para combatir un contenido demasiado alto de nitrato en el agua es el cambio del agua a intervalos regulares, preferiblemente el cambio semanal de, por lo menos, un tercio del volumen. En este contexto es ideal poder efectuar el cambio del agua de forma automática, si el acuario posee una conexión directa con la red de suministro de agua y de desagüe.

## Parásitos de las partes emergidas de las plantas

Mientras que los daños parasitarios en las plantas subacuáticas carecen de importancia en el acuario, eso cambia tan pronto crecen por encima de la superficie del agua y desarrollan brotes emergidos. También sobre las plantas flotantes y en los brotes florales se descubrirán con rapidez parásitos que pueden constituir un peligro para la planta.

La lucha contra ellos es problemática ya que no se pueden emplear productos tóxicos, para no poner en peligro la población piscícola de un acuario o un paludario. Por ello, es importante conocer toda una gama de medidas fitosanitarias biológicas para poder actuar contra los parásitos en caso de infestación, o como profilaxis.

## Pulgonos

Sólo en el caso de infestación por pulgonos hay la posibilidad de trabajar con un producto químico. Lo mejor es utilizar un carbamato insecticida, en forma de granulado, que no sea peligroso para las abejas y que también proteja otros numerosos artrópodos beneficiosos como, por ejemplo, las mariquitas y las crisopas, los enemigos naturales de los pulgonos. El granulado se disuelve en agua en una proporción de 0,5 g por 1 l y se pulveriza sobre las plantas.

### Medios fitosanitarios biológicos

Sin embargo, contra la mayoría de parásitos persistentes y peligrosos no podemos aplicar remedios químicos en el acuario porque son demasiado tóxicos. Por otro lado, buscando medidas fitosanitarias biológicas, topamos con una amplia variedad de enemigos naturales de los parásitos, los cuales se pueden utilizar perfectamente en invernaderos y paludarios, pero también en acuarios con plantas emergidas. Por regla general, este método consiste en utilizar depredadores, parásitos y gérmenes patógenos de estos animales dañinos.

Los pulgonos también se pueden combatir de este modo. Aquí se trata, sobre todo, de las larvas de mariquita, de las crisopas y de los sírfidos. Todas ellas se alimentan con verdadera fruición de los pulgonos.

Incluso los ácaros rojos (*Tetranychus urticae*), conocidos en las partes

emergidas como “**arañuela roja**”, se pueden dominar por medios biológicos. En las zonas tropicales hay una especie de ácaro depredador (*Phytoseiulus persimilis*) que casi se alimenta exclusivamente de ácaros rojos. La tasa de reproducción de este insecto es similar a la del ácaro rojo, pero su ciclo vital es dos veces más largo. De esta manera, es capaz de aniquilar en menos tiempo los ácaros rojos y, dado que éstos constituyen su único alimento, una vez eliminados, el *P. persimilis* desaparece a su vez. ¡Eso es ideal para combatir los parásitos sin consecuencias!

Con los icneumónidos (p. ej., *Encarsia formosa*) se consigue un éxito parecido, y sin efectos secundarios, frente a la **mosca blanca** (*Trialeurodes vaporariorum*). El icneumón pone sus huevos en las larvas de la mosca blanca, las cuales les sirven de alimento a las larvas del primero. Lo que quedan son las larvas vacías, de manera que la mosca blanca resulta totalmente aniquilada.

Existen empresas especializadas en la cría de estos “plaguicidas biológicos” que ofrecen preparados que se pueden aplicar también en acuarios y terrarios. Algunas no sólo ofrecen icneumónidos y *Phytoseiulus persimilis*, sino también suspensiones de las esporas del hongo *Capthosporium lecanii*, contra otros parásitos.

Además, los gorgojos, los pulgonos y los trips también se pueden combatir con productos a base de esporas.

# Control de todas las funciones en el acuario

El *hobby* o afición popular del acuario ha alcanzado hoy en día un alto nivel técnico, cosa que hace pocos años aún no se creía posible. Este nivel le permite al acuariólogo cuidar peces y plantas delicados, porque se puede comprimir un biotopo óptimo en ínfimas partes de un metro cúbico, el cual basta a las necesidades de seres vivos altamente especializados.

No obstante, este biotopo artificial es muy complicado y sensible a los trastornos —pese a todas las disposiciones que se tomen. En parte, tales trastornos también se hallan fuera de la responsabilidad del acuariólogo, por ejemplo, en la calidad del agua del grifo.

Pese a ello, el acuariólogo no debe sustraerse a la responsabilidad para con la vida que le ha sido confiada, y ha de contrarrestar el peligro de que, por desconocimiento o por una técnica mal aplicada, dicha vida se vea amenazada o sea aniquilada.

El control de todas las funciones mediante un sistema analítico simple pero razonable, representa una ayuda importante para prevenir todos los riesgos posibles. Dicho sistema ha de consistir en aquellos procedimientos de medición que aporten informaciones importantes para el manejo de un acuario. Por otra parte, estos pro-

cedimientos deben ser sencillos, pues al acuario le sirve de poco si se renuncia a medidas necesarias, sólo porque el procedimiento de su medición sea demasiado complicado y ocupe demasiado tiempo.

Hoy en día, la industria acuariológica ofrece tests que informan suficientemente acerca de todas las cuestiones importantes. El aficionado no debe considerar molesto el control regular de algunas funciones del acuario, ya que, por otro lado, le permiten echar una mirada a las variadas interrelaciones del agua y la vida que habita en su seno.

## **¿Qué clase de tests son importantes?**

No puedo dejar de tener la impresión de que, durante mucho tiempo, en acuariología se valoraban mucho aquellos parámetros que eran fáciles de medir, mientras que no se tenían en cuenta otros, no menos importantes, porque para ellos no había en el mercado unos tests analíticos apropiados.

Actualmente, en las viejas revistas sobre acuarios aún se puede leer todo lo que se efectuó cuando se descubrió el pH y se pudo controlar. Se consideró el indicio fundamental

para un correcto cuidado del acuario. A fin de lograr un determinado pH, ya preestablecido, se manipulaba con ácidos y con turba, causando con todas estas manipulaciones más daño que bien al acuario. Y la aparición de la cómoda medición del valor de dureza total y de la dureza de carbonato originó un verdadero *boom* en busca de intercambiadores de iones y otros artilugios para disminuir la dureza del agua y su contenido en sales. Unida a la interpretación errónea de los datos analíticos obtenidos en aguas tropicales, que indicaban predominantemente aguas pobres en sales y blandas, así como a una trasposición insensata a la práctica acuariológica, la “psicosis del agua blanda” entre los acuariólogos produjo más daños que beneficios. En la historia más que secular de la acuariología y en las publicaciones vinculadas a ella no se hallará ninguna indicación referente a si el agua del acuario posee realmente suficiente cantidad del nutriente principal, el potasio, y eso tan sólo porque a los aficionados no se les ofrecían métodos analíticos aptos para el análisis de esta sustancia.

Desde mi punto de vista creo necesario reflexionar sobre el valor de las mediciones corrientes hoy en día para el acuario, es decir, definir las con exactitud. Para el acuariólogo es importante saber lo que el resultado de un test dice acerca de su acuario y de qué manera tiene que reaccionar ante eso. Dicho de otra manera, para el acuariólogo la evaluación del orga-

nismo acuario depende del diagnóstico y de la terapéutica, de la misma manera que para el médico cuando examina un cuerpo humano.

A continuación vamos a responder punto por punto a las cuestiones acerca de qué mediciones son importantes para la evaluación de un acuario.

### **Temperatura**

Tal vez la medición más antigua en el acuario sea el control de la temperatura del agua. Si se posee un acuario tropical esta medición es tan importante como hace cien años. Aunque los modernos procedimientos de calefacción, acoplados quizá a sistemas de medición y regulación de la temperatura, ya no causan el pavor de tiempos pasados, sí se debería poder leer bien la indicación de la temperatura, a fin de poder comprobar con una rápida mirada si es correcta. No importa si esta mirada cae sobre un termómetro normal con escala térmica o sobre un aparato de medición eléctrico con indicación analógica o digital.

### **Test de CO<sub>2</sub>**

Es necesario un control permanente, sobre todo si se aporta al acuario CO<sub>2</sub>. Dado que el dióxido de carbono, además de sobre el abono de CO<sub>2</sub> también actúa sobre el valor del pH, se recomienda controlar la funcionalidad de la instalación para el CO<sub>2</sub> mediante un test permanente para el dióxido de carbono. Con este fin hay varias casas de acuariología que ofrecen tests, los cuales sólo indican

las variaciones del pH si éstas están causadas por el dióxido de carbono. Estos aparatos aprovechan la tendencia del  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua a equilibrarse con el aire atmosférico limitrofe. Un líquido indicador en este aparato tiene la posibilidad de reaccionar a las variaciones en el pH del agua causadas por el dióxido de carbono, a través de su contacto con el aire. Sin embargo, no tiene en cuenta las alteraciones del pH producidas por otras sustancias, ácidos minerales, etc.

Este "test permanente de  $\text{CO}_2$ " es necesario para reconocer a tiempo incorrecciones en el aporte de dióxido

de carbono, pero también para indicar cuándo se ha gastado el recipiente de reserva del mismo.

Una vez llenado con el líquido indicador, el aparato funciona durante semanas, antes de que se tenga que llenar de nuevo con dicho indicador. Dado que el abonado con  $\text{CO}_2$  está ajustado predominantemente a un valor neutro del pH, el test señala permanentemente el estado actual: verde: óptimo; amarillo: demasiado  $\text{CO}_2$ ; azul: demasiado poco.

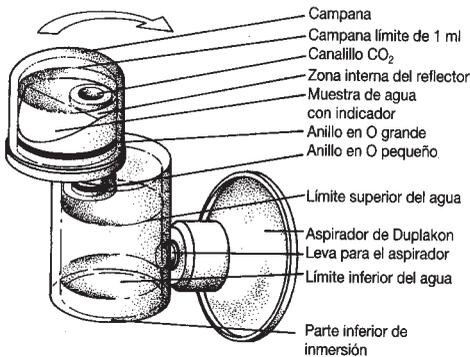
No debe faltar una señalización óptica del indicador, aunque la instalación del  $\text{CO}_2$  se regule automáticamente mediante un regulador permanente del pH.

### Oxígeno: control de todas las funciones en el acuario

La medición del contenido de oxígeno es un indicador importante acerca de la funcionalidad de los diferentes sistemas en el acuario:

1. Es, sobre todo, la asimilación de las plantas la que suministra el oxígeno. Si a lo largo del día aumenta el contenido de  $\text{O}_2$  hasta la saturación o por encima de ella, eso confirma que todas las premisas, como el abono vegetal, el suministro de  $\text{CO}_2$  y la luz son correctos. Durante la noche el contenido de oxígeno puede descender perfectamente a un nivel de entre el 40 y el 50%, lo importante es que vuelva a alcanzar la marca del 100% en un período de luz de 8 a 10 horas.

El no llegar a este nivel puede señalar trastornos en las funciones arriba citadas, así como un fuerte consumo



**Fig. 13.** En este pequeño analizador de  $\text{CO}_2$  la campana superior contiene una muestra de agua con indicador del pH. El espacio interior está unido al agua del acuario mediante un canalillo. Puesto que el  $\text{CO}_2$  tiende a equilibrarse con el  $\text{CO}_2$  del aire que lo rodea, el anhídrido carbónico se difunde a través del canal de aire. Debido a ello, el líquido indicador señala exactamente el contenido de  $\text{CO}_2$  del agua del acuario, así como todas sus variaciones. El color verde indica el contenido óptimo de  $\text{CO}_2$ , el amarillo el exceso y el azul el déficit de  $\text{CO}_2$ .

de oxígeno, tal vez en el filtro. Si no se cuidan bien los filtros subacuáticos, existe la posibilidad de que el filtraje se efectúe a través de suciedad, lo que consume mucho oxígeno.

Otras causas de la no recuperación del nivel de saturación de oxígeno pueden consistir en una población piscícola excesiva o en una contaminación orgánica del agua demasiado elevada, debida a restos de pienso, plantas en putrefacción y procesos de descomposición de la madera y la turba.

Un acuario que, pese a todas las medidas que se tomen para contrarrestarlo, ya no salga de su déficit de oxígeno se dirige, muy probablemente, hacia su fin. En muchos casos la causa está en que el sustrato del fondo está impregnado de materia orgánica.

2. El establecimiento del consumo de oxígeno como medida para la contaminación orgánica del agua es otra buena evaluación del agua del acuario. El consumo de oxígeno en el intervalo de 2 días resulta de la diferencia entre el contenido de oxígeno del agua inmediatamente después de sacarla y el contenido al cabo de 48 horas de consumo del mismo.

El lector encontrará indicaciones sobre la posibilidad de efectuar este control, así como acerca de todos los demás procedimientos acuariológicos en el libro de Kaspar Horst y Horst Kipper (1983). Hay empresas especializadas que suministran los kits para el test de oxígeno según el método Winkler.

### Medición de la dureza total

Si aquí adoptamos, además, el concepto de "dureza total" para estimar el agua del acuario, tendremos que definirlo de nuevo. La medición de la dureza total abarca la suma de las tierras alcalinas, que son los cationes calcio y magnesio que normalmente existen en el agua del grifo, ambos importantes nutrientes. Por esta razón, la dureza total nos da unos puntos de referencia importantes para el abonado de las plantas en el agua de un acuario. Como hemos visto en el capítulo sobre la combinación iónica estándar, el agua del grifo, independientemente de si es blanda o dura, presenta una sobredosificación relativa de los cationes bivalentes calcio y magnesio, frente a los cationes monovalentes. Sobre todo falta en amplia medida el catión monovalente potasio. Los abonos para acuario modernos tienen en cuenta esta carencia y están preparados de acuerdo con ella.

Por este motivo se recomienda dar la mitad de la dosis de los productos de abono cuando la dureza total es 8 y doblarla cuando es superior a 18.

**Cuando la dureza total es demasiado alta:** Dichoso aquel que disponga de un agua del grifo cuya dureza total se halle entre 8 y 18° dH. Con un agua semejante se puede preparar un agua de acuario estable y equilibrada, cuyo contenido salino no será ni demasiado bajo ni demasiado alto. Si se posee uno de los denominados acuarios colectivos o comunitarios, no hay razón alguna para

disminuir la dureza, ya que ello sería una inútil adulteración del agua. En un agua semejante se pueden cuidar casi todos los peces y plantas.

Naturalmente, que si se desea reproducir peces la cuestión es diferente.

Si la dureza total supera los 18<sup>o</sup>-dH, se pueden superar los valores límites permitidos para algunos peces y plantas. En este momento, el acuariólogo deberá tomar una decisión.

Opción a): Continúa utilizando el agua del grifo como antes y sólo mantiene aquellos peces y plantas que soportan el contenido salino mayor; existen suficientes plantas y peces que pueden vivir en estas condiciones. Ventaja de esta opción: el medio del acuario es estable y constante.

Opción b): El aficionado se decide por mezclar el agua del grifo disponible con agua pobre en sales, bien con agua completamente desalinizada (mediante desionización u ósmosis) o agua de lluvia. Sin embargo, antes se plantea la cuestión de si se pueden llevar a cabo de manera regular y constante todos los trabajos vinculados a esta decisión. También ha de asegurarse la composición regular del agua entre los cambios de la misma.

Si no se da la necesaria continuidad, es preferible trabajar con el agua del grifo disponible. Experiencias propias en regiones donde la dureza es muy elevada demuestran que también en esos lugares se pueden obtener acuarios muy hermosos, con vistosas plantas, siempre que se ase-

guren unas condiciones constantes. Entre éstas se cuenta un abono con CO<sub>2</sub> suficiente, así como el aporte de todos los nutrientes que las plantas necesitan junto con un pH neutro.

**Cuando la dureza total es demasiado baja:**

En mi larga práctica como acuariólogo siempre he vuelto a observar que el “agua blanda”, que tantos aficionados anhelan, no es tan benéfica para el acuario como se supone. Yo mismo lo experimenté, cuando me mudé de una región con “agua dura” a una zona que prometía la estimada “agua para *Cryptocoryne*”, con 4<sup>o</sup> de dureza total y 2<sup>o</sup> de dureza de carbonato. Pese a ello, las dificultades fueron mayores que antes. Tal vez esta agua fuese ideal para la cría de diversos peces de acuario, pero tal como salía del grifo no era apta para un desarrollo vegetal óptimo. Finalmente, me decidí por endurecer el agua para tener unas condiciones acuáticas más estables y constantes en el acuario.

Para aumentar la dureza de un agua de grifo demasiado blanda y pobre en sales la industria acuariológica ofrece tanto productos para aumentar la dureza de carbonato, como para aumentar la dureza total y la de carbonato conjuntamente. En la práctica, en el último caso se añaden los cationes calcio y magnesio y, en los aniones, bicarbonatos.

Dado que en la práctica actual del análisis del agua ya no existe el concepto de dureza total –las compañías

de agua y los institutos hablan de “suma de tierras alcalinas” – las tablas 13 y 14 de la página 76 muestran la conversión de la dureza total en “suma de tierras alcalinas” y la de la dureza de carbonato en la capacidad de formar enlace ácido.

### **Medición de la dureza de carbonato**

Ante todo, también en este punto vamos a corregir un concepto. El concepto de “dureza de carbonato” ya casi sólo se usa en acuariología. En la actualidad, la denominación correcta es “capacidad ácida”, más correctamente aún “capacidad ácida hasta pH 4,3”.

Y eso es lo que también dice la medición de la dureza de carbonato, una indicación importante para la estimación acuariológica del agua. Si la dureza de carbonato es alta, también lo será la capacidad de formar enlaces ácidos. Dicho de otra manera: el pH se mantendrá constante, en tanto haya capacidad ácida. Si las reservas tampón o reguladoras están agotadas y la capacidad ácida ha llegado a 0 (¡pH 4,3!), si se siguen añadiendo ácidos, por ejemplo,  $\text{CO}_2$  o ácidos húmicos (turba), resultará que el agua puede ser peligrosa e incluso mortal para los peces.

O sea, que el pH y la dureza de carbonato están interrelacionadas, desempeñando el tercer componente, el dióxido de carbono libre ( $\text{CO}_2$ ), un papel decisivo en el acuario. Por esta razón, debemos considerar que la capacidad de formar enlace ácido, el

pH y el  $\text{CO}_2$  forman un complejo cerrado. En el apartado “El carbono, la dureza de carbonato y el pH” se comentaron detalladamente estas relaciones. El ajuste correcto del agua del acuario en lo referente a este punto y su control continuado son la premisa existencial para un acuario óptimo.

### **Medición del contenido de hierro**

Esta medición tiene una fuerza testimonial decisiva para el cuidado y el cultivo de plantas de acuario. Puesto que, desde el punto de vista químico, el hierro presenta un comportamiento casi parecido al de muchos de los restantes oligoelementos, asimismo necesarios (p. ej., manganeso, cobre, cinc, etc.), actúa como indicador para toda la colección de oligoelementos. Claro está que la condición previa es que el aficionado no abone separadamente con hierro, sino con un complejo completo de oligoelementos.

Como ya se ha comentado en otro lugar, no es posible indicar una dosificación global de estos nutrientes, dado que el consumo, la precipitación y la inactivación de estas sustancias difieren individualmente de acuario a acuario. Hay demasiados factores que actúan sobre la disponibilidad de estas sustancias: luz, masa vegetal, pH, población piscícola, dureza del agua, porcentaje de madera en el acuario, contenido de  $\text{CO}_2$ , filtrado, sustrato del fondo, etc. Por eso, es imprescindible, averiguar con exactitud la dosificación correcta para cada acuario. Se requieren,

aproximadamente, 0,1 mg/l de hierro. Una dosis mayor—como se indica con frecuencia—no se corresponde con las condiciones naturales. De todos modos, también al anochecer debería haber todavía trazas de hierro, es decir, 0,01 mg/l. A fin de cumplir este requerimiento, el acuariólogo necesita efectuar una medición delicada del hierro y disponer de un abono que se puede dar de forma continuada, es decir, a ser posible cada día. Precisamente en el caso del hierro y los oligoelementos es preciso que estas sustancias se hallen disponibles de manera regular y constante. Una vez se ha establecido con exactitud la dosis diaria, sólo es necesario realizar controles a intervalos largos.

### **Medición del contenido de nitrito**

Sobre todo en el período inicial de un acuario se corre el riesgo de un peligroso enriquecimiento con nitritos. En un acuario que ya está funcionando bien, los nitritos son rápidamente transformados en nitratos por las nitrobacterias, pero si, por algún motivo, faltan estas bacterias, el nitrito no puede ser transformado. Un ulterior aumento del nitrito ( $\text{NO}_2$ ) ya indica un trastorno en la descomposición. A partir de 0,5 mg/l la situación se vuelve crítica y 2,0 mg/l son letales.

Especialmente en los acuarios recién instalados hay que alimentar con precaución, a fin de que no se originen valores elevados de nitrito. Al cabo de unos 14 días, los valores ele-

vados de  $\text{NO}_2$  generalmente se reducen a un valor normal. No obstante, si el contenido de  $\text{NO}_2$  es superior a 1 mg/l, hay que cesar en la alimentación temporalmente.

Medidas para contrarrestar: comprobar el filtro; no limpiar demasiado concienzudamente el medio filtrante, dado que de otro modo existe el riesgo de eliminar las nitrobacterias; en caso necesario, llenar el filtro con agua de acuarios libres de  $\text{CO}_2$ . Tal vez una posterior aparición de  $\text{NO}_2$  también se deba a que se alimenta en exceso.

### **Medición del contenido de nitrato**

Si el nitrato, la última fase de la descomposición del nitrógeno, fuera tan peligroso para los peces como el nitrito, el acuario no hubiese tenido futuro. En los acuarios el nitrato con frecuencia se da en cantidades de varios cientos de miligramos por litro. En el capítulo sobre las enfermedades de las plantas ya vimos que, si bien muchas plantas toleran los contenidos de nitrato que normalmente se dan en los acuarios, en el caso de las *Cryptocoryne*, que no están habituadas a una confrontación semejante con el nitrato en sus aguas de procedencia, se pueden superar los límites de tolerabilidad. Además, en los acuarios se corre el riesgo de un excesivo crecimiento algal, sobre todo si el nitrato va unido a un mayor aporte de fósforo.

La cuestión aún se dificulta más por el hecho de que en muchas zonas el agua del grifo contiene gran cantidad de nitratos.

O sea, que es aconsejable que el acuariólogo se informe de vez en cuando acerca del contenido de nitratos en su acuario. Para este fin existen procedimientos analíticos manejables y cómodos.

Las medidas para contrarrestar unos valores excesivos de  $\text{NO}_3$  consisten, ante todo, en cambiar el agua con frecuencia, siempre que el agua de grifo misma no presente un gran contenido de nitrato. De esta manera se disminuye, por lo menos, la producción propia del acuario. Por lo demás, hay que procurar cultivar plantas de crecimiento rápido, conocidas por su eliminación del nitrato: *Myriophyllum*, *Elodea*, *Ceratopteris*, etc.

Otra posibilidad para reducir el nitrato consiste en utilizar filtros secos de rociado. Precisamente en los últimos tiempos se promueven estos filtros con éxito como eliminadores del nitrato. Otras medidas contra un contenido de nitrato demasiado alto son la reducción de la cantidad de pienso y, en caso necesario, una reducción de la población piscícola.

### **Medición del contenido de fosfato**

Hasta ahora, el fósforo no ha desempeñado papel alguno en la discusión acuariológica. También en este caso se supone que la causa estriba en los deficientes métodos de medida.

El fósforo es un elemento importante para el crecimiento de las plantas, uno de los nutrientes principales. Como hemos visto en la primera parte de este libro, en las aguas naturales sólo existen diminutas trazas de él, en

cantidades que oscilan entre 0,01 y 1,0 mg/l. El fósforo es, no pocas veces, el factor mínimo que limita el crecimiento vegetal. Las plantas sumergidas se han adaptado a unas cantidades mínimas de fósforo en las aguas y son capaces de cubrir sus requerimientos de fósforo a partir de estas trazas mínimas.

En el acuario, con frecuencia la situación es totalmente opuesta, si bien no tan extrema como en el caso del nitrato. Así, en el acuario se pueden medir con facilidad valores de  $\text{PO}_4$  de hasta 5 o 10 mg/l. Pero en este caso, ya se ha de hablar de un considerable sobreabonado con fósforo.

Aunque no se conozcan daños en las plantas a causa de concentraciones de  $\text{PO}_4$  demasiado altas, el peligro está en otro lugar. Un elevado aporte de fosfato, sobre todo si va unido a una gran cantidad de nitrógeno, les abre de par en par la puerta a las algas. Las algas causantes del florecimiento de las aguas, las algas azules, y las rojas son indeseables amantes del fósforo.

Hoy en día, los embalses de agua potable se encuentran ante problemas parecidos. El aumento en la cantidad de fosfato, introducido por las campañas de abonado agrario, pone en peligro dichos embalses y amenazan con eutrofiarse.

Ocasionales controles del contenido de fosfato mediante el test de  $\text{PO}_4$ , que se ofrece actualmente para fines acuariológicos, informan al aficionado sobre el peligro de un posible crecimiento algal.

Medidas para contrarrestarlo: cambiar frecuentemente el agua y cultivar plantas de crecimiento rápido.

### **Medición del contenido de cobre**

En las casas de reciente construcción los peces corren el peligro de sufrir graves intoxicaciones por cobre y las plantas de padecer trastornos en su crecimiento, si la cañería del agua es de cobre. Con el tiempo, en las cañerías se depositará una capa protectora de cal, con lo que este riesgo disminuirá. Pero, sobre todo si el agua ha permanecido durante varias horas en las cañerías, es posible que aparezca un contenido de cobre tóxico de hasta 1,0 mg/l, y 0,5 mg/l ya tienen efectos letales sobre muchos peces. El efecto

del veneno es tanto mayor cuanto más blanda es el agua. Cuando el agua es muy blanda o blanda (hasta 1° dH) ya son críticos 0,1 mg/l, cuando el agua es semidura (hasta 15° dH) lo son 0,2 mg/l y si el agua es dura (más de 15° dH) lo son 0,3 mg/l.

El peligro de que en el acuario se acumulen, sin darnos cuenta, cantidades letales de cobre, se contrarresta preferentemente analizando el agua para averiguar la cantidad de cobre antes de llenar el acuario. Si el test es positivo, se deja correr el agua hasta que el análisis ya no muestre rastros de cobre en la misma. Sólo cuando se pueda sacar del grifo agua sin cobre, ésta se podrá utilizar para poner en marcha un acuario o para cambiarle el agua.



# Glosario

**Adaptación cromática:** Adaptación a unas condiciones de luz diferentes.

**Anfibio:** Ser vivo que vive en el agua y en tierra.

**Aniones:** Iones que, en solución acuosa y bajo la acción de la corriente eléctrica, se dirigen hacia el ánodo, por lo que tienen carga negativa. Entre los aniones se cuentan los iones del test de ácidos y del de hidróxidos, por ejemplo, los iones sulfato, cloruro, fosfato, nitrato y bicarbonato.

**Antibióticos:** Sustancias producidas por microorganismos que tienen efectos bactericidas o inhibidores del crecimiento, por ejemplo, la penicilina.

**Artrópodos útiles:** Artrópodos que sirven para combatir parásitos, por ejemplo, la mariquita.

**Bicarbonato:** Sal ácida del ácido carbónico con ion  $\text{HCO}_3$ .

**Biotopo:** Hábitat de una determinada comunidad vegetal o animal.

**Botella de polietileno:** Botella de plástico resistente a los ácidos y a las bases.

**Carbonato:** Sal del ácido carbónico  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

**Cationes:** Iones que poseen carga eléctrica positiva, los cuales emigran hacia el cátodo durante la electrolisis.

**Clorofila:** Pigmento verde que se halla en los cloroplastos de todas las

partes verdes de las plantas, el cual permite a la planta asimilar el anhídrido carbónico gracias a la energía de la luz, es decir, permite elaborar compuestos orgánicos aprovechando el anhídrido carbónico.

**Clorosis:** Anemia; amarilleo de partes vegetales normalmente verdes.

**Clorosis férrica:** Déficit de nutrientes debido a la falta de hierro.

**Desnitrificación:** Eliminación del nitrato.

**EDTA:** Ácido etilén-diamino-tetraacético = sustancia quelante, formadora de complejos, por ejemplo: quelato de hierro.

**Eflujo:** Efusión, evaporación, cesión.

**Eliminación:** Secreción, excreción.

**Eliminación del nitrato:** Descomposición del nitrato.

**Enterococos:** Esquizomicetos o bacterias del intestino.

**Enzimas:** Fermentos, catalizadores de las reacciones químicas en las células vivas.

**Epidermis:** Capa externa de la piel en el hombre; capa externa del tejido vegetal; rodea las plantas como una envoltura protectora y, al mismo tiempo, sirve para el intercambio de oxígeno con el medio ambiente.

**Eutrofización:** Sobreabonado, exceso de nutrientes en el agua.

**Fotosíntesis:** Formación de sustancias químicas en las plantas bajo la

acción de la luz, especialmente del almidón.

**Influjo:** Asimilación, ingestión, absorción.

**Laterita:** Suelo tropical con hierro.

**Limnología:** Ciencia que estudia las aguas continentales.

**Morfogénesis:** Formación del cuerpo, fisiología del desarrollo.

**Paludario:** Acuario de plantas palustres, combinación de acuario y terrario.

**Parámetro:** Denominación de una variable.

**Permanganato potásico:**  $\text{KMnO}_4$ , cristales de color púrpura intenso y brillo metálico, potente medio oxidante que impide la putrefacción.

**Protoplasma:** Sustancia o materia viva mucilaginosa y semilíquida que forma la célula animal y vegetal.

**Quelatos:** Compuestos complejos sintéticos entre sustancias quelantes (p. ej., el ácido etilén-diamino-tetraacético) e iones metálicos como el hierro. Tienen la facultad de mantener diluidos los metales pesados difícilmente solubles y hacer posible un mejor suministro de nutrientes en soluciones acuosas.

**Salmonelas:** Bacterias intestinales patógenas.

**Simbiosis:** Asociación entre animales o vegetales diferentes de utilidad mutua.

**Tierras alcalinas:** Denominación de los metales bivalentes calcio, magnesio, berilio, estroncio, bario y radio.

**Vivario:** Recipiente para alojar animales vivos, por ejemplo, acuario, terrario.

# Bibliografía

- ARMBRUST, W.: Nachzucht beim Schlangenkopf *Ophicephalus obscurus* DATZ 1963/298.
- Atlas zur Trinkwasserqualität der Bundesrepublik Deutschland. E. Schmidt, Berlin 1980.
- BACKHAUS, D.: Klima, Witterung und Fischpflege. DATZ 1962/234.
- BERGMANN, W.: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1983.
- BROCHER, H. y THRUM, H.: Beitrag zur Untersuchung anibiotischer Inhaltsstoffe mariner Pflanzen. *Limnologia* 1967/7.
- BRÜCKNER, U.: Einfluß der K-Versorgung auf den K- und Fe-Gehalt von Pflanzen, dargestellt am Beispiel der einzelligen Grünalge *Chlorella fusca*. Kali-Briefe 1980/15.
- CRUSIO, W.: A Revision of *Anubias* Schott (Araceae). Sonderdruck Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen/NL, 1979.
- DREYER, S. y KEPPLER, R.: El libro del acuario. Peces, plantas y técnica. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. En preparación.
- FAVRÉ, H. y TASSIGNY, M.: Reglas de oro del acuario. Ediciones Omega, S.A., Barcelona 1994.
- Frank, P.A. y Hodgson, R. H.: Technique for Studying Absorption and Translation in Submersed Plants. *Weeds* 80-82, 12.
- GEISLER, R., SCHMIDT, G. W. y SOOKVIBUL, S.: Diversity and Biomass of Fishes in Three Typical Streams of Thailand. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 1979, 64.
- GESSNER, F.: Hydrobotanik Band II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1959.
- HOAGLAND, D.R. y SNYDER, W.C.: *Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.* Bd. 30, S. 288-294, 1930.
- HORST, K.: Besserer Pflanzenwuchs durch Eisendüngung. DATZ 1965/8.
- HORST, K.: Die Schwarzwasserbäche von Bukit Merah. *Aquarium Heute* 2/84.
- HORST, K. y KIPPER, H.: Die optimale Aquarienkontrolle. Aquadocumenta-Verlag, Bierlefeld 1983.
- HORST, K. y KIPPER, H.: Das Optimale Aquarium. Aquadocumenta-Verlag, Bielefeld 1985.
- JACOBSEN, N.: *Cryptocorynen*. Kernen Verlag, Stuttgart 1982.
- KICKUTH, R.: Ökochemische Leistungen höherer Pflanzen. *Die Naturwissenschaften* 1970, 2.
- LEH, H.O.: XI. Eisen. En: *Handbuch der Pflanzenkrankheiten* von P. Soraauer. 1969.
- MILLS, D.: *Guía del acuario*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona 1991.
- MÖHLMANN, F.: Empfehlenswerte Pflanzen stellt die Gattung *Anubias*. *Das Aquarium* 1977/11.

- MÜHLBERG, H.: Das große Buch der Wasserpflanzen. Edition Leipzig 1980.
- NIEUWENHUIZEN, A. van den: Das Wunder im Wohnzimmer. Kernen-Verlag, Stuttgart 1982.
- PAFFRATH, D.: Bestimmung und Pflege von Aquarienpflanzen. Landbuch-Verlag, Hannover 1978.
- PAFFRATH, K.: Wie dekoriere ich mein Aquarium. Aquarium Heute 1984/2-1985/3.
- PETER, J.: Das Aquarium. Universalbibliothek Nr. 3955. Verlag Philipp Reclam, Leipzig 1906.
- SCHÖPFEL, H.: Afrikanische, "Speere"-Die Anubias-Arten. Aquarium-Magazin 1981/9.
- SEEGERS, L.: El acuario. Ediciones Omega, S.A., Barcelona 1994.
- SEIDEL, K.: Abbau von *Bacterium coli* durch höhere Wasserpflanzen. Die Naturwissenschaften 1964, 16.
- SEIDEL, K.: Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen. Die Naturwissenschaften 1966, 24.
- SEIDEL, K.: Höhere Wasserpflanzen in ihrer Umwelt - eine Neuorientierung. Rev. Roum. Biol.-Zoologie 1969, 14.
- SEIDEL, K.: Über die Selbstreinigung natürlicher Gewässer. Die Naturwissenschaften 1976, 63.
- SEIDEL, K. y KICKUTH, R.: Physiologische Leistungen höherer Pflanzen in ihrer ökologischen Bedeutung. Wasser und Boden 1970, 2.
- SEIDEL, K., SCHEFFER, F., KICKUTH, R. y SCHLIMME, E.: Aufnahme und Umwandlung organischer Stoffe durch die Flechtbinse - Eliminierung von Indol aus limnischen Biotopen und dessen Umwandlung zu Pflanzeninhaltsstoffen. Wasser-Abwasser 1967.
- STENGEL, E.: Zum Stoffaustausch höherer Wasserpflanzen mit ihrer Umgebung. AquaPlanta 78/3.
- WIT, H. C. D. de: Aquarienpflanzen. Ulmer, 2ª edición revisada 1990 zza (zoologischer Zentralanzeiger) 13/1983. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.

# Índice alfabético

Los números en **negrita** remiten a las láminas.

- Abramites hypselonotus*, 155  
Absorción y cesión de sustancias,  
15, 92  
*Acanthopbtalmus kublíi*, 40  
Ácaros rojos, 162  
Acción antibiótica de las plantas,  
22  
Acidimetría, 30  
Ácido(s)  
carbólico, 22  
carbónico, 61  
mortandad de los peces, 68  
etilén-diamino-tetraacético  
(EDTA), 85  
húmicos, 49, 64, 168  
orgánicos, 49, 64  
poliaminocarbónico, 85  
salicílico, 22  
Ácoro bastardo, 21  
*Acorus calamus*, 16  
var. *variegatis*, 114  
*gramineus*, 114  
var. *pusillus*, 114  
Acuario(s)  
abiertos, 101, 109, 145ss., 148  
auxiliar, 114, 147  
biotopo, 145  
de agua de mar, 69  
de esquejes, 109  
de jungla, 150  
de manglar, 145  
de observación, 146  
de reproducción, 13  
ecoquímica, 15  
holandés, 111, 151  
lateral en flor, 147  
marco oxidado, 85  
problema estructural, 87  
protección de la naturaleza, 46  
recipiente de cultivo, 63  
sustrato, 94  
Acuariología, 11  
Adaptación cromática, 98  
*Agrostis alba*, 21  
*stolonifera*, 16  
Agua, 69ss, 73  
análisis, 27ss., 45, 50, 57, 70  
aprovisionamiento de las  
plantas sumergidas, 73  
blanda, 167  
cálida normal, 13  
cambio, 84  
compuestos orgánicos, 20, 49,  
59s.  
control, 163ss.  
de la temperatura, 164  
de acuario ideal, 69  
de Borneo, 52  
valores, 44  
de filtración, 34, 57  
de Malasia, valores, 44  
de Tailandia, 55  
valores, 50  
del grifo, 69ss.  
calidad, 70  
concentración de sustancias  
químicas, 74  
dureza, 166s.  
desmineralizada, 69s.  
estancada, 27  
natural, 70  
negra, 43  
arroyos, 19, 43, 60  
de Bukit Merah, **72**  
de Malasia, 76  
subterránea, 50, 52, 63, 73  
corrientes horizontales y  
verticales, 50, 97  
filtrada, 34  
superficial, 52  
tratada, 70  
usada, 148  
Aireadores, 75  
Álcalis, 61  
Algas, 23, 56, 84, 98, 109, 110,  
152ss.  
azules, 152, 153, 170  
filamentosas, 153ss.  
pardas, 98  
prevención, 153ss.  
rojas, 98, 154ss.  
verdes, 98, 152  
Alguicidas, 155  
Alimentación moderada, 84  
*Alisma plantago-aquatica*, 16, 21  
*Alternanthera*, 147  
*reineckii*, 113, 115, **142**  
*sessilis*, 150  
*variegata*, 150  
*Ammannia senegalensis*, 113  
Amoniaco, 68  
Amonio, 68  
medición, 29  
*Anabaena azollae*, 80, 147  
*Anabas testudineus*, 41  
Análisis  
de dilución de isótopos, 29  
de Kjeldahl, 29  
del agua, 27ss., 45, 50, 57, 70  
EAA, 29  
en el laboratorio, 29s.  
TOC, 30  
*Ancistrus dolichopterus*, 154  
Antagonistas, 55  
Antibióticos, 22ss.  
eficacia de *M. spicatum*, 22  
*Anubias*, 97, 147  
*afzellii*, 151  
*barteri* var. *barteri*, 112, 113,  
115

- barteri* var. *nana*, 111, 112, 116, 151
- Anuradhapura, 26
- Aplocheilus panchax*, 40
- Aponogeton*, 26, 85
- boivinianus*, 113, 116
- crispus*, 38, 116, **141**
- jacobseii*, **35**
- rigidifolius*, 34, **35**, 113, 117
- ulvaceus*, 30, 113
- undulatus*, 113, 151
- Aragonito, 68
- Arañuela roja, 162
- Arcilla, 91
- Arena de río, 91
- Argentometría, 29
- Arroyo de Bukit Merah, 43
- análisis del agua, 45
- especies piscícolas, 45
- de las Barclaya, km. 24, 41, **54**
- termal, Hungría, 65, 66, **72**
- Asimilación de la luz
- curva de, 78
- de las plantas, 81
- de un alga verde, 99
- Autodepuración de las aguas naturales, 15
- Azolla*, 80, 147, **160**
- caroliniana*, 114, 117
- Azufre, 73
- déficit, 158
- Bacopa*, 26
- amplexicaulis*, 111, 113, 117
- monnieri*, 113, 118
- Bacterias, 19
- aerobias, 19
- Bacterium coli*, 21, 22
- Badis badis*, 41
- Balace térmico en el acuario, 69, 95
- Ban Kam Phum, **71**
- Ban Lam Pi, **36**, 40
- Barclaya de hoja larga, 118
- de hojas rojas, 118
- Barclaya longifolia*, 30, 40ss., **53**, 113, 118, 151
- motleyi*, 43, 65
- Bario, 77
- Barro, 63
- ferruginoso, 88
- pardorrojizo, 42
- Bebedores de agua, 56, 92
- Berro japonés, 119
- Bicarbonato, 51
- Biotopo(s)
- acuario, 15, 20, 49, 50
- artificial del acuario, 67, 69
- con *Cryptocoryne albida*, 41
- de embalses (tanks) en Sri Lanka, **17**
- en Borneo, 46ss.
- en Malasia, 42ss.
- en Sri Lanka, 30ss.
- natural, 49, 50, 75
- Blyxa*, 40, 42, 43
- Bolbitis beudelotti*, 111, 112, 114, 118, 151
- Boro, 58
- Bosque de Kottawa, 34
- Cabomba*, 79, 81, 82, 97, 109
- aquatica*, 113
- caroliniana*, 43, 113, 119, **142**
- piaubyensis*, 113, **142**
- Calcio, 51, 55, 73, 74, 77
- déficit, 160
- dióxido de carbono, equilibrio, 55
- Calefacción para el fondo del acuario, 97
- Calles de plantas, 111, 149
- Camarones, 41
- Canal de aguas salobres de Negombo, 38
- Cantidad de luz, 98
- Capa mucilaginosa, 153
- Capacidad ácida, 168
- de formar enlace ácido, 29, 51, 76, 79, 168
- Capturadores de aniones, 56
- Carbonato, 60
- dureza, 78ss.
- medición de la dureza, 168
- Carbono, 61, 69, 73, 78ss.
- aprovisionamiento de las plantas acuáticas, 78
- asimilado, 81
- factor de crecimiento, 68
- fuentes, 60
- orgánico, 60
- sistema, 78
- Cardamine lyrata*, 113, 119
- Cardo, 21
- Carex elata*, 16
- Carrizo, 21
- Ceratophyllum*, 38, 45, 153
- demersum*, 40, 111, 114, 120, **142**, 154
- Ceratopteris*, 42, 154
- thalictroides*, 26, 41, 114, 120
- Cesión de sustancias, 92
- Cianuro potásico, 22
- Cíclidos, 151
- Cinc, 58, 66
- Cirsium pratense*, 16, 21
- Citrato de hierro, 85
- Civilización de embalses (tanks) de los cingaleses, 25
- Clavo de hierro oxidado, 85, 94
- Clorofila, 85, 152
- destrucción por fotooxidación, 100
- formación, 96
- Clorosis férrica, 68, 84, 159
- Cloruro, 51ss.
- de hierro, 85
- mediciones, 29
- CO<sub>2</sub>, 61
- abono, 79, 122
- aporte, 60s.
- bicarbonato-pH, 49
- campo o nivel óptimo, 83
- mediciones, 29
- nivel óptimo, 83
- test, 164s.
- Cobre, 58, 66, 168
- medición, 171
- tuberías, 86
- Colorimetría, 30
- Combinación iónica estandar, 49, 50ss., 77
- Complejo pH-CO<sub>2</sub>-carbonato, 61
- Complejos orgánicos, 60
- Composición iónica media, 51
- Compuestos nítricos tóxicos, 19

- orgánicos complejos, 85  
 orgánicos en el agua, 20, 49, 59s.
- Conductancia del agua, 70
- Conductividad, 29
- Crecimiento algal, 169
- Crinum northbianum*, 45
- tibaiantum*, 40, 42, 113
- Crisopas, 162
- Cryptocoryne*, 24, 97, 120ss.  
*affinis*, 65, 68, **71**, 81, **112**, 121  
*albida*, 42, 65, **71**, 112, 122  
*auriculata*, 45  
*balansae*, 41, 111, 113, 122  
*beckettii*, 37, 112, 125, 151  
 biotopos en Sri Lanka, **18**  
*bullosa*, 45, 48  
*ciliata*, 40, 45, 47ss., **54**, 113, 125, **141**  
*cordata*, **36**, 37, 40, 41, **53**, **54**, 62, 65, 125  
*costata*, **71**  
 de Borneo, 120  
 en fuentes y manantiales, **34**, 37  
*ferruginea*, 45, 47  
*fusca*, 45, 47  
*grabowskii*, 45, 46ss.  
*gracilis*, 45  
*haerteliana*, 68  
*lingua*, 45, 47, **72**, 125  
*longicauda*, 45  
*lucens*, 37  
*lutea*, **18**, 31  
*ongii*, 45, 48  
*pallidinervia*, 45  
*parva*, **18**, 31, 34, 37, 112, 126  
*patchii*, 31, 111, 126, 151  
 pleamar y bajamar, 47  
*pontederiifolia*, 45, 111, 113, 126, **140**, 151  
*retrospiralis*, 113, 127  
*siamensis*, **36**, 40, **53**, **54**  
*striolata*, 45, 48  
*thwaitesii*, **18**, 34  
*usteriana*, 151  
*walkeri*, **18**, 31, 151  
*wendtii*, **18**, 31, **35**, 37, 111, 112, 127, 151  
*x willisii*, 31, 34, 37, 112, **123**, 127, 151
- zewardiae*, 43, 65  
*zonata*, 45
- Curva de asimilación de la luz, 98
- Danio regina*, 41
- Deduru Oya, **18**, 31
- Déficit de hierro, 84, 85
- Depuradora verde, 23
- Descalcificación biógena, 81
- Descomposición de sustancias nocivas, 19
- Desnitrificación, 84
- Determinación de amonio, 30  
 de bicarbonato, 30  
 de carbono orgánico, 30  
 de cloruro, 29  
 de fosfato, 30  
 de manganeso, 30  
 de metales, 29  
 de nitrógeno, 29  
 de oligoelementos, 30  
 de sulfatos, 30
- Día de luz, 62  
 bajo el agua, 102
- Diferencias estructurales entre aguas naturales y el acuario, 75
- Dióxido de carbono véase CO<sub>2</sub>
- Duración de la iluminación del acuario, 102ss.
- Dureza, 76s.  
 de carbonato, 76  
 total, 76  
 medición, 166
- Echinodorus*, 85, 97, 147  
*amazonicus*, 113, 151  
 var. *parviflorus*, 113  
*angustifolius*, 151  
*aschersonianus*, 151  
*bleheri*, 113, 151  
*bolivianus*, **90**, 112, 128  
*cordifolius*, 109, 111, 113, 112, 128, 151  
 spec. *mini*, **123**  
*horizontalis*, 113, 151, **160**  
*isthmicus*, **90**, 112  
*latifolius*, 112, 151
- longistylis*, 113  
*maior*, 151  
*martii*, 113  
*muricatus*, 113  
*opacus*, 111, 112, **123**, 129  
*palaefolius*, 113  
*paniculatus*, 113, 151  
*parviflorus*, 112, **123**, 129, **141**, 151  
 Rataj "Tropica", 111, 112, **123**, 129  
*portoalegrensis*, 113, 130  
*quadricostatus* var. *xinguensis*, 112, 130  
*subulatus*, 113  
*tenellus*, 101, 112, 130, 151  
*uruguayensis*, 111, 113, **124**, 151
- Ecoquímica, 15
- EDTA (ácido etilén-diamino-tetraacético), 85  
 constante de estabilidad, 87
- Eflujo de compuestos químicos, 15
- Egeria densa*, 113
- Eichhornia azurea*, 113, 131  
*crassipes*, 37, 114
- Eleocharis acicularis*, 111, 112
- Eliminación de gérmenes patógenos, 19, 20, 21s.  
 de sustancias tóxicas, 22
- Elodea argentina, 132
- Elodea*, 26, 79, 81, 82, 85, 98  
*canadensis*, 16  
*densa*, 113, 132
- Embalses (tanks), 25ss.  
 de Kurunegala, **17**, 27  
 de Minneriya-Tank, **17**  
 de Sri Lanka, 62
- Enlace ácido, 168
- Epalzeorhynchus kallopterus*, 154  
*siamensis*, 154
- Escherichia coli*, 21
- Espectroscopia de absorción atómica, 29
- Esporas de algas, 155
- Esquema de plantación, 111
- Estaño, 58
- Estroncio, 77

- Eusteralis stellata*, 113, 132  
Excreción, 92
- Factor de crecimiento del  
  carbono, 68  
Factores de crecimiento, 67ss.  
*Farlowella acus*, 154  
Fenoles, 22  
Filtración de aguas subterráneas,  
  **35**  
Filtrado, 69  
Filtros de rociado, 84, 104ss., 170  
*Fittonia argyroneura*, 150  
Floreamiento del agua, 170  
Flores en acuarios abiertos, **160**  
Fondo del acuario, 52  
*Fontinalis*, 98, 100  
Formadores de dureza, 76  
Fosfato, factores problemáticos,  
  69, 80ss.  
  mediciones, 170s.  
Fósforo, 49, 55s., 73, 83  
  cantidades mínimas, 170  
  déficit, 160  
  requerimientos, 170  
Fotosíntesis, 77, 98
- Glyceria aquatica*, 16  
Gorgojos, 162  
Grado hidrotimétrico, 29  
Gravilla cuarcifera, 91  
  con 10 años de uso, 65  
  contenido en hierro, 66  
  nueva, 65  
Gupi, 154  
Gurami besucón, 155  
*Gyrinocheilus aymonieri*, 154
- Hamilton Canal, 38  
Helecho acuático del Congo, 118  
  -alga *Azolla*, 80, 117, 147  
  de Java, 137  
  de Sumatra, 120  
Helechos flotantes, 27  
*Helostoma temminckii*, 155  
Hemirhamphodon chrysopunc-  
  tatus, 48  
*Heteranthera zosterifolia*, 108,  
  111, 113, 133, 147
- Hidrobotánica, 49  
Hidrógeno, 73  
Hipopotes, 56, 92  
Hidróxido de hierro, 64  
Hierro, 84ss.  
  activo, 96  
  contenido, 59  
  en el sustrato del fondo, 94  
  en la gravilla cuarcifera, 66  
  control, 168  
  déficit, 84, 85  
  hidróxido de, 64  
  II y III, medición, 29  
  oxidación, 34, **35**  
  óxido de, 64  
  potencial, 64  
  precipitados de, 34, 85  
  quelato de, 86  
  sintético, 85  
  sales inorgánicas, 85  
  y oligoelementos, 56, 73,  
  84ss.
- Hojarasca, 91  
*Homaloptera zollingeri*, 154  
Horton Plains, **34**  
Humedad atmosférica, 149  
Humus ferruginoso, 63, 66  
*Hydrilla verticillata*, 26  
*Hydrocharys*, 145  
*Hydrocotyle leucocephalus*, 113  
  *verticillata*, 111, 112, 133  
*Hygrophila*, 147  
  *corymbosa*, 113  
  *difformis*, 111, 113, 133, 154,  
  **159**  
  *longifolia*, 113  
  *polysperma*, 114  
  *salicifolia*, 114  
*Hypostomus punctatus*, 154
- Iceunomónidos, 162  
Indol, 22  
Influjo de compuestos químicos,  
  15  
Infusorios, 19, 75  
Insolación, 42  
Intercambio de sustancias, 92  
Iris amarillo, 21  
*Iris pseudoacorus*, 16, 21
- Jacinto de agua azul, 131  
Juncos, 20, 22  
*Jussiaea* L., **17**
- Lagenandra lancifolia*, 31, 113  
  *ovata*, 31, 34  
  *thwaitesii*, 34  
Lámparas de incandescencia, 100  
  de luz mixtas, 100  
  de vapor de mercurio a alta  
  presión (HQL), 101  
  fluorescentes, 68, 101  
  halógenas de vapor metálico  
  (HQJ), 101, 102  
  para plantas, 100ss.
- Laterita ferruginosa, 96, **88**  
Lechuga de agua, 141  
*Lemma*, 45, **161**  
Lenteja de agua enana, 144  
Lentibularia, 147  
Ley de Mínimos de Liebig, 68  
*Lilaeopsis novae-zelandiae*, **90**,  
  102, 111, 112, 134  
Límites de nocividad para los  
  peces, 88  
*Limnobium laevigatum*, 114, 134,  
  160  
*Limnophila*, 26, 36, 38, 40, 97  
  *aquatica*, 114, 134  
  *aromatica*, 114  
  *indica*, 41, 114  
  *sessiliflora*, 114, 135, 159  
Lista de plantas, 114ss.  
Llantén acuático, 21  
*Lobelia cardinalis*, 114, 135, 147,  
  151  
Locha de ojos espinosos, 40  
Loto(s), 27  
  egipcio, 138  
  rojo, 138  
Luciocephalus pulcher, 45  
*Ludwigia*, **17**, 26, 81, 109  
  *brevipes*, 114  
  *natans*, 114  
  *palustris*, 114  
  var. *americana*, 114  
  x *repens*, 135  
Luz del día, 100  
  en el acuario, 63, 67, 96ss.

- factor energético, 49, 61ss., 69  
y *Cryptocoryne*, 62  
y superficie del agua, 62  
*Lysimachia nummularia*, 114
- Madera resinosa de turbera, 117
- Magnesio, 51, 73, 74, 77
- Manganeso, 58, 66, 168  
deficiencia, 156
- Mantenimiento de plantas en el  
acuario, 61ss.
- Mar de Adamán, 38
- Mariquitas, 162
- Marsilea crenata*, 90, 111, 112, 135
- Materia prima agua, 69ss.
- Mayaca vandellii*, 114, 136
- Mediciones de campo, 29
- Medios fitosanitarios biológicos,  
162
- Menta acuática, 21
- Mentha aquatica*, 16, 21
- Menyanthes trifoliata*, 58
- Método Winkler, 29
- Metodología analítica, 29
- Micranthemum micranthemoides*,  
111, 113, 114, 136  
*umbrosum*, 111, 114
- Micosorium pteropus*, 114, 124,  
137
- Moli negro, 154
- Molibdeno, 58
- Morfogénesis, 98
- Mortandad otoñal, 68, 75, 100
- Mosca blanca, 162
- Myosotis palustris*, 16, 22
- Myriophyllum*, 26, 81, 85  
*brasiliensis*, 114, 137, 142, 151  
*elatinoides*, 114  
*bippuroides*, 114  
*spicatum*, 16
- Naja malesiana*, 45
- Nasturtium officinale*, 58
- Nenúfar, 27  
amarillo, 137  
egipcio, 138
- Nesaea crassicaulis*, 114, 137
- Ninfeáceas, 27
- Nitrato, 29, 56ss., 80ss.
- medición, 169s.  
reducción, 170
- Nitrito, 29
- Nitrobacterias, 169
- Nitrógeno, 50, 55s., 73, 80ss.  
ciclo, 68
- Nivel óptimo de CO<sub>2</sub>, 83
- Nomaphila stricta*, 114
- Nuphar lutea*, 38, 111, 113, 124,  
137
- Nutrientes, 98ss.  
competencia, 68  
consistencia, 73  
contenidos en el sustrato, 93s.  
de las plantas, 69, 73  
déficit, 49, 67s., 92, 99, 157ss.  
diluidos, 60  
exceso, 161  
fuentes, 41, 64  
naturales, 49, 57ss.  
producción en el acuario, 68  
sistema de tampón, 58  
sustrato rico en, 91  
y oxígeno, 106
- Nymphaea*, 38  
*dauberyana*, 113, 151  
*lotus*, 113, 138, 151
- Nymphioides humboldtiana*, 114,  
138, 145, 147, 160
- Ocre de hierro, 96
- Oenanthe aquatica*, 58
- Oligoelementos, 28, 59, 84ss., 168  
nocividad para los peces, 88  
solubilidad, 87
- Orquídea de agua, 143, 147, 160
- Oryzias melastigma*, 38
- Otocincla dorado, 154
- Otocinclus affinis*, 154  
*vittatus*, 154
- Ottelia*, 26  
*alismoides*, 31
- Óxido de hierro, 64
- Oxígeno, 19s., 58, 68, 70, 73,  
74ss., 96, 98, 104ss.  
cantidad, 103  
comportamiento, 27  
contenido en el agua, 74  
contenido en el aire, 74
- control, 165s.  
déficit, 75  
medición, 29, 104  
saturación, 70, 103s.  
suministro, 19  
valores en el embalse de  
Kurunelaga, 27
- Paludarios, 145, 161
- Pamplina de agua americana, 143
- Pan de rana, 21
- Panaque nigrolineatus*, 155
- Parásitos de las plantas, 161s.
- Peces comedores de algas, 156
- Península de Malaca, 37
- Peplis diandra*, 113, 138
- Pérdida por reflexión, 62
- Permanganato potásico, 155
- Pez gato del Brasil, 154
- pH, 61, 78ss., 163  
mediciones, 29
- Phragmites australis*, 16  
*communis*, 21
- Pisolita, 13, 19, 68
- Pistia*, 27, 145  
*stratiotes*, 114, 139, 147
- Plantación marginal, 114
- Plantas, 108ss.  
artificiales, 150  
atacadas por algas, 155  
autoabastecedoras de oxígeno,  
75  
calles, 111, 149  
capacidad de competencia, 82  
de acuario en su hábitat  
natural, 24ss.  
de Borneo, 45ss., 52  
de Malasia, 42ss.  
de sol, 97  
de sombra, 97  
de Sri Lanka, 30ss.  
de Tailandia, 38ss.  
de tallo, 108, 113s., 142  
en maceta, 110  
epífitas, 149  
flotantes, 93, 116, 161  
impedimentos al crecimiento  
algal, 23  
inadecuadas, 150

- lista de, 114ss.  
 menú para, 73  
 palustres, 93  
 para el acuario, 108ss.  
   mantenimiento, 61ss.  
 para el centro, 112  
 para primer plano, 101, 112  
 para usos especiales, 114  
 parásitos, 161s.  
 productoras de oxígeno para  
   los peces, 75  
 refugio y lugar de desove, 23  
 sanadoras del agua, 16  
 silvestres, 109  
 solitarias, 124, **141**  
   puntos de atracción, 113  
   vida sexual en el acuario, 146  
 Platy, 155  
*Plecostomus punctatus*, 154  
 PO<sub>4</sub>, concentración en el agua,  
   83  
*Podostemaceae*, 37  
*Poecilia reticulata*, 154  
   *spbenops*, 154  
*Polygonium aquaticum*, 114  
*Potamogeton*, 31, 38  
   *crispus*, 16  
 Potasio, 51, 55, 73, 74ss.  
   déficit, 85  
   factor carencial en el acuario,  
     77  
 Potencial redox, 157  
 Presión radicular, 74  
 Proceso de oxidación, 58  
 Proteínas, 77  
 Prótidos, 77  
 Protoplasma, 55  
 Psicosis del agua blanda, 164  
 Pulgones, 161, 162  
 Punto de atracción, 124  
   sustitutorio, 112  
 Putrefacción de las *Cryptocoryne*,  
   121, 155, 156  
  
 Quelatos, 60, 86  
   de hierro, 86  
   sintéticos, 85  
  
*Rasbora agriothena*, 40  
  
 Refracción de la luz solar, 62  
*Riccia fluitans*, 114, 139  
*Rineloricaria fallax*, 155  
 Rotala de hojas redondas, 139  
   grande, 139  
*Rotala macrandra*, 108, 109, 114,  
   139, **142**  
   *rotundifolia*, 114, 139, **160**  
   *wallichii*, 114, 140  
*Ruppia maritima*, 16  
  
*Sagittaria*, 26, 81  
   *platyphylla*, 112, 140  
   *sagittifolia*, 113  
   *subulata* var. *pustilla*, **90**, 111,  
     112, 140  
 Sales de hierro inorgánicas, 85  
*Salvinia*, 27, 38, **160**  
   *auriculata*, 114, 147  
*Samolus parviflorus*, 114, 143,  
   147, **160**  
 Sarawak, norte de Borneo, 45, 73  
*Saururus cernuus*, 113  
*Scirpus lacustris*, 16, 20ss.  
 Sedimento, 58  
*Selaginella wildenowii*, 150  
*Shinnersia rivularis*, 114, 143  
 Sírfidos, 162  
 Sodio, 51, 55, 74  
 Soluciones nutritivas, 112  
*Sparganium erectum*, 16  
*Spartina townsendii*, 16, 21  
*Spathiphyllum vallisii*, 114  
*Spiranthes cernua*, 114, 143, 147,  
   **160**  
 Suelos de gravilla, 63, **88**  
   de laterita, 49, 64ss.  
 Sulfato, 51ss.  
   contenido, 52  
 Suma de tierras alcalinas, 76, 166  
 Sustancias alcalinotérricas, 61  
 Sustrato del fondo, 42, 52, 68,  
   88ss., **89**, 91ss.  
   calcáreo, 91  
   calefacción, 95, 97  
   cocina del acuario, 96  
   de grano fino, 88  
   del biotopo de la planta, 63ss.  
   estructura, 95  
   graso y fuerte, 88  
   problemas, 49  
   rico en nutrientes, 91  
   tabla, 65  
   temperatura, 95  
   y balance térmico, 95  
   y biotopo de plantas, 65  
   y *Cryptocoryne lingua*, 47  
*Synnema triflorum*, 114, 154  
  
 Tank-tanque-acuario, 26  
 Tanks véase Embalses  
 Tetraodon fluviatilis, 48  
 Tierra de jardín grasa, 91  
   de topos, 91  
 Tirosina, 58  
 Titanio, 58  
*Trapa*, 26  
 Trichocoronis rivularis, 82  
 Trips, 162  
 Tuberías de cobre, 86  
 Turba, 91  
*Typha angustifolia*, 16  
  
*Utricularia*, 42, 43, 147  
   de flores azules,  
     **36**, 40  
  
 Valisneria, 144  
*Vallisneria*, 85  
   *americana*, 111, 113, **122**,  
     144, 154  
   *asiatica*, **35**, 37, 114  
   *gigantea*, 113  
   *spiralis*, 37, 113, 144  
 Valor osmótico, 74  
 Velocidad de flujo, 24  
  
*Wolffia arrhiza*, 114, 144, 147  
  
 Xifo, 155  
*Xiphophorus helleri*, 155  
   *maculata*, 155  
  
 Yodo, 58  
 Yoduro potásico, 59  
  
 Zorro volador siamés, 154  
*Zostera marina*, 16



**L**as plantas en el acuario son algo más que una mera decoración, ya que son compañeros vitales para los peces. La premisa para eso es que las mismas plantas hallen condiciones de vida óptimas en el acuario. Gracias a sus propias observaciones e investigaciones, realizadas durante años, Kaspar Horst da las necesarias indicaciones prácticas acerca de la biología de las plantas acuáticas, acerca de su modo de vida en la naturaleza, así como de su función en el biotopo del acuario. Un catálogo de 70 plantas palustres y acuáticas, que se pueden adquirir durante todo el año en los comercios, ofrece variadas ideas para la decoración del acuario.



**EDICIONES OMEGA, S.A.**  
Plató, 26 - 08006 Barcelona

ISBN 84-282-1017-9



9 788428 210171