

ACUARIO MARINO MEDITERRÁNEO
ASSOCIAZIONE ITALIANA ACQUARIO MEDITERRANEO

**ACUARIO MEDITERRÁNEO:
GUÍA PARA EL PRINCIPIANTE**



3ª edición, Diciembre 2007
Stefano C.A. ROSSI
Traducción al español: Olivier GIL

Este trabajo no pretende ser un manual exhaustivo, sino que ha nacido principalmente para ayudar a los que se aproximan por primera vez al acuario mediterráneo a orientarse entre la información más o menos correcta que está disponible hoy en día; también quiere ser un estímulo para acercarse a los (pocos) manuales disponibles en librería y para ampliar los horizontes propios, ayudando a entender que existen algunas recetas bastante sencillas de seguir, pero no absolutas y que los conocimientos científicos en esta materia son todavía muy limitados.

Esta pequeña guía no se debe tomar como un punto de llegada en el que encontrar todas las soluciones, sino como un punto de partida para empezar a comprender qué es un acuario mediterráneo y cómo iniciarlo con serenidad.

El texto ha nacido de los numerosos debates y cuestiones planteadas durante los años de vida del foro Amici del Mediterraneo, de los intercambios con otros apasionados del sector tropical en su foro y newsgroup, de las aportaciones de Amici e Soci dell'Associazione Italiana Acquario Mediterraneo; además ha habido intercambios de ideas sumamente instructivos con biólogos, zoólogos y químicos, italianos o no, que se han interesado a los acuarios tanto profesionalmente como por pasión: a todos les quiero dar las gracias: no cito a nadie por no olvidar a ninguno!

Agradecimientos especiales para:

*Alessio Palleschi
Andrea Prodan
Bruno Rossi
Carlo Andrea Municchi
Davide Di Gregorio
Emanuele Ghisi
Michele Abbondanza
Pietro Astone
Pietro Grassi
Sandro Palomba
Willy Smiths-Jacob*

Para terminar, quiero agradecer particularmente al amigo Valerio Zupo su aportación en muchas partes de este texto.

1. INTRODUCCIÓN: UN POCO DE FILOSOFÍA	1
2. ¿QUÉ ACUARIO QUIERES CREAR?	2
2.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECCIÓN	3
3. LA URNA	3
4. FORMA Y DIMENSIONES	5
4.1. ¿CRISTAL NORMAL O DOBLE?	6
4.2. ¿ABIERTA O CON TAPA?	7
5. EL MUEBLE	7
6. LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	8
7. EL SUMP	9
8. EL REFRIGERADOR	11
9. MÉTODOS DE FUNCIONAMIENTO	13
9.1. LOS CONTAMINANTES	14
9.2. EL CICLO DEL NITRÓGENO	14
9.3. MÉTODOS DE FILTRACIÓN	15
9.4. CLÁSICO CON FILTRACIÓN BIOLÓGICA	16
9.4.1. Filtro biológico interno	17
9.4.2. Filtro biológico percolador	18
9.4.3. Filtro biológico de lecho fluido	18
9.4.4. Filtro biológico bajo arena	18
9.4.5. El filtro externo	18
9.4.6. El desnitrador	19
9.4.6.1. El desnitrador a base de carbón	19
9.4.6.2. El desnitrador a base de azufre	19
9.5. EL MÉTODO "BERLINÉS"	20
9.5.1. Los espumadores (<i>skimmers</i> o <i>separadores de urea</i>)	20
9.5.1.1. Espumadores de difusor	21
9.5.1.2. Espumadores de bomba	22
9.5.1.3. Espumadores de spray (cascada)	23
9.6. DSB	23
9.7. JAUBERT	25
9.8. ALGUNAS CONSIDERACIONES	25
9.9. EL PROBLEMA DE LOS FOSFATOS	25
9.10. Y AHORA: ¿QUÉ CAMINO ESCOGER?	26
10. UN ACCESORIO ÚTIL: EL DIFUSOR DE AIRE	27
11. EL MEDIO FÍSICO DEL ACUARIO: AGUA, ROCAS Y FONDO	28
11.1. EL AGUA	28
11.2. LAS ROCAS	29
11.2.1. La roca viva	30
11.2.1.1. Recolección y transporte	30
11.2.1.2. Precauciones	31
11.2.2. La roca "muerta"	31
11.2.2.1. Preparación	32
11.3. EL FONDO	32
11.3.1. Materiales	33
11.3.2. Recolección y transporte	33

12. LA PUESTA EN MARCHA	34
12.1. PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA CLASICO CON FILTRO BIOLÓGICO	34
12.2. PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA BERLINÉS	35
12.3. PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DSB	35
13. LA CIRCULACIÓN DEL AGUA	36
14. LA ILUMINACIÓN	37
15. TEMPERATURA Y SALINIDAD	39
15.1. TEMPERATURA	39
15.1.1. <i>El control de la temperatura</i>	40
15.2. SALINIDAD	41
16. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA Y SU CONTROL	42
16.1. PH	43
16.2. KH Y ALCALINIDAD	43
16.3. AMONÍACO – NH ₄	44
16.4. NITRITOS – NO ₂ ⁻	44
16.5. NITRATOS – NO ₃ ⁻	44
16.6. FOSFATOS – PO ₄ ³⁻	44
16.7. SILICATOS – Si-SiO ₂	45
16.8. POTENCIAL DE OXIDO-REDUCCIÓN – REDOX	45
17. POBLANDO EL ACUARIO	45
17.1. UN ACUARIO SENCILLO: POZA DE MAREA Y FONDO DURO FOTÓFILO	46
17.2. COMPATIBILIDAD ENTRE LOS HABITANTES	48
17.3. PROCURÁNDOSE LOS HABITANTES	48
17.4. EL TRANSPORTE	49
17.5. PECES	51
17.6. INVERTEBRADOS	51
17.7. INTRODUCCIÓN EN EL ACUARIO: LA ACLIMATACIÓN	51
18. EL MANTENIMIENTO	53
18.1. LIMPIEZA DEL ESPUMADOR	53
18.2. LIMPIEZA DEL FILTRO	54
18.3. LOS CAMBIOS DE AGUA PARCIALES	54
18.4. LIMPIEZA DE LAS BOMBAS	54
18.5. LIMPIEZA DEL REFRIGERADOR	54
19. ALIMENTACIÓN	55
19.1. ALIMENTOS SECOS INDUSTRIALES	56
19.2. ALIMENTOS CONGELADOS	56
19.3. ALIMENTOS FRESCOS	56
19.4. ALIMENTO VIVO	56
19.5. LA "PAPILLA" PARA INVERTEBRADOS	56
19.6. OTROS ALIMENTOS PARA INVERTEBRADOS	57
19.7. INDICACIONES GENERALES	57
19.8. COMPLEMENTOS ALIMENTARIOS	57
20. BIBLIOGRAFÍA SINTÉTICA	58

1. INTRODUCCIÓN: UN POCO DE FILOSOFÍA

¿Sientes el deseo de montar un acuario marino mediterráneo? Entonces esta breve introducción te ayudará a tener las ideas más claras y te guiará para encontrar las informaciones más útiles. Deberás conocer de antemano algunos conceptos básicos sobre los acuarios, aunque los recordaremos cuando sea necesario.

Mantener un acuario mediterráneo está al alcance de todos, pero para obtener buenos resultados se necesitan dos conceptos fundamentales, útiles por cierto para cualquier tipo de acuario: sin un poco de conocimientos y sin una buena dosis de paciencia no se va a ningún sitio. Mejor dicho, se va hacia el acuario maloliente lleno de algas verdes filamentosas, agua opaca y animales muertos.

Conocimientos, entiéndase como buena información y no doctrinas académicas. Con unas pocas reglas sencillas alcanzaremos rápidamente buenos resultados sin desilusiones, respetando la vida de nuestros huéspedes. Antes de recoger cualquier cosa y meterlo en el acuario, debemos saber de qué ser vivo se trata. **Si no lo conocemos, lo dejaremos donde está**: podría tratarse de una especie difícil, perjudicial o peor, en peligro de extinción.

Paciencia, porque montar un acuario es crear un pequeño ecosistema funcional y para llegar a esto se requiere tiempo, capacidad de observación y moderación. El tiempo es un factor necesario para que el microambiente establezca sus parámetros básicos tanto químico-físicos como biológicos. No se puede hacer un acuario duradero llenándolo en una noche. Y tampoco en siete días... Al contrario, las observaciones constantes y pacientes del acuario serán de gran ayuda para entender si va todo bien o no, y prescindir de los análisis químicos y tecnologías aplicadas. Por esta razón si no se ha tratado nunca con organismos marinos, o peor aún con acuarios en general, es mejor iniciar este maravilloso hobby cuidando de habitantes robustos y poco exigentes, que sabrán tolerar cualquier error sin consecuencias graves. Lo que se empieza bien crece mejor. La moderación tiene que estar presente en todas nuestras acciones relativas al acuario:

- Hospedar únicamente organismos adaptados a las condiciones de temperatura y espacio que podemos ofrecer
- Poblar moderadamente el acuario
- Alimentación justa y sin excesos
- Mantener bajo control los contaminantes según el método de funcionamiento del acuario que habremos elegido

Estos cuatro principios de base son realmente fundamentales y deben tenerse en cuenta en la gestión de cualquier acuario.

Respecto al último objetivo, que parece ser el más complicado de obtener, debemos tener en mente que es posible obtener resultados análogos mediante técnicas distintas. En la acuariofilia marina tropical, que cuenta con centenares de miles de seguidores en todo el mundo, el estudio, la investigación y decenas de experimentos han llevado a identificar sistemas casi "infalibles" en la gestión de algunas tipologías de acuario. En el acuario marino mediterráneo existen algunas dificultades para reproducir estos métodos; además, contando con unos pocos miles (?) de seguidores y sin el apoyo de la industria, del mercado y de los laboratorios de investigación, resulta difícil valorar qué puntos son realmente ventajosos de

añadir a las técnicas más tradicionales para garantizar de alguna manera resultados válidos en un acuario de principiante. Hay que recordar que los mismos resultados se pueden obtener con métodos diversos, sobre todo en función de los habitantes que se desean tener y del ambiente que se desea reproducir en el acuario.

2. ¿QUÉ ACUARIO QUIERES CREAR?

El acuario mediterráneo permite crear el "acuario biotopo" por excelencia: siendo vecinos del ambiente natural, podemos representar en el acuario todos los elementos de un ecosistema, es decir sustrato, agua, bacterias, animales y vegetales. Además, la disponibilidad de roca viva y organismos fácilmente recolectables, hace que la biodiversidad pueda ser mucho más alta respecto a la de un acuario de agua dulce o incluso un marino tropical.

Debemos tener presente que en el Mediterráneo la variabilidad ambiental es alta, por lo que en el mar encontraremos biotopos extremadamente diversos en cuanto a luz, exposición a las corrientes, sustratos y por consiguiente poblaciones animales y vegetales, incluso en el espacio de pocos metros, y a veces de pocos centímetros!

Para obtener los mejores resultados deberemos por tanto escoger qué tipo de ambiente queremos reproducir en el acuario. A grandes rasgos, podemos identificar 6 ambientes que nos guiarán en la arquitectura general, que son:

- Poza de marea
- Fondo duro superficial (fotófilo)
- Fondo duro profundo (precoralígeno o coralígeno)
- Estuario/laguna
- Pradera de fanerógamas
- Cueva

Los primeros son ambientes muy superficiales que se caracterizan por recibir una luz intensa y soportar temperaturas con oscilaciones estacionales medias, tolerando cierto calor en período estival. Los ambientes más profundos requieren poca luz y temperaturas más frescas con variaciones menores. Finalmente, existen ambientes que requieren poquísima luz y temperatura constante.

Además para cada ambiente, el acuario puede estar principalmente orientado al mantenimiento de especies de invertebrados, o por el contrario exclusivamente de peces o de algas. En caso que queramos muchas especies, deberemos llevar cuidado con las posibles incompatibilidades. Si no conocemos las especies y sus costumbres es muy fácil introducir depredadores y presas que, en un espacio reducido, no tienen manera de escapar. Si nuestro interés se centra en las algas, entonces los herbívoros podrán convertirse en nuestra cruz! Naturalmente, las relaciones entre los organismos presentes en el acuario no se limitan al aspecto trófico. Si deseamos mantener diversas especies, que podrán tener exigencias específicas en términos de iluminación y corriente, será oportuno estudiar detenidamente su posicionamiento (organismos sésiles) y crear en el acuario zonas ecológicamente diversificadas.

La tabla que se muestra a continuación ayuda a entender a grandes rasgos, para empezar a orientarse, que instalación básica corresponde a cada tipo de acuario.

Ambiente – tipo	Iluminación	Refrigeración
Poza de marea	Intensa/moderada	Facultativo
Fondo duro superficial (fotófilo)	Intensa/moderada	Facultativo
Fondo duro profundo	Moderada	Obligatorio
Coralígeno	Moderada	Obligatorio
Pradera de fanerógamas superficial	Media	Obligatorio
Estuario/laguna	Media	Facultativo
Cueva	Nula	Obligatorio

Iluminación "moderada" significa que una dotación estándar de fluorescentes es suficiente; por ejemplo, en un acuario de 100L de 80cm de largo, podrá estar constituida de dos tubos T5 de 18W cada uno. Iluminación "intensa" quiere decir que será necesaria una instalación más potente y por consiguiente más costosa. En cualquier caso la iluminación más intensa solo se utilizará si queremos mantener macroalgas procedentes de las capas más superficiales.

2.1. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECCIÓN

Para elegir qué ambiente queremos reproducir en nuestro acuario deberemos tener en cuenta, además de nuestros deseos, las exigencias técnicas, el coste que conllevan y la dedicación requerida en términos de tiempo. Pero en primer lugar deberemos valorar objetivamente nuestro nivel de experiencia. Si el acuario marino es una novedad para nosotros, entonces es mejor iniciarse con un acuario simple poblado de animales robustos como los de una poza de marea. Más tarde, con la experiencia, nuestra capacidad se desarrollará y lo mismo hará la técnica de nuestro acuario sin provocar con ello enormes complicaciones.

Otro factor a tener en cuenta para decidir qué tipo de acuario elegir es el tipo de ambiente que tenemos a mano, la disponibilidad de pescadores que pueden proporcionarnos animales y, no menos importante, nuestra capacidad de apnea si recogeremos personalmente los habitantes.

3. LA URNA

La urna es obviamente la base imprescindible de nuestro hobby. Aunque sólo hablando de "urna" ya tenemos dos posibilidades de elección: **urna simple** o **urna con sump**; este término inglés es usado comúnmente por comodidad en vez de "tanque técnico", es decir un recipiente separado, habitualmente situado debajo del acuario, en el que instalar filtros, espumador (skimmer), accesorios, etc... A continuación se indican las ventajas e inconvenientes de las dos posibilidades.

Urna simple

- Ventajas**
- Balance térmico más eficiente (se calienta menos)
 - Menos riesgos en la gestión hidráulica
 - Menos riesgos en caso de cortes de electricidad
 - Menor coste

- Inconvenientes**
- Accesorios técnicos a la vista
 - Menor espacio para accesorios, filtros, dispositivos de reposición de agua evaporada o aditivos

Urna con sump

- Ventajas**
- La mayor parte de los aparatos técnicos quedan fuera de la vista
 - Espacio amplio para instalar filtros, espumador (skimmer), reactor de calcio, reponedor de agua evaporada, etc.
 - Mejor aislamiento acústico de los accesorios técnicos
 - Mayor volumen total de agua disponible
 - Posibilidad de transformar parte del sump en compartimento accesorio (denominada impropriadamente refugio) o filtro de algas

- Inconvenientes**
- Mayor complejidad hidráulica del sistema
 - Mayor coste de la instalación
 - Mayor sensibilidad a los cortes de electricidad y mayores riesgos en caso de bloqueo de la bomba de retorno
 - Requiere un refrigerador más potente
 - Si la instalación no está perfectamente equilibrada funciona peor que la urna simple y puede dar importantes problemas de mantenimiento

Como se empieza a ver no existe la urna ideal, hay que elegir una urna adaptada a las exigencias propias y esta elección debe ser valorada por cada uno en su caso particular. En la práctica la urna simple es una solución menos costosa y un poco más fácil de cuidar. Después, si se quiere modificar el sistema, existen accesorios para transformarla en urna con sump sin tener necesariamente que cambiarla.



En una urna sin sump, los accesorios técnicos harán que se vean tubos sueltos

En un acuario con sump se pueden concentrar más aparatos fuera de la vista



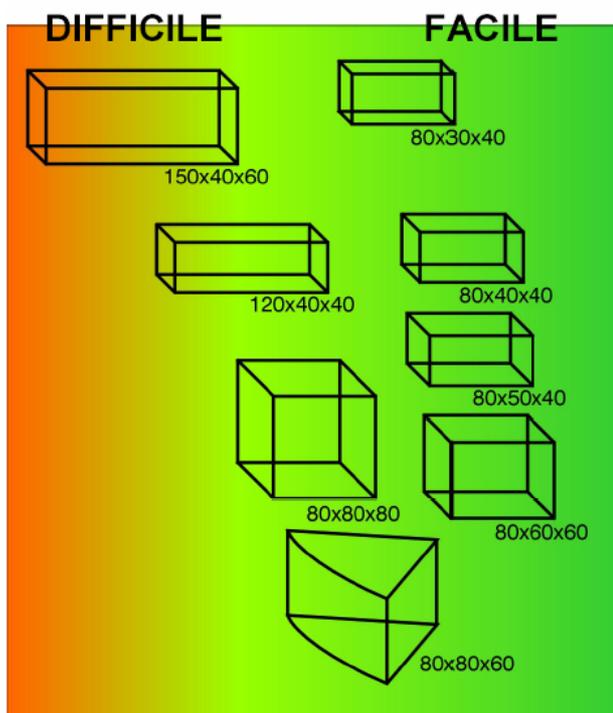
4. FORMA Y DIMENSIONES

Las urnas comerciales clásicas tienen forma de paralelepípedo con proporciones más o menos conformes a la *regla áurea* para tener un aspecto agradable. Esta forma es la más común (aunque no siempre) ya que es la que garantiza la mejor relación volumen/superficie. En cualquier caso habrá de cuidarse que no sea demasiado estrecha y alta, de forma que se limite el intercambio gaseoso en la superficie, o estrecha y muy larga, lo que necesita una instalación hidráulica compleja para garantizar una circulación de agua óptima.

En general, una urna un poco más larga respecto al estándar es más ventajosa para el acondicionamiento: permite crear una estructura rocosa más realista y dejar espacio para los animales y vegetales que requieren arena. Las urnas de forma cúbica, aunque poco usuales y muy atractivas, ofrecen una relación superficie/volumen que no es óptima y requieren por tanto un cuidado especial en la concepción de la circulación interna. Ligeramente más difíciles de organizar, sobre todo en lo que respecta a una buena circulación interna, son las urnas angulares.

Para un acuario medio-pequeño las proporciones aceptables (largo \times ancho \times alto) pueden ser 80x30x40, 80x40x50, 80x50x50; y así sucesivamente, por ejemplo aumentando la longitud: 100x40x50, 120x40x50, 120x60x60, etc...

A partir de cierto tamaño se debe recordar que la profundidad juega un papel importante ya que 50-60 cm de agua reducen considerablemente la luz artificial; por lo que si queremos algas o plantas en el fondo de este tipo de acuarios deberemos recurrir a luces más potentes.



Según la forma de la urna se obtiene una buena circulación de modo más fácil o más difícil

4.1. ¿CRISTAL NORMAL O DOBLE?

Las urnas que se encuentran en el comercio son fabricadas por montaje de láminas de vidrio de varios tipos:

- Normal, denominado *float*
- Extraclaro, más transparente y limpio pero más sensible a las rayaduras y más costoso
- Laminado, también denominado de seguridad, más seguro para grandes urnas, sobre los 1500-2000L, constituido por placas de cristal intercaladas con láminas de material plástico, muy resistente y seguro aunque de color verdoso.

Existen además urnas construidas con cristal doble, constituidas normalmente por una placa de espesor adecuado unida a otra placa externa dejando una capa intermedia vacía (o mejor, llena de un gas inerte y seco). Siguiendo el mismo principio que el utilizado para los cristales de las ventanas, se garantiza un mejor aislamiento térmico. A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes de cada tipo de cristal.

Cristal simple

Ventajas

- Menor coste
- Más elegante
- Mejor visibilidad lateral/oblicua

Inconvenientes

- Menor aislamiento térmico (posibilidad de condensación en verano, mayor funcionamiento del refrigerador, variaciones de temperatura)

Cristal doble

- Ventajas**
- Aislamiento térmico excelente (sin condensación en verano, menor funcionamiento del refrigerador, mayor estabilidad térmica)
 - Ahorro energético
 - Posibilidad de utilización de un refrigerador infradimensionado
- Inconvenientes**
- Mucho más caro
 - Estética mas "pesada" por el espesor elevado de las juntas
 - Visibilidad lateral/oblicua reducida por la mayor refracción

También aquí la elección dependerá en gran medida de factores económicos y estéticos de carácter principalmente individual.

4.2. ¿ABIERTA O CON TAPA?

Otra elección que deberemos realizar para nuestra urna es si la queremos cerrada, con la tradicional tapa con tubos incorporados, o por el contrario abierta, optando por una pantalla independiente para los tubos o luces de tipo HQI. Únicamente la necesidad de instalar una iluminación fuerte (HQI) obliga a tener una urna abierta; en los otros casos es sólo una cuestión estética.

Si elegimos una urna abierta deberemos recordar que muchas gambas y peces tienen tendencia a saltar por encima de la superficie, sobre todo si se asustan; moluscos como los bígamos, cangrejos y algunos blénidos, animales acostumbrados a efectuar breves desplazamientos sobre las rocas entre un charco y otro, podrán "escapar" sin conseguir volver a entrar en el acuario. Con animales de este tipo, será conveniente colocar una fina capa de red incluso durante las horas nocturnas, o por lo menos asegurarse de dejar un espacio por encima de la superficie del agua de al menos una decena de centímetros.

Una urna abierta en un acuario marino comporta además continuas variaciones de densidad y salinidad, a no ser que se disponga de un dispositivo de regulación automática del nivel de agua con agua de ósmosis. Finalmente, en acuarios refrigerados la ausencia de tapa comportará un trabajo adicional para el sistema de refrigeración y mayor gasto energético.

5. EL MUEBLE

Los muebles de madera producidos industrialmente, comúnmente vendidos como soportes para urnas simples, son suficientes para este propósito, aunque pueden llegar a ser poco prácticos a pesar de su diseño atractivo. Mejor escoger un mueble que disponga al menos de un compartimento con cierre, para mantener en orden y fuera de la vista los dispositivos, accesorios, tests y alimentos. También podremos colocar en él los enchufes y conexiones eléctricas para luces y bombas.

Para urnas con sump es importante encontrar el soporte adecuado, de producción industrial o artesanal. Deberá disponer de puertas y cierres fácilmente extraíbles para un uso cómodo. Existen sistemas modulares de aluminio, aparentemente delicados pero usados profesionalmente: son muy prácticos, aunque costosos, y se pueden revestir con paneles.

También se pueden construir excelentes soportes con madera robusta, acero o hierro. Los materiales que pueden corroerse deben protegerse adecuadamente con pintura o barniz adaptado (epoxi o tipo carrocería).

Se debe tener presente que el peso de un acuario en funcionamiento es elevado: cerca de 1 kg/L sólo para el agua, alcanzando 1.8-2 kg/L con roca y arena, y hasta 2.5 kg/L en caso de tener rocas compactas. Además se sumará el peso de los cristales del acuario que es de cerca de 30 kg para una urna de 100 cm... Para acuarios de grandes dimensiones se deberá evaluar qué soporte (y pavimento) es capaz de soportar el peso que se prevé alcanzar.

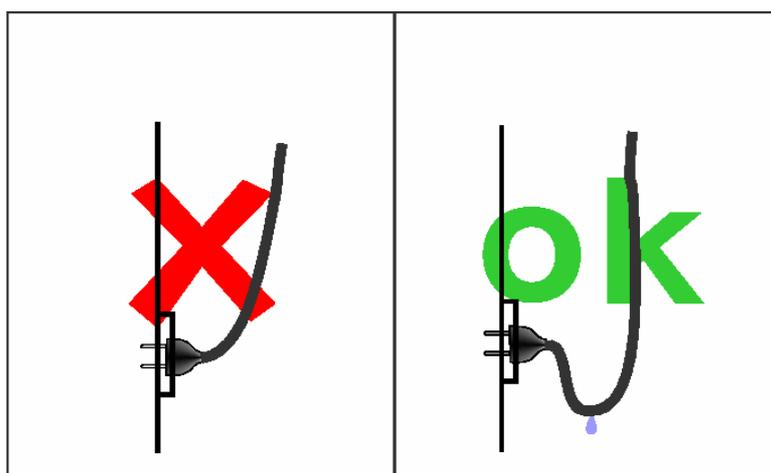
Los compartimentos cerrados donde se aloja el sump deberán estar provistos de una entrada de aire; de ser necesario podemos insonorizarlos para reducir el ruido de las bombas.

Si el refrigerador se coloca en el interior del mueble soporte, es muy importante que se prevean las rejillas de ventilación correspondientes para garantizar un funcionamiento eficiente. En cualquier caso siempre será mejor colocarlo fuera de cualquier mueble.

6. LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la pared próxima al acuario, o dentro del mueble colocaremos los enchufes eléctricos donde irán conectados luces, temporizador, bombas, etc. La solución ideal es un panel externo provisto con un diferencial independiente; una solución económica es un ladrón fijado sobre un soporte. En todo caso los enchufes DEBEN colocarse a resguardo de salpicaduras y fugas, NO DEBEN colocarse a nivel del suelo y DEBEN estar lo suficientemente altos para permitir al cable de conexión efectuar una curva antes de insertarse en el enchufe: esto garantiza que gotas de condensación no puedan deslizarse hasta el contacto eléctrico causando un cortocircuito.

Siempre será mejor consultar un técnico especialista! La electricidad y el agua salada forman una combinación que puede ser letal.

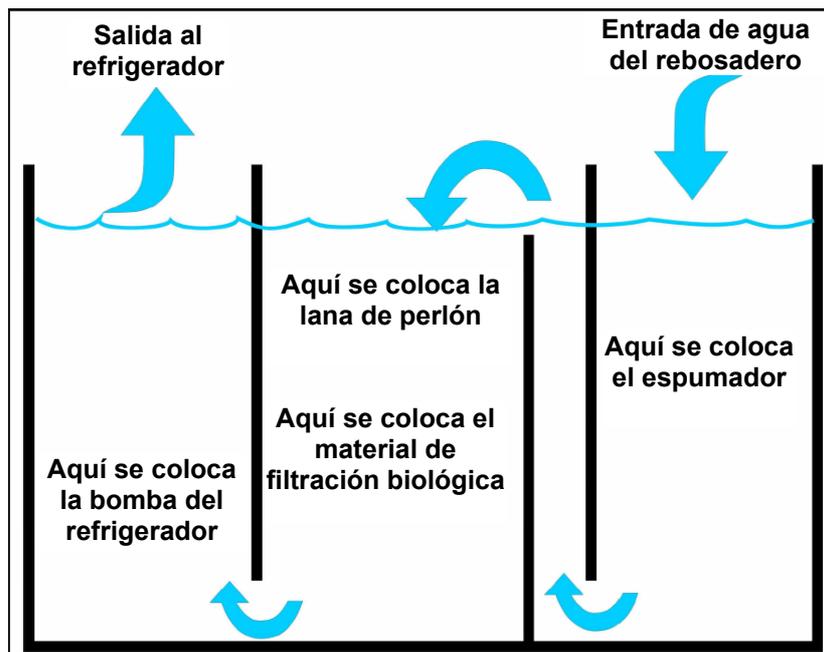


7. EL SUMP

La utilización del tanque técnico denominado sump, muy difundida, requiere un sistema de rebosamiento en la urna principal. Se pueden utilizar tres métodos: orificio en el fondo con rebosadero, orificio lateral o sifón por encima del borde de la urna. Este último método se puede adaptar a cualquier urna sin tener que taladrarla o cortarla.

El agua baja al sump, se trata y una bomba de retorno la devuelve a la urna. En el sump podemos instalar todos los accesorios: espumador (skimmer), filtro biológico, filtros auxiliares y eventualmente un refugio para albergar algas que nos ayudarán a absorber nutrientes. La estructura debe prever un primer paso por el espumador, después, tradicionalmente, un filtro biológico que hoy en día se prefiere sustituir por un pequeño refugio o espacio para las resinas, y finalmente un compartimento vacío donde se aloja la bomba de retorno.

Es muy importante que el primer elemento que encuentre el agua al caer sea el espumador, el cual elimina en su origen muchas de las sustancias que producirán posteriormente nitritos y nitratos en el ciclo biológico.





En este caso la salida del espumador va a parar directamente al compartimento biológico, de forma que todas las partículas gruesas que escapan del espumador quedan retenidas en la filtración mecánica con lana de perlón que se puede retirar fácilmente.

Si decidimos, como se prefiere aconsejar hoy en día, no utilizar una filtración biológica, el compartimento puede usarse para colocar carbón activo, zeolita, un pequeño DSB, etc...

8. EL REFRIGERADOR

Como se ha indicado más arriba, el refrigerador es imprescindible para muchos acuarios mediterráneos. Con la excepción de las tipologías más sencillas de acuarios (poza de marea y rocas superficiales bien administradas), un acuario sin refrigeración está destinado a una alta mortandad de animales, que desembocará en la contaminación del agua y el desarrollo exagerado de algas verdes filamentosas y cianobacterias.

El refrigerador permite cierta relajación en la gestión, eliminando una preocupación importante y dejándonos concentrarnos en los aspectos propiamente bio-ecológicos del acuario. Además, un acuario refrigerado tolera mejor algunos errores de mantenimiento típicos. Por ello, si el acuario es para nosotros una novedad conviene empezarlo al final del verano, de manera que hayamos superado el rodaje de la primera fase antes de meternos en inversiones de este tipo. Ocurre a menudo que un principiante se desmoralice rápido por culpa de problemas de calor y sus nefastas consecuencias!

Un refrigerador consta de los mismos elementos que un frigorífico corriente: compresor, serpentín de evaporación (frío) y serpentín de condensación (calor). El agua discurre alrededor del serpentín de evaporación en un intercambiador térmico, construido de distintas formas según el modelo. En cualquier caso el tubo en el que circula el agua no debe ser metálico para evitar la disolución de metales pesados tóxicos, con la excepción de los tubos de titanio. Son por lo tanto desaconsejables las soluciones artesanales que utilizan serpentines de cobre, aunque sea lacado/pintado (bastan pequeños arañazos para contaminar el acuario entero). El serpentín de condensación es compacto como un radiador y dispone de ventilación, la cual constituye habitualmente el elemento más ruidoso. El agua se extrae del acuario con una bomba, que debe contar con un filtro de espuma que lavaremos a menudo para evitar obstrucciones del circuito, atraviesa el intercambiador y regresa al acuario. Es aconsejable que los tubos estén aislados con una vaina de neopreno, o mejor aún, poliestireno expandido. El poliestireno garantiza una conservación del frío superior al neopreno.

El refrigerador suele colocarse a un lado o debajo del acuario. Se debe tener en consideración la necesidad de aire fresco y producción de aire caliente durante el funcionamiento, con lo cual no se puede colocar en un mueble completamente cerrado. Si no existe, habrá que instalar una abertura protegida con una rejilla, de tamaño mínimo similar al de la rejilla del refrigerador, siendo mejor dejar un par de centímetros más para evitar turbulencias y garantizar una salida continua del aire caliente. Algunos modelos presentan la entrada de aire en la parte baja; en este caso habrá que cuidar que esté siempre limpia y que no existan obstrucciones al flujo de aire (incluso un metro de cable eléctrico enrollado contribuye a empeorar el paso de aire).

El que tenga la posibilidad puede perforar la pared, pasar dos tubos aislados con poliestireno y colocar el refrigerador en la terraza. Esta disposición permite minimizar el ruido y la temperatura de la zona donde se encuentra el acuario. En caso de que se debieran efectuar reparaciones en la terraza, se colocará el refrigerador a cierta altura del suelo, protegido del agua y del sol. En zonas donde la temperatura desciende muy por debajo de los 0°C hay que prever un refugio invernal para el aparato.



Existen en el comercio pequeños refrigeradores de célula Peltier, sin compresor. El ámbito de aplicación se limita a acuarios de dimensiones reducidas; aunque todos los fabricantes los recomiendan para urnas de hasta 80-100 L, sólo son realmente eficientes en acuarios de hasta 40 L. Además tienen tendencia a funcionar ininterrumpidamente. El rendimiento de los sistemas de célula Peltier mejora con una circulación de agua muy rápida, de más de 1000 L/h, que resulta problemática en una urna pequeña. En cualquier caso, aislar bien los tubos y las paredes ocultas del acuario (por ejemplo con placas de poliestireno) mejora mucho los resultados.



Un refrigerador de célula Peltier

9. MÉTODOS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez decidido con qué urna queremos y podemos empezar, tendremos que elegir cuál es el método de funcionamiento que queremos utilizar ya que esta elección determinará las características de los accesorios (sistemas de filtración y luz).

La persona que se inicia hoy en día en este hobby queda desorientada porque busca documentación principalmente en la red, donde la mayor parte de la información que circula trata del acuario marino tropical, que representa un mercado consistente desde el punto de vista económico. Un neófito que espera encontrarse un solo sistema óptimo para sacar adelante un acuario, se enfrenta por el contrario a varias escuelas que “riñen” cordialmente.

En realidad para un acuario tropical rico en corales esta solución viene a ser la conocida como "método berlinés" o NNR para los anglófonos (Natural Nitrate Reduction, reducción natural de nitratos): espumador (skimmer), ningún filtro oxidante (es decir, el clásico biológico o el percolador), roca viva muy porosa, mucha luz y buena circulación de agua, eventualmente un fondo profundo. Se basa en el principio según el cual la nitrificación, desnitrificación y absorción de los nutrientes ocurren a nivel microscópico en las rocas vivas, y las distintas fases del ciclo se desarrollan en estrecho contacto sin liberar la masa de los nutrientes al agua. Este principio está bien demostrado. Aunque existen enfoques alternativos como la filtración de las algas (algal scrub), "miracle mud", etc... con este esquema el éxito en el acuario marino tropical, producido por la baja cantidad de nutrientes, es frecuente.

Métodos alternativos (por ejemplo el clásico filtro oxidante) pueden garantizar buenos resultados con algunos grupos de organismos determinados, pero no con todos. Por ejemplo las Acropora sólo han podido ser mantenidas y criadas con éxito una vez adoptado el método berlinés. En el frío acuario mediterráneo sin embargo, no se disponen de rocas vivas con una porosidad comparable, tampoco de las algas simbiotas de los corales (aunque algunos expertos ponen en duda la eficacia de la escasa biomasa de algas presente en los cnidarios bentónicos para asimilar los compuestos nitrogenados presentes en el acuario), por lo que el método no es exactamente reproducible. En este sentido, sin embargo, macroalgas mediterráneas de rápido crecimiento (por ejemplo las *Caulerpa*s) y vegetales de cuerpo esponjoso (por ejemplo *Codium bursa*) pueden sin duda garantizar mayores tasas de absorción. De hecho varios autores americanos sugieren para el funcionamiento del acuario marino la realización del denominado "algal scrub", es decir de un sector bien iluminado, dentro o fuera de la urna principal, destinado al cultivo intensivo de algas de crecimiento rápido. Este método es válido pero a la larga parece que también se acumulan excesivos nutrientes en el acuario.

Hoy en día y gracias a la experiencia común (y no a la investigación científica, que no encuentra motivo de subsistencia en este sector) está bastante bien establecida la idea de que todos los métodos de funcionamiento aplicables al marino tropical también lo son al marino mediterráneo, teniendo en cuenta las diferencias de temperatura, luz y roca viva. Conviene ahora pasar unos minutos para entender a grandes rasgos en qué consisten los distintos sistemas de funcionamiento que se citan, a veces erróneamente, en el *mare magnum* de Internet, ver cuáles son los elementos principales que gobiernan la gestión de los contaminantes y finalmente intentar comprender qué pueden hacer para ayudarnos.

9.1. LOS CONTAMINANTES

La premisa fundamental es que todos los métodos de gestión de un acuario tienen como objetivo mantener niveles bajos de los contaminantes orgánicos, o por lo menos de los compuestos de nitrógeno y fósforo, que son considerados "trazadores" (por su fácil detección y medida) respecto a otras numerosas sustancias tóxicas derivadas del metabolismo animal y vegetal, que no podremos medir fácilmente en el acuario. Estos elementos, presentes principalmente como nitratos y fosfatos, son considerados nutrientes puesto que son fácilmente asimilables por las algas, estimulando su crecimiento. Los nitratos son el producto final y menos tóxico de las transformaciones aeróbicas de las proteínas; los fosfatos, que derivan también de varios principios alimentarios (como proteínas, fosfolípidos, etc...) están presentes en cantidades claramente inferiores, aunque contribuyen de manera importante en los fenómenos de eutrofización, que desembocan en un desarrollo incontrolado de algas.

Los diferentes caminos que podemos elegir para mantener nuestro acuario pueden interactuar de varias maneras, pero debemos tener siempre en mente el rendimiento efectivo de cada sistema respecto a la carga de nutrientes que caracteriza nuestro acuario. Por ejemplo, es cierto que el ambiente anaeróbico presente en un fondo profundo contribuye a mantener los niveles de nitratos bajos, pero en ciertos casos la eficiencia del proceso anaeróbico es varias unidades de magnitud más baja respecto a la cantidad producida diariamente en el agua debida a la introducción de alimentos, muerte de algún organismo, pérdida de biomasa de algas, etc... **Por tanto se ha de tener en cuenta que cada sistema tiene sus ventajas y sus inconvenientes, existiendo siempre un límite crítico respecto a la biomasa que puede mantener.**

Para entender las diferencias entre un sistema y otro es importante entender sobretodo cómo funciona el **ciclo del nitrógeno**, que representa el elemento dominante entre los contaminantes, porque de esto depende fundamentalmente la salud de nuestro acuario.

9.2. EL CICLO DEL NITRÓGENO

El alimento introducido y la actividad metabólica de los animales (además de la descomposición de los tejidos orgánicos) producen materia protéica en descomposición; por otra parte, todos los organismos acuáticos producen amoníaco a través de la orina.

Algunas bacterias descomponen las proteínas en compuestos más simples que generan rápidamente amoníaco (NH_3), extremadamente tóxico incluso a concentraciones muy bajas. Otras bacterias transforman el amoníaco en nitritos (NO_2^-), tóxicos aunque no letales como el amoníaco y a continuación otras bacterias transforman los nitritos en nitratos (NO_3^-), que son tolerados mucho mejor y constituyen una forma de nitrógeno asimilable por la vegetación. Todas estas bacterias, denominadas nitrificantes, trabajan en presencia de oxígeno.

La fase siguiente, la desnitrificación, consiste en la transformación de los nitratos en nitrógeno gaseoso por parte de las bacterias desnitrificantes, en ambientes pobres en oxígeno. Algunas bacterias son capaces de efectuar las dos funciones (nitrificación y desnitrificación) en función de la presencia de mayor o menor cantidad de oxígeno (son las denominadas anaerobias facultativas), otras bacterias son exclusivamente aerobias o anaerobias. Todos los métodos de filtración que utilizan esta actividad bacteriana se denominan biológicos.

9.3. MÉTODOS DE FILTRACIÓN

Los fosfatos, más perjudiciales que el nitrógeno respecto a la eutrofización, pueden ser eliminados a nivel de sus precursores por medio del espumador; ya en forma de fosfatos se pueden eliminar con resinas anti-fosfatos adecuadas, aunque no siempre sin consecuencias para el acuario marino (pueden modificar la composición de la mezcla de sales) aunque de esto hablaremos en el capítulo correspondiente.

Para los compuestos de nitrógeno, muy tóxicos en su fase inicial (amoníaco), existen métodos que privilegian la transformación de los contaminantes muy tóxicos en productos menos peligrosos (filtración biológica sobre sustrato artificial) y métodos que tratan de eliminar la producción de contaminante a la raíz (por medio del espumador) dejando la actividad biológica a las rocas vivas o a un fondo de arena (DSB). Algunos autores (como Delbeek y Sprung) sostienen que en presencia de un filtro biológico sobre sustrato artificial la producción de nitratos es tan intensa que la actividad nitrificante/desnitrificante en las rocas vivas se ve inhibida; pero algunos acuarios mediterráneos con sistema mixto (filtro biológico, espumador y roca viva) funcionan bien durante años, incluso aunque la actividad de absorción de nutrientes en las rocas vivas se vea inhibida por la escasez de luz, condición necesaria para el bienestar de muchos habitantes mediterráneos.

En general un filtro biológico sobre sustrato artificial produce un rápido incremento de nitratos, que también son utilizados por las algas y pueden ser reducidos con sustanciosos cambios de agua; para disminuirlos de modo más definitivo se recurre al filtro desnitrador o a la desnitración en acuario. De hecho si en el acuario (en un compartimento del filtro, en el fondo si es muy profundo y en las rocas porosas) se dan condiciones anaeróbicas, se obtiene la desnitrificación, que se denominará *natural* cuando se desarrolla en las rocas vivas o en la arena. El filtro biológico convencional casi nunca conseguirá desarrollar esta función. Existen algunos filtros comerciales de reciente difusión que presentan un compartimento que puede alcanzar el estado anaeróbico, aunque todavía no se han experimentado lo suficiente.

Las técnicas que utilizan la "espumación" apuestan por eliminar gran parte de las proteínas *antes* de transformarse en amoníaco y, finalmente, en nitratos y fosfatos. Obviamente, un espumador no podrá en ningún caso modificar la concentración del amoníaco producido por peces e invertebrados, que en condiciones óptimas (alimentación moderada) puede representar la mayor parte de la materia orgánica a tratar. Las dos técnicas son compatibles y se pueden aplicar en el mismo acuario; un medio en el que se dé la nitrificación y desnitrificación es siempre necesario, porque la "espumación" sola no sirve, por ejemplo, para eliminar el amoníaco producido directamente por las funciones metabólicas de los peces. Además, por las evidencias de inhibición en la actividad de las rocas vivas causadas por el exceso de nitratos producidos en los filtros oxidantes, la tendencia actual en algunos sectores de la acuariofilia marina tropical es la de confiar en potentes espumadores eliminando el filtro biológico y recurriendo, para la fase biológica, únicamente a roca viva y arena (lecho profundo): **de este modo se obtienen los acuarios más estables y pobres en nutrientes**, y por tanto próximos a las condiciones naturales.

Existen también métodos que utilizan sólo lechos profundos de arena o de fango, eventualmente asociado a filtros de algas (algal scrubber de Adey y Loveland). También pueden garantizar condiciones adecuadas y estables, comparables a las obtenidas con un filtro biológico tradicional, pero son de gestión más delicada: paradójicamente los sistemas de depuración natural en los que se eliminan muchos precursores con el espumador son más

sencillos de mantener que los sistemas de depuración natural basados íntegramente en el ciclo biológico aunque con un sustrato artificial. En general, cuando es posible comparar acuarios de varios años, sean tropicales o mediterráneos, mantenidos con distintos métodos, se confirma que la acumulación de nutrientes, en particular de fosfatos, es más importante en los acuarios que no funcionan con espumador y roca viva.

Veamos ahora con más detalle cada método de filtración.

9.4. CLÁSICO CON FILTRACIÓN BIOLÓGICA

El sistema más clásico de mantenimiento con filtración biológica consiste en la decoración normal de roca, un fondo de arena o grava fina de espesor no muy elevado y un filtro biológico de compartimento interno, percolador, de lecho fluido o bajo arena. Son todos filtro oxidantes, es decir trabajan con mucho oxígeno y transforman el amoníaco tóxico en nitritos y en posteriormente en nitratos. La acción nitrificante puede ser más o menos eficaz según el modelo de filtro, de la velocidad de flujo, de la materia orgánica presente y de la temperatura. Por ello es importante vigilar el amoníaco, nitritos y nitratos desde el inicio de un nuevo acuario.

Algunos filtros internos desarrollan zonas donde la concentración de oxígeno es reducida, realizando así una acción suficiente de desnitrificación. Cuando esto no sucede, los nitratos, que provocan el crecimiento de las algas aunque pueden ser tolerados hasta concentraciones relativamente altas, al cabo del tiempo acaban por interferir con el metabolismo de algunos invertebrados; un nivel constantemente alto de nitratos corresponde a menudo con malas condiciones higiénicas que exponen los peces a una mayor posibilidad de infecciones y parásitos. Los nitratos pueden entonces ser reducidos con cambios de agua o con filtros desnitrificadores.

Actualmente los más utilizados son los filtros biológicos internos, aunque la mayor parte de los modelos del comercio dejan bastante que desear (muchos son de mala calidad): como consecuencia se comportan como verdaderas "trampas" para los nutrientes y provocan una producción constante de nitratos y fosfatos. Si en los años 70 un acuario alcanzaba un punto crítico al cabo de un par de años, después de los cuales había que vaciarlo y empezar de nuevo, con la aparición de los espumadores el tiempo útil de vida se ha extendido. En cualquier caso, **hay que tener presente que un acuario mantenido con filtración biológica sobre soporte artificial es un acuario con "fecha de caducidad"**: tarde o temprano se alcanzarán valores excesivos de nutrientes. En general, antes que recurrir a filtros biológicos más voluminosos se recurre a la reducción de la carga orgánica a través de espumadores: gracias a éstos se reduce de hecho la cantidad de materia orgánica que es nitrificada en el filtro. Si bien es cierto que la filtración biológica es robusta y eficaz a corto plazo, se ha visto que los acuarios mediterráneos pueden funcionar perfectamente sin ella, de igual modo que los tropicales, dejando la tarea de la actividad biológica a un lecho de arena (DSB) con rocas porosas asociado a un potente espumador.

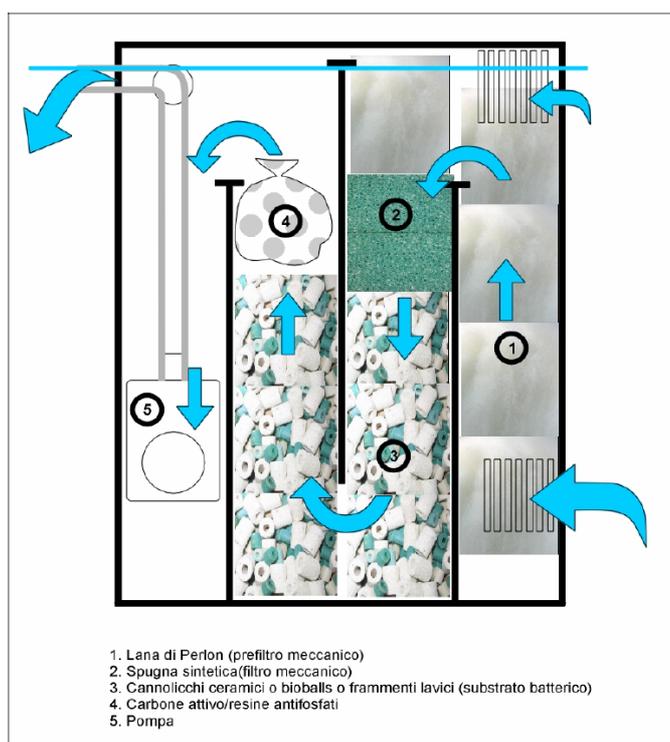
Existen varios tipos de filtros biológicos, descritos en los apartados siguientes.

9.4.1. Filtro biológico interno

Es uno de los sistemas de filtración más antiguos y utilizados: el agua se hace pasar por un recipiente subdividido en varias cámaras por separaciones que obligan a un recorrido sinuoso. Una primera cámara contiene lana de perlon o espuma como prefiltro mecánico; también puede existir un prefiltro mecánico auténtico (por ejemplo sedimentación gravimétrica de la materia en suspensión); la cámara siguiente contiene el soporte para las bacterias (canutillos de cerámica, biobolas de plástico, espumas de resina); la tercera cámara contiene la bomba. Antes de la bomba hay un espacio para colocar materiales auxiliares, como carbón activo. Los sustratos a base de conchas trituradas, muy de moda en el pasado, son desaconsejables porque parece que las partes orgánicas producen fácilmente fosfatos. Conviene por el contrario utilizar materiales calcáreos en abundancia, para estabilizar el pH, aprovechando el paso continuo de agua y la disminución del potencial redox que caracteriza los últimos compartimentos del filtro. De este modo se obtiene un tampón que mantendrá el pH estable y se aumenta el potencial redox antes de la salida del agua del filtro (condiciones óptimas para la mayor parte de invertebrados).

El volumen del filtro biológico interno debe representar al menos un 15-20% del volumen del acuario y garantizar la circulación de todo el volumen de agua al menos 2 a 6 veces por hora. La velocidad efectiva depende sobre todo de la superficie del lecho de bacterias, es decir, de la porosidad del material utilizado. Con materiales poco porosos conviene utilizar flujos menores, para no alterar el lecho de bacterias.

En el interior del filtro biológico tienen lugar procesos de nitrificación, pero en algunos filtros se pueden instaurar zonas de circulación reducida que se harán anaeróbicas, obteniendo desnitrificación. Algunos filtros de reciente producción se han diseñado en este sentido, previendo además un flujo más lento, aunque no existen todavía conclusiones a largo plazo sobre su eficacia real.



Esquema de un filtro biológico con compartimentos internos

9.4.2. Filtro biológico percolador

Es una variante del filtro biológico, que requiere necesariamente un sump. El agua, después de la filtración mecánica con lana de perlón o espuma, se distribuye sobre una columna llena de material de soporte bacteriano (las biobolas son el material más utilizado) y fluye hacia abajo, subdividiéndose en hilos de agua que siempre quedan en contacto con el aire. No es necesariamente más eficaz que el filtro biológico interno, debido a la subdivisión del agua en hilos en vez de estar uniformemente distribuida, lo cual provoca que sólo algunas áreas del filtro sean activas, mientras que las demás carezcan de vida, fenómeno del cual derivan las desilusiones de muchos acuariófilos que confiaron en este sistema. Actualmente ha caído en desuso, prefiriéndose la utilización de potentes espumadores en el sump.

9.4.3. Filtro biológico de lecho fluido

En este filtro el material de soporte bacteriano está constituido por una arena calibrada contenida en un cilindro. El agua se inyecta de abajo hacia arriba manteniendo la agitación de las partículas de arena. Es el filtro biológico más eficaz, puesto que garantiza simultáneamente condiciones ideales para las bacterias y una gran superficie. Actualmente se viene utilizando con éxito en instalaciones de acuicultura. Su gestión es delicada y las paradas debidas al mantenimiento o a la falta de corriente ponen en peligro su eficacia, con el riesgo de contaminación por muerte de las bacterias. Al igual que el filtro percolador, es un filtro puramente nitrificante.

9.4.4. Filtro biológico bajo arena

Es uno de los métodos históricos de filtración. Consta de una rejilla colocada sobre el cristal del fondo del acuario, creando una cámara vacía. La rejilla se recubre con la arena del fondo. La cámara bajo la rejilla está unida a un tubo de aspiración conectado a una bomba que aspira el agua produciendo un flujo que atraviesa el material del fondo, el cual se convierte así en el soporte para las bacterias. **Es un método obsoleto**, excepto en raras aplicaciones, por causa de una serie de inconvenientes, en particular la elevada concentración de materia orgánica en el fondo, que sólo se puede eliminar desmontando el acuario.

9.4.5. El filtro externo

Los filtros externos, con cierre hermético, también se denominan "mecánicos" o "rápidos"; contienen el material filtrante dispuesto en una columna y trabajan esencialmente por acción mecánica. Aunque recientemente se vienen considerando como filtros biológicos, los mecanismos de nitrificación son irregulares y discontinuos, a menudo incluso totalmente ausentes, sobre todo porque en un filtro sellado la concentración de oxígeno es baja y el flujo de agua tan rápido en el lecho bacteriano de dimensiones reducidas, que se lava continuamente toda la flora bacteriana eventualmente presente; además la saturación del prefiltro comporta a menudo la desviación interna del flujo sin un paso eficaz a través del material filtrante y continuas modificaciones del caudal, lo que produce un ambiente tan variable para la flora bacteriana que no permite una estabilización. Para garantizar un funcionamiento regular deben ser limpiados con mucha frecuencia.

9.4.6. El desnitrador

El medio más rápido para cerrar el ciclo del nitrógeno es el uso de un filtro biológico desnitrador, que elimina los nitratos transformándolos en nitrógeno gaseoso a través de la acción de bacterias anaerobias. Existen dos tipologías de filtros desnitradores, unos a base de carbón, el más antiguo y contrastado, otros a base de azufre, de introducción más reciente. Ambos son filtros externos, que no requieren necesariamente sump, y funcionan con flujos de agua extremadamente lentos y reducidos (de 1 a 10 L/h según los modelos). La salida del filtro debe retornar a la urna en una zona de fuerte movimiento y oxigenación, a ser posible en el espumador (un pequeño espumador de difusor es adecuado).

Ambos filtros desnitradores son delicados y para una gestión realmente segura deberán ser vigilados continuamente con sondas caras para medir el potencial de oxidación-reducción (potencial redox). Por esta razón su uso es bastante limitado y actualmente se da preferencia a los sistemas con espumador. Si queremos operar de manera "sencilla", sin utilizar las sondas redox, es necesario medir de alguna manera la relación nitritos/nitratos constantemente, y se debe tener una gran sensibilidad para saber detectar el más mínimo cambio, que podrá indicar una degradación de las condiciones generales del acuario. De fallar se pueden llegar a matar todos los habitantes del acuario en el espacio de pocas horas. Son, en resumen, filtros poco adaptados al uso por parte de neófitos y a menudo poco eficaces incluso en manos de un experto.

9.4.6.1. El desnitrador a base de carbón

Utiliza las bacterias anaerobias facultativas, que para respirar en ambiente anaeróbico extraen el oxígeno de la molécula de nitrato dejando primero nitritos y a continuación nitrógeno en forma de gas. El problema es que se nutren de compuestos de carbono, y si vienen a faltar se inician reacciones que producen ácido sulfhídrico. Por consiguiente se debe suministrar regularmente una fuente de carbono (glucosa, fructosa, alcohol, preparados adecuados) en pequeñas dosis, vigilando la eficacia del rendimiento para ajustar la cantidad de alimento. Se puede considerar un filtro absolutamente desaconsejable para un principiante.

9.4.6.2. El desnitrador a base de azufre

En este modelo las bacterias que utilizan el oxígeno de los compuestos de nitrógeno son sulfobacterias, que se nutren de un sustrato de azufre: no hay por tanto necesidad de alimentar constantemente el filtro. Sin embargo el agua que sale de este filtro es muy ácida y debe ser a su vez filtrada sobre base calcárea para equilibrar el pH; si las condiciones se vuelven anóxicas por total ausencia de oxígeno se produce fácilmente ácido sulfhídrico; además se produce constantemente sulfato de calcio, que ciertamente es mejor tolerado que los nitratos pero que a la larga parece molestar de algún modo los invertebrados más sensibles. Es en resumen un filtro que podemos definir como todavía en fase experimental y no lo suficientemente estudiado. Por otra parte las condiciones locales de pH bajo favorecen una precipitación natural de sales tampón, con modificaciones en el equilibrio de las sales y degradación permanente de las condiciones del agua.

9.5. EL MÉTODO "BERLINÉS"

El método denominado "berlinés" fue desarrollado por acuariófilos berlineses en los años 80 para la cría de corales duros tropicales. Se basaba en la eliminación de la materia orgánica por medio de un espumador y en la transformación de los compuestos nitrogenados gracias a la arena del fondo y sobre todo a las rocas vivas, altamente porosas, en las que se produce la nitrificación y desnitrificación en condiciones de proximidad: donde existe suficiente oxigenación (superficie) se desarrollan las reacciones de nitrificación e inmediatamente hacia el interior se producen las reacciones de desnitrificación. La microflora presente sobre las rocas contribuye además a consumir directamente parte de los nitratos producidos. La presencia de una fuerte iluminación en este método tiene como objetivo principal favorecer el desarrollo de las zooxantelas en el tejido de los corales, lo cual en los acuarios mediterráneos no tiene tanta importancia. La parte más interesante es sin embargo la filtración por medio del espumador.

Este método es el que hasta ahora ha dado mejores resultados en el control de nutrientes en el acuario marino tropical; en el acuario mediterráneo está en fase de experimentación, aunque hoy en día parecen confirmados sus resultados positivos, ya sea en asociación con rocas vivas mediterráneas, si son lo bastante porosas, en acuarios prácticamente sin arena, ya sea con lecho de arena profundo (DSB).

9.5.1. Los espumadores (skimmers o separadores de urea)

Son aparatos inspirados de procesos industriales que aprovechan las propiedades de la película de tensión superficial entre el aire y el agua. Algunas proteínas con cadenas hidrofóbicas procedentes de la materia orgánica descompuesta se adhieren a esta película gracias a las interacciones moleculares. Proporcionando una gran cantidad de aire en forma de burbujas submilimétricas, se multiplica varias veces la superficie de contacto y se extrae la materia orgánica antes de que sea transformada en amoníaco y que se incorpore al ciclo del nitrógeno.

La cantidad extraída representa sólo el 10-15% del nitrógeno total presente en un acuario bien mantenido (alimento suministrado de forma que no quede nada en el fondo: el amoníaco producido por peces e invertebrados no entra en este proceso), pero es una cantidad importante a la larga. La espuma producida, con una concentración alta de desechos, sale por la parte superior y se recoge en un vaso colector.

Existen tres tecnologías principales de "espumación": de difusor, la más antigua, de efecto Venturi (con varios tipos de inyección de aire y de bombas) y finalmente de spray. Las dos últimas, más modernas y a veces sumamente eficaces, tienden a eliminarlo todo, incluso el plancton; sin embargo la afirmación de que extraen oligoelementos está aún por demostrar científicamente. Los espumadores de difusor son más delicados con el plancton, pero para acuarios grandes requieren dimensiones excesivas.

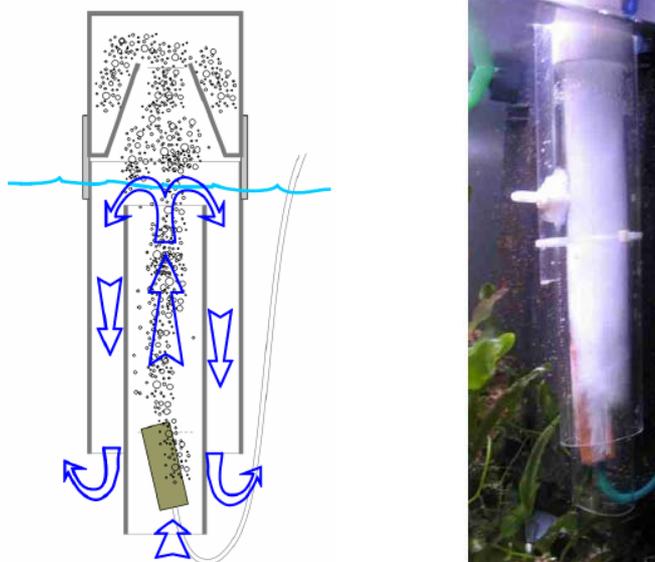
Se ha debatido largo y tendido sobre la conveniencia de usar o no los espumadores: ciertamente, en un acuario con muchos filtradores es preferible que el agua no esté limpia de más, aunque este inconveniente se puede compensar con alimentos adecuados o utilizando espumadores de difusor o con tecnologías específicas que protegen el plancton, presentes en algunos modelos. Aún así las ventajas aportadas por los espumadores superan en mucho las desventajas. Es en cualquier caso un accesorio de suma importancia ya que constituye un

"salvavidas" en caso de error del neófito (siendo el más corriente el exceso de alimento). Además, la acción de intensa oxigenación elimina el dióxido de carbono y mantiene elevada la concentración de oxígeno en el agua (contribuyendo a mantener en niveles óptimos toda una serie de parámetros químicos como pH, potencial redox y alcalinidad). Elimina también de raíz muchas fuentes de fosfatos.

Para un funcionamiento correcto del espumador, debemos dejarlo encendido permanentemente. Paradas diurnas o peor, nocturnas, pueden ayudar a preservar un poco de alimento para los filtradores pero tienden a favorecer la acumulación de nutrientes. Sin embargo, es útil pararlo (o retirar el vaso colector de forma que la espuma gire en círculo) cuando se suministra el alimento para invertebrados: una mejor suspensión favorece una mejor asimilación de las partículas de alimento.

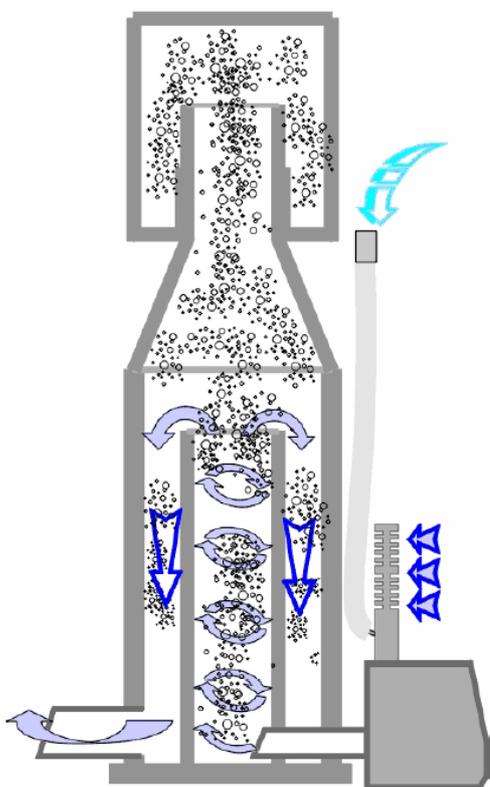
9.5.1.1. Espumadores de difusor

En su versión más simple están constituidos por dos tubos concéntricos; en el tubo central se introduce aire por medio de un difusor de madera de tila, que garantiza una dimensión óptima de las burbujas; el agua sale del tubo central arrastrada por el aire (efecto de succión) y es evacuada por el espacio anular. El cuello, en la parte superior, concentra la espuma que va perdiendo agua lentamente hasta que es expulsada en el vaso colector. También existen modelos de grandes dimensiones, con más difusores y con bombas para una circulación a contracorriente del flujo de burbujas. El difusor de madera se sustituye cada mes. La eficacia de este tipo de espumadores no es enorme pero se adapta bien a acuarios medianos-pequeños, ayudando a mantener el agua en mejores condiciones. En el comercio actualmente se encuentran sobretodo espumadores pequeños que pueden ir dentro del acuario. Los espumadores externos de grandes dimensiones se han sustituido por otras tecnologías.



9.5.1.2. Espumadores de bomba

Están alimentados por bombas potentes, que incorporan aire por medio de un tubo, bien en aspiración bien en entrada, en lo que se conoce como efecto Venturi (depresión causada por el incremento de velocidad de un fluido que atraviesa un conducto de sección restringida). Los espumadores en los que el aire es aspirado después de la bomba son más silenciosos pero menos eficaces; aquellos en los que la aspiración se efectúa antes de la bomba son más eficaces pero más ruidosos. En este caso la utilización de bombas con álabes "de escobilla" permiten alcanzar la máxima eficiencia de este método, fraccionando las burbujas de manera óptima. A esta categoría pertenece la mayor parte de los espumadores del comercio. Están normalmente diseñados para una utilización en el sump, aunque también existen modelos que pueden colocarse en el acuario o colgarse fuera de la urna. Los más eficaces están dotados de una bomba para la alimentación y una bomba de recirculación para la "espumación".



Espumador de bomba en el sump

Uno de los raros modelos de espumador de bomba para uso externo, los únicos adaptables a acuarios sin sump que permiten ahorrar espacio útil en la urna.

Estos espumadores se adaptan a acuarios de tamaño moderado y suelen ser ligeramente más ruidosos que los espumadores internos.



9.5.1.3. Espumadores de spray (de cascada)

En estos espumadores el agua del acuario se bombea con fuerza dentro de la cámara de contacto por medio de una "tobera", que produce un chorro muy fraccionado y potente. El impacto con la superficie del agua en la cámara de reacción crea la espuma, que al salir se dirige al vaso colector. Se encuentran sobre todo en el mercado estadounidense, son muy eficaces pero a veces ruidosos. También existen modelos adaptables para la urna principal o para uso externo.

9.6. DSB

DSB, Deep Sand Bed o "lecho de arena profundo", es un tipo de mantenimiento que requiere un fondo muy profundo de material muy fino ("sugar size" como dicen los estadounidenses, e incluso más fino). Básicamente establece que en el fondo, de al menos 12-15 cm de espesor, se instauran condiciones nitrificantes en los estratos aerobios más superficiales y desnitrificantes en los estratos anaerobios más profundos. La "bioturbación" producida por gusanos y crustáceos denominados endobiontes, que viven en el sustrato, garantiza que se dé una mínima circulación de agua y que no se desarrollen condiciones anóxicas peligrosas; también por este motivo es útil que la arena contenga un porcentaje elevado de carbonatos, a ser posible de aragonita, que actúan como tampón de pH.

El método puede ser utilizado sólo, con bajas cargas orgánicas (desaconsejable), o en asociación con otros sistemas de filtración (espumador, filtro y algas). Requiere un largo período hasta alcanzar su punto de funcionamiento estable (cerca de un año). Un buen DSB permite, si está bien estructurado, una desnitratación natural eficaz. El buen funcionamiento es visible, además de por los niveles de nutrientes, por la subdivisión en capas: aerobias

claras, bioturbada con galerías de gusanos y animales endobiontes, y zonas anaerobias oscuras, sin atravesar por animales pero a menudo con burbujas de gas.



Primera fase de maduración de un DSB con fondo de aragonita (izquierda) y de cuarzo (derecha)

Los DSB creados con arena enteramente silíceica funcionan muy bien y hasta ahora no se han tenido noticias de problemas.

En la página www.AIAM.info se encuentra una guía descargable enteramente dedicada al DSB.



Zona anaerobia de color gris oscuro con burbujas de nitrógeno creada en un DSB de cuarzo

9.7. JAUBERT

Este método, ideado y patentado por el profesor Jean Jaubert, director del Acuario de Mónaco, utiliza una estructura similar al filtro bajo arena, denominada "plenum", pero sin flujo de agua, enteramente recubierta de una capa de arena de granulometría variable y espesor elevado. Las partes profundas del lecho, separadas de las capas superficiales por una red que impide a los animales remover el sedimento, y el plenum son la base para los procesos de desnitrificación. El agua del acuario cede nitratos a la capa de arena superficial por el mecanismo de difusión, proceso químico-físico por el cual la concentración de una sustancia disuelta en un fluido tiende a homogeneizarse en todo el volumen disponible.

Es un método que fue indicado inicialmente para acuarios de grandes dimensiones, aunque también se ha aplicado a acuarios de pocos litros. Se considera un método delicado en su aplicación, que requiere un profundo conocimiento de la biología de las especies introducidas y sobre todo una gran precaución para mantener la carga orgánica del acuario en niveles bajos, lo cual conlleva una población reducida: se trata por tanto de un método de gestión no adaptado para un principiante. En realidad requiere el uso de potentes filtros mecánicos (véase el sistema presente todavía hoy en Mónaco), pocos peces y cambios de agua frecuentes. En estas condiciones es imaginable que incluso en ausencia del sistema mencionado, el acuario funcione perfectamente a largo plazo.

9.8. ALGUNAS CONSIDERACIONES

Estudios recientes sobre varios tipos de fondo, realizados a partir de acuarios experimentales en laboratorio, han demostrado sin lugar a dudas que a igualdad de espesor no existe una diferencia significativa entre el método Jaubert y el DSB: el plenum se ha revelado ser perfectamente inútil, por lo que el sistema Jaubert puede ser considerado un sistema histórico pero obsoleto para el uso común. Los mismos estudios han demostrado además que de todas las combinaciones posibles la menor presencia de nutrientes se obtiene con un DSB de granulometría muy fina; los peores valores están garantizados con un fondo de granulometría gruesa, independientemente de la profundidad. Un fondo de granulometría fina y de espesor reducido empeora la calidad del agua ya que se limita a nitrificar y no desnitrifica. Los tests de laboratorio concluyen que las dos alternativas: DSB de 13-15 cm o sin arena con mucha roca son las más indicadas para garantizar niveles bajos de nutrientes.

9.9. EL PROBLEMA DE LOS FOSFATOS

Los fosfatos provienen esencialmente de las transformaciones de ácidos grasos (fosfolípidos) y de algunas proteínas; las más ricas en fósforo son aquellas que constituyen la parte orgánica de las escamas, partes óseas de los peces, caparazones de los crustáceos y conchas de moluscos. Este es también el motivo por el que conviene limpiar con cuidado el alimento suministrado, no utilizar caparazones frescos de moluscos de adorno o en el material filtrante: las proteínas que constituyen las conchas y ligamentos son una buena fuente de fosfatos.

La utilización del espumador contribuye a limitar parcialmente la concentración de fosfatos, así como el uso de la denominada *kalkwasser*, solución de cal (hidróxido de calcio, Ca(OH)_2) usada para reponer el agua evaporada, que los hace precipitar en forma de ortofosfatos insolubles. La concentración de los fosfatos puede ser controlada también con cambios de agua frecuentes, y en caso de valores elevados, con resinas antifosfatos. Estas

resinas, que deben ser usadas con prudencia, pueden ser a base de aluminio (de color claro) o a base de hierro (de color pardo rosado) y se utilizan habitualmente con filtros adecuados. Deben ser utilizados con moderación, porque una variación repentina en los parámetros químicos es a menudo más perjudicial que una condición no ideal pero constante; además tienden a adsorber otros iones de características físico-químicas similares a los iones fosfato. Se deben respetar las recomendaciones del fabricante, ya que muchas resinas una vez saturadas pueden volver a soltar los fosfatos u otros iones como el aluminio. En general para evitar este riesgo son preferibles las resinas a base de hierro; actualmente han hecho su aparición resinas sintéticas a base de óxido de hierro, denominados polarizados, que adsorben de modo selectivo únicamente los iones fosfato. El mejor rendimiento se obtiene en filtros de lecho fluido o por lo menos con circulación forzada de abajo hacia arriba, de pequeñas dimensiones: es mejor utilizar poca resina cambiada a menudo que mucha cambiada ocasionalmente. También es bastante eficaz el uso de la resina en una media de nylon inmersa en algún paso obligatorio del sump o del filtro o, apurando, incluso con un pequeño filtro externo. Antes de usar estas resinas se deben aclarar bien hasta que el agua no salga naranja.

9.10. Y AHORA: ¿QUÉ CAMINO ESCOGER?

Llegados a este punto hay que decidir de qué forma montar el acuario. Una receta única con los elementos más modernos no se ha experimentado aún lo bastante en la acuariología mediterránea: se deberá por tanto considerar qué animales queremos mantener y qué ambiente queremos reproducir, cuánto tiempo podremos dedicarle al acuario y cuando podremos gastar para mantenerlo.

En la práctica, para realizar un acuario sencillo, adaptado para reproducir el ambiente de rocas superficiales o de una poza de marea, podremos utilizar un sistema clásico biológico, bien dimensionado, reforzado con un espumador (que reduce las fuentes de contaminación) y sin refrigerador. Claramente este sistema puede incurrir (aunque no necesariamente) en niveles significativos de nitratos, pero ninguno de los animales típico de este tipo de acuarios se verá gravemente perjudicado. Cambios de agua, limpieza regular del fondo, que deberá ser de arena fina, un filtro interno de buena calidad y, de ser necesario, resinas antifosfatos ayudarán a mantener los nutrientes bajo control; con algunos filtros internos bien diseñados, su nivel puede ser muy reducido.

Un filtro biológico interno es muy robusto, si se pone en marcha y se gestiona correctamente, cuidando la biomasa, y puede ser menos sensible a cortes de luz y sucesos imprevistos respecto a otros sistemas de filtración. Pero debemos saber que algunos animales más sensibles no se podrán mantener, y que con toda probabilidad el acuario llegará a término (es decir a unas condiciones de niveles de nutrientes elevados que no podrán ser mejorados salvo con cambios de agua) después de un tiempo que oscilará entre 3 y 5 años.

Si por el contrario queremos mantener organismos muy sensibles a los contaminantes orgánicos encontraremos menos dificultades adoptando un método de gestión basado en el uso de un espumador potente, con un poco de arena fina como fondo que se mantendrá bien limpio, buscando roca viva porosa en gran cantidad. En la práctica se trata de un berlinés readaptado, que es también válido para animales con pocas exigencias. Con organismos tan sensibles será obligatorio tener un refrigerador. Esta instalación será un poco más vulnerable a ciertos tipos de contaminación (por ejemplo de amoníaco), por lo que será aconsejable para acuarios con una población de peces reducida. Algunos acuarios de este tipo funcionan con éxito durante más de cinco años. La misma solución, pero con un lecho de arena profundo

(DSB) será un sistema robusto incluso para los organismos mucho más sensibles. Requerirá sin embargo un tiempo largo para su maduración y una población gradual, así como una buena preparación sobre las características de los organismos admisibles en el acuario. Los DSB montados en acuarios mediterráneos han demostrado hasta el momento funcionar perfectamente, ya sea con sustrato calcáreo, silíceo o mixto. Por desgracia no existen todavía testimonios de períodos superiores a los cuatro años.

Respecto a filtros internos y espumadores, hay que recordar que no todos los filtros internos son eficaces al 100% y que no todas las marcas más caras y conocidas producen filtros y espumadores realmente buenos. Por tanto es siempre mejor intercambiar ideas y hablar antes de comprar, además siempre es necesario, sino fundamental, vigilar los parámetros químicos durante la fase inicial del acuario, procediendo a su instalación con gran paciencia. Un inicio incorrecto puede llevar fácilmente a tener que desmontarlo todo y empezar de nuevo de cero. Una puesta en marcha paciente y correcta nos dará sus frutos en un tiempo razonable. Además, a menudo las soluciones a medida no demasiado fantasiosas pero basadas en la experiencia común pueden garantizar resultados superiores a los de costosas instalaciones del comercio, por menos dinero.

10. UN ACCESORIO ÚTIL: EL DIFUSOR DE AIRE

El difusor de aire, impulsado por un pequeño compresor eléctrico de membrana, es uno de los accesorios más antiguos que existen, y ha sido el factor técnico que más ha contribuido a la mejora de los acuarios en el pasado. Conectado a un difusor de madera, piedra o materiales cerámicos, accionaba todo tipo de filtros y dispositivos por un efecto de succión, antes de ser inventadas las bombas de inmersión.

En la última década se ha quedado pasado de moda, por motivos pertinentes en el acuario de agua dulce rico en vegetación pero únicamente por estar considerado obsoleto respecto a las bombas de circulación en el acuario marino. Estudios experimentales recientes, realizados con rigor científico (Bornemann, 2005) han demostrado que en realidad, para mantener alta la concentración de oxígeno en el acuario, el tradicional difusor de aire con piedra porosa sólo es superado por el espumador, y es con diferencia más eficaz que cualquier bomba de circulación.

Puede crear corrientes de salida localmente muy precisas, resolviendo problemas de circulación en acuarios "difíciles", además de incrementar la concentración de oxígeno durante las épocas más calurosas. Se pueden utilizar en la preparación de agua sintética y, en caso de funcionar con baterías, también en el transporte de animales y roca viva. Es por tanto un accesorio relativamente económico y versátil, que no debería faltarnos. Mejor escoger modelos de los que se disponga de recambios de membranas y filtros de aspiración de aire (muy importante sobretudo para los que vivan en ciudades con mucho tráfico!). En algunos casos son muy versátiles aquellos que cuentan con dos salidas, aunque un poco incómodos cuando sólo se necesita una salida; en este caso es mejor tener uno con una sola salida regulable. Por medio de empalmes y válvulas es posible en caso de necesidad subdividir el flujo y ajustar la potencia.



Un viejo difusor de aire de dos salidas con potenciómetro de regulación

Regulador moderno de una salida, regulable



11. EL MEDIO FÍSICO DEL ACUARIO: AGUA, ROCAS Y FONDO

Después de haber decidido qué acuario queremos montar, partiendo del ambiente que queremos reproducir, y sopesando todas las cuestiones técnicas, deberemos pensar con qué llenar físicamente la urna, es decir agua, rocas y fondo, y además: naturales o artificiales? Roca muerta o roca viva? Qué granulometría y qué espesor para el fondo? Veamos estos puntos uno por uno.

11.1. EL AGUA

Sin lugar a dudas la solución ideal es llenar el acuario con agua marina natural. Esto resulta cómodo e inmediato para el que vive a proximidad de la costa, aunque las ventajas son tan importantes que justifican también un transporte más largo.

El agua, recogida en bidones de 20-25 L (deben de ser transportables!) mantiene sus propiedades inalteradas incluso durante 4-5 horas si la temperatura no es elevada, equivalente a un trayecto de unos 200-250 km en coche con algún retraso largo durante el viaje. Se debe tener la precaución de no llenar completamente los bidones dejando unos 10 cm de aire y, si es posible, no cerrar herméticamente los tapones. Para trayectos más largos es mejor airear el agua con difusores de 12V o con un transformador para 220V conectado a una toma eléctrica del coche. Con temperaturas altas conviene colocar los bidones en un lugar sombreado, cubiertos con gruesos trapos húmedos y encender el aire acondicionado!

Lo ideal es recoger el agua lejos de la costa y de efluentes, que pueden ser detectados por la presencia de espuma sobre el agua, residuos oscuros, etc... Sin embargo también es posible recoger agua desde la orilla, comprobando previamente la ausencia de residuos en suspensión o manchas de aceite y carburante en la superficie, fácilmente detectables por su típico aspecto iridiscente.

La **recogida de agua no está prohibida** por la normativa vigente "si se efectúa sin la ayuda de estructuras fijas o móviles colocadas en el dominio marítimo" (*Ndt: normativa italiana*): por tanto bidones y cubos serán nuestros instrumentos imprescindibles para toda el agua que necesitemos.

Si en algún caso no es posible recoger agua natural, es posible preparar agua sintética con las sales vendidas en el comercio. Se debe recordar que las instrucciones presentes en el embalaje de estas sales están dirigidas a tropicalistas, que requieren agua menos densa que la mediterránea. Por tanto si nuestro acuario es de 120 litros y la sal que tenemos se vende para fabricar 60 litros de agua por bolsa, deberemos de hecho comprar tres bolsas, controlando la densidad mediante un densímetro.

Llegados a este punto conviene recordar algunos conceptos: se entiende por salinidad la cantidad de sales disueltas en un líquido, y se expresa técnicamente en PSU (practical salinity units), unidad procedente de la medida de conductividad respecto a un patrón estándar: la conductividad depende de hecho de la cantidad de sales disueltas. Más habitualmente viene indicada como gramos de sal por litro o en milésimas (por ejemplo 37‰), o también como densidad en g/L (por ejemplo densidad 1027 g/L). En realidad la densidad leída en el densímetro es el peso específico, es decir una relación adimensional entre la densidad de la muestra y la de un patrón. Es un parámetro que depende de la cantidad de sales disueltas, por tanto una medida indirecta de la salinidad. Para el acuario mediterráneo irá bien una salinidad del 37‰, igual a unos 1027 g/L a 25°C.

Es una buena regla utilizar agua de ósmosis para la preparación del agua sintética, ya que evita los elementos potencialmente perjudiciales para el acuario que podríamos aportar con agua potable, incluso dentro de los límites legales para el consumo humano. Por ejemplo el límite de los nitratos para el agua potable es de 50 mg/L, valor que en el acuario se considera preocupante.

La sal se vierte en el agua mantenida en constante y enérgico movimiento para impedir la precipitación de los carbonatos. A continuación debe reposar durante varias horas (de 4 a 12), con un oxigenador o una bomba de circulación encendida, antes de introducir arena viva o roca viva: la solución recién preparada tiene un pH elevado y no ha alcanzado aún el equilibrio iónico y gaseoso.

11.2. LAS ROCAS

La primera distinción necesaria para nosotros acuariófilos es entre **roca viva** y **roca muerta**. Por roca viva se entiende rocas extraídas del mar con todo su cargamento de incrustaciones animales y vegetales, por roca muerta se entiende cualquier piedra o fragmento de piedra de distintos orígenes pero sin incrustaciones orgánicas marinas vivas.

11.2.1. La roca viva

En el Mediterráneo la roca viva está formada por aglomeraciones de algas incrustantes, bivalvos, gasterópodos incrustantes, gusanos tubícolas, crustáceos sésiles, etc... Se encuentran sobretodo en nuestros mares más cálidos (*Ndt: mares italianos*), desde la Toscana hacia el sur, y son poco frecuentes en el mar Ligur a poca profundidad. Son ligeras y porosas, con muchas cavidades, y son ricas en fauna prácticamente en todo el volumen de la roca. A veces constituyen capas de concreciones a menudo de varias decenas de centímetros sobre las rocas o también en las proximidades de alguna mata de Posidonia.

Otro tipo de roca viva más común está constituido por piedra normal o fragmentos de roca recubiertos de incrustaciones calcáreas (algas, anélidos, moluscos, etc...) con espesores variables entre menos de un milímetro hasta un centímetro como máximo. En este caso el núcleo de la piedra es macizo, no circula agua en su interior y el peso es elevado. A menudo sirven de base para colonias de algas de carácter típicamente estacional que se descomponen al cambiar las condiciones ambientales contaminando fuertemente el acuario. Además son sensibles a la presencia de organismos herbívoros como los erizos, que las pueden pelar hasta dejar la superficie de la roca desnuda.

11.2.1.1. Recolección y transporte

La recogida de roca del mar está teóricamente prohibida salvo "módicas cantidades" y está completamente prohibida con equipos de buceo autónomo (*Ndt: legislación italiana*).

Para el transporte existen dos escuelas: en seco y con agua. Según el primer sistema se extraen las rocas del agua, se meten en un contenedor herméticamente cerrado y se transportan tal cual. De la otra manera, se dejan en un amplio contenedor con agua suficiente como para recubrirlas, pudiendo utilizar además un difusor de aire. Indudablemente con el primer método se ahorra mucho peso, aunque los organismos más delicados no superan el tratamiento y mueren. El segundo método representa una faena pesada pero garantiza que todas las formas de vida presentes en la roca lleguen al acuario.



Roca viva mediterránea, biogénica

Transporte y almacenamiento



Creación del decorado

11.2.1.2. Precauciones

Cuando las rocas se recogen en invierno o primavera, con el agua aún muy fría, se observa una mortalidad rápida de toda la flora y de muchos animales incrustantes: las temperaturas superficiales en el mar oscilan entre 10 y 15 grados (en invierno y en un metro de agua incluso menos), y por muy gradual que sea la aclimatación al acuario, siempre habrá un salto de 4-5°C como mínimo, que resulta letal para muchas de las especies incrustantes.

11.2.2. La roca muerta

Para completar el decorado del acuario y eventualmente servir de soporte a las rocas vivas, es posible utilizar cualquier tipo de roca, aunque es siempre preferible usar roca calcárea: no sueltan contaminantes y son una fuente "tampón" para la química del agua. Conviene además usar rocas muy porosas, porque favorecen el establecimiento de colonias de bacterias y microfauna. Se pueden usar tanto concreciones organogénicas (aunque sean viejas) como caliza porosa; estos materiales se pueden fácilmente reducir de tamaño y trabajar con sierra para metales y con brocas de taladro comunes. Los bloques de caliza kárstica, disponibles en viveros, aunque tienen formas interesantes y abundantes cavidades marcadas, están formados por caliza maciza con porosidad nula a pesar de esas grandes cavidades. Tienen por tanto un peso específico parecido al del granito, y unas asperezas a veces peligrosas para la integridad de los cristales del acuario.

11.2.2.1. Preparación

Todas las calizas y rocas calcáreas más o menos erosionadas suelen contener impurezas de arcilla incorporadas durante las alteraciones que han sufrido; es necesario por tanto efectuar una limpieza cuidadosa dejando las piedras en remojo y limpiándolas con un cepillo y un chorro de agua bastante fuerte. En caso existir restos de raíces puede ser útil una inmersión en agua oxigenada al 40%, que oxida la materia orgánica y libera mecánicamente las partículas más finas. Un aclarado cuidadoso completará la limpieza. Para rocas más lisas y compactas un buen cepillado podrá ser suficiente.



Utilización de caliza inerte y progresiva colonización



11.3. FONDO

En el acuario mediterráneo el fondo es un componente fundamental porque permite un incremento importante de la biodiversidad, sobretodo de la microfauna; muchas especies viven fijadas al fondo, como las del género *Cerianthus* por ejemplo; el fondo constituye un ambiente complementario al de las rocas para la microfauna y es también una reserva de alimento para muchas de las especies que podemos tener en el acuario. Algunas tendencias de la acuariofilia tropical (eliminar los materiales del fondo porque un fondo de espesor mediano "produce" nitratos) permiten reproducir ciertos ecosistemas oligotróficos, como las crestas de los arrecifes, pero no se tendrán en cuenta para el acuario mediterráneo porque comportan una catastrófica reducción de la biodiversidad.

El espesor de la capa del fondo debe ser proporcional a su granulometría, es decir a la dimensión de las partículas que lo componen. En términos generales los espacios entre partículas gruesas (mayores de 2mm) son grandes y se llenan rápidamente de residuos orgánicos, conservando de este modo una fuente de contaminantes. Un fondo de arena gruesa

debe por tanto ser cuidadosamente evitado. Un fondo de partículas muy finas resulta prácticamente impermeable a la penetración de los residuos orgánicos, pero debe tener una población importante de gusanos y crustáceos para evitar la creación de zonas totalmente anóxicas. Si está bien equilibrado y de espesor suficiente, el fondo podrá contribuir a la desnitración.

Se debe recordar que cuando se usaban fondos de arena gruesa, primero se colocaban las rocas de base directamente sobre el cristal del fondo (mejor con una lámina de plexiglass entre los dos por seguridad) y después se añadía la arena gruesa o la grava. Con un fondo de arena fina de espesor adecuado se deberá colocar primero la arena y después se podrán situar las rocas directamente encima, estabilizándolas con una leve presión. Mejor todavía, se pueden construir soportes a base de tubos de PVC abundantemente agujereados de modo que las rocas no acaben por hundirse en la arena.

A la vista de las experiencias más recientes, definitivamente se preferirán fondos profundos de arena fina. Si la urna es suficientemente alta (sobre todo por estética), un fondo profundo ayudará a dar estabilidad al sistema.

11.3.1. Materiales

En general cualquier arena marina va bien, aunque se privilegiarán composiciones carbonatadas (que se pueden identificar porque se "fríen" con ácido clorhídrico) puesto que ayudan a mantener estables los valores del agua. Se debe evitar la arena de litoral oscura, porque puede contener grandes cantidades de metales pesados que no tienen ningún efecto en un ambiente abierto natural, pero tendrán efectos catastróficos sobre el ambiente cerrado del acuario. Una arena poligénica de color marrón claro no debería contener minerales perjudiciales en cantidades significativas. Si se usa una arena completamente o mayoritariamente silícea, cosa fácil en Italia dada la abundancia de zonas volcánicas, conviene adquirir arena coralina fina y mezclarla o utilizarla para las capas más profundas, debajo de la arena viva. Las conchas trituradas, si son "inmaduras" pueden constituir una fuente significativa de fosfatos; además el gran tamaño de las partículas constituye una trampa para la suciedad; es por tanto mejor evitar totalmente su utilización.

Para la fauna endobionte es sustancialmente indiferente la composición mineralógica de la arena; fondos profundos (DSB) formados enteramente por arena de cuarzo finísima, utilizados en acuarios tropicales de agua dulce, funcionan muy bien: la composición mineralógica (entendida como presencia mayor o menor de carbonatos) no es por tanto un problema significativo, excepto en las arenas oscuras, como se ha indicado. Por consiguiente, un fondo cualquiera de arena fina de cuarzo, calcárea o aragonítica irá bien, y deberá ser inoculada con arena viva procedente del mar.

11.3.2. Recolección y transporte

La recogida de arena natural está prohibida salvo para "cantidades módicas", no estando mejor especificado en la legislación vigente (*Ndt: legislación italiana*). En la práctica es muy poco probable que nadie diga nada si nos ve recoger un saco de arena en el agua.

La arena se recoge en zonas de poca profundidad (50 cm-1 m) en lugares donde no exista acumulación de residuos (por ejemplo hojas de Posidonia muertas, etc...) y sin escarbar demasiado, como máximo 10-20 cm bajo la superficie del fondo. Sobre todo en el caso de las

arenas más finas se pueden encontrar a mayor profundidad acumulaciones de materia orgánica (evidenciadas por un color gris oscuro y negro) potencialmente peligrosa para el acuario. La arena viva se debe transportar al fresco, en contenedores amplios (cubos, bidones, cajas de poliestireno) en capas no demasiado gruesas mantenidas constantemente recubiertas por un mínimo de 10 cm de agua. Es bueno remover la arena de cuando en cuando, con delicadeza. Pueden parecer precauciones exageradas, pero siempre hay que tener presentes los posibles atascos en la autopista de vuelta a casa si no se tiene la suerte de vivir cerca del mar...

Con un acuario grande el volumen necesario para crear un fondo de espesor razonable puede ser elevado; en este caso es aconsejable por comodidad recurrir a arena estéril, a ser posible calcárea, al menos para la base. Es una buena norma para las capas más profundas utilizar arena aragonítica (son arenas oolíticas, provenientes principalmente de las Bahamas, vendidas para los acuarios marinos tropicales) que se disuelve fácilmente en ambiente ácido. Por encima se dispone una capa de arena viva recogida directamente en el mar.

12. LA PUESTA EN MARCHA

Después de haber adquirido urna, accesorios técnicos, arena, rocas y agua se puede proceder a la puesta en marcha. En esta primera fase no introduciremos ningún habitante porque el acuario debe madurar lentamente. Sólo si iniciamos el acuario con agua natural, arena viva y roca viva podremos tener algunos organismos resistentes en número muy reducido (un par de gambas *Palaemon*, un tomate de mar *Actinia equina*, por ejemplo). Si por el contrario iniciamos el acuario con arena "muerta" y agua artificial, la introducción de estos primeros organismos deberá ser retrasada a la espera de que se establezca la flora bacteriana.

Los preparados bacterianos ayudan ciertamente en el proceso, pero por mucho que diga la publicidad no permiten realmente la maduración del acuario en pocos días. En general, 10-15 días como mínimo son necesarios. Será conveniente utilizar probióticos adecuados para uso en agua marina, porque no todas las cepas bacterianas viven en los mismos ambientes.

12.1. PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA "CLÁSICO" CON FILTRO BIOLÓGICO

En primer lugar se vierte en la urna un palmo de agua y se añade la arena distribuyéndola con cuidado, tamizándola si es natural para retirar hojas de posidonia y restos gruesos. A continuación se posicionan las rocas y, utilizando un recipiente para amortiguar el flujo directo, se rellena la urna con el agua natural. Después se enciende la bomba del filtro, previamente instalado con sus materiales en el orden correcto, y se dejan sedimentar las partículas. Eventualmente se puede utilizar un "filtro botella", realizado con una bomba en el fondo de una botella de plástico cortada y rellena de lana de perlón, con un poco de tubo que sobresale.

Después de una noche se pueden encender las luces y el espumador. El consejo de esperar para encender las luces es válido sólo si no hay algas sobre las rocas vivas. Si por el contrario están presentes, es mucho mejor proporcionar enseguida la iluminación adecuada. La introducción de una dosis de bacterias puede ser útil para acelerar un poco el proceso de estabilización del filtro, pero no es estrictamente necesario... si se está dispuesto a esperar unas cuantas semanas para la maduración del acuario.

La fase de maduración es muy importante y debe durar un cierto período. En esta fase se desarrollan las colonias de bacterias que transforman el amoníaco derivado de la actividad

biológica en sustancias menos peligrosas (nitritos y, posteriormente nitratos). El proceso de maduración puede ser vigilado fácilmente, midiendo diariamente las concentraciones de amoníaco, nitritos y nitratos. Se notará un primer pico de amoníaco, generalmente al segundo o tercer día. Después vendrá un pico de nitritos, normalmente después de una semana. Cuando estos disminuyan (generalmente después de 10-15 días), se notará que comienzan a aumentar los nitratos. Es el momento de introducir los primeros organismos. En acuarios dotados de filtro biológico parcialmente anaeróbico (filtros de nueva generación), se notará que el pico de nitritos aumenta en las semanas siguientes hasta 20-25 ppm, para luego estabilizarse entre 8 y 12 ppm. Se han activado los procesos de desnitrificación y el acuario se ha estabilizado definitivamente.

Si hemos puesto en marcha el acuario con agua, rocas y fondo recogidos en el mar difícilmente observaremos una sucesión de colonizaciones por parte de diatomeas y algas verdes: se podrán desarrollar eventualmente cianobacterias, con el aspecto de placas pardos-rosadas, violáceas o verdosas, hasta la estabilización de las condiciones del acuario. En un acuario puesto en marcha con arena estéril, agua sintética y rocas muertas habrá una primera colonización de diatomeas, con aspecto de placas verde parduscas, similar a polvo cuando se remueve, seguida de algas verdes. La introducción de caracolas herbívoras ayudará a mantenerlas bajo control hasta la estabilización de las condiciones.

12.2. PUESTA EN MARCHA DEL ESTILO "BERLINÉS"

Si se inicia un berlinés con poca arena y roca viva se procede exactamente como para un acuario tradicional, con la advertencia, si se utiliza un sump, de calcular el volumen de agua que requiere también el sump o que requerirá el espumador externo. La circulación del agua debe ser intensa. Se debe prever un fondo de espesor reducido fácilmente sifonable; a continuación se encienden los espumadores, que no producirán espuma durante cierto tiempo si hay poca materia orgánica. Conviene en cualquier caso encenderlos pronto. Durante un tiempo deberemos tener bajo control la regulación del aire y del nivel del agua para asegurarse de que sean óptimos. Manteniendo un acuario con este método es muy importante sustituir al menos un 15% del agua cada 30 días, sifonar el fondo a menudo, no exagerar con la cantidad de alimentos y no sobrevalorar el acuario.

12.3. PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DSB

En primer lugar colocaremos, si los hemos preparado, los soportes para las rocas, al menos los principales; después echaremos en la urna unos 20 cm de agua. Si hubiéramos previsto por comodidad una capa de arena "muerta", calcárea, silíceo o la mezcla que sea, eventualmente mezclada con aragonita (arena oolítica tropical), la colocaremos primero y la recubriremos por la capa de arena viva. Un tamiz, como los de playa, será muy útil para distribuir uniformemente la arena y retener las impurezas más gruesas; gusanos o crustáceos eventualmente recuperados podrán ser liberados cuando se presente el momento.

El espesor del fondo en este sistema debe estar entre 12 y 15 cm. Las rocas descansarán sobre la arena presionándolas delicadamente para asentarlas, o se apoyarán sobre los soportes, después se añade el agua con mucha delicadeza. Cuando la urna está llena se pueden encender las bombas, el espumador y eventualmente un filtro botella, que no está de más para limpiar rápidamente el agua de partículas en suspensión; una vez que el agua esté límpida habrá que "aventar" los sedimentos eventualmente depositados sobre las rocas con el

chorro de una pequeña bomba, operación que es mejor realizar con el filtro botella funcionando. También aquí será útil añadir productos a base de bacterias.

El DSB requiere un tiempo largo de maduración: después de un período de tiempo variable de entre uno y tres meses se empezará a observar una estratificación del fondo, con zonas oscuras en las que se forman burbujas de gas: se trata de nitrógeno, y esta evolución es totalmente natural. A veces será necesario más tiempo, existen casos documentados en los que la fase de maduración ha necesitado casi ocho meses.

Antes de poder introducir la carga máxima de habitantes prevista se deberá esperar entre seis meses y un año; como contrapartida de esta maduración tan larga se tendrá la ventaja de un mejor control de los nitratos. Siendo puntillosos podemos controlar los fosfatos hasta el inicio del período en el que se comienza a poblar más densamente el acuario por medio de un pequeño filtro de resina: como ya se ha dicho, es mucho mejor poca cambiada cada mes que mucha cambiada rara vez.

13. LA CIRCULACIÓN DEL AGUA

La circulación del agua en el interior del acuario es fundamental, porque debe permitir el intercambio gaseoso en la superficie a todo el volumen de agua. Las bombas aspiran agua de las zonas más tranquilas y la mandan hacia la superficie. En general es aconsejable que exista un flujo que se inicie a la salida del filtro principal (biológico, espumador, salida del sump) y dé la vuelta al acuario antes de llegar a la toma de agua que alimenta la filtración o el sump. El flujo diseñado de esta forma puede dejar algunas zonas muertas incluso con la corriente principal orientada correctamente, en cuyo caso basta una pequeña bomba secundaria para eliminarlas.

También la forma de la urna influye notablemente. En una urna bien diseñada bastará una pequeña bomba para producir un importante movimiento; en urnas demasiado estrechas y largas serán necesarias bombas y difusores para generar corrientes suficientes. En cualquier caso conviene observar la naturaleza e intentar implantar los distintos organismos sésiles en zonas caracterizadas por hidrodinamismos similares a los que encuentran en su hábitat natural. Si queremos ser precisos, para tener un elemento de comparación, se puede medir el tiempo necesario para que una pluma recorra 50 cm lineales, en la naturaleza y en el acuario. De gran utilidad pueden resultar las bombas tipo "stream", que mueven grandes volúmenes de agua a baja velocidad: cuentan con álabes más próximos a una hélice que a un molino, caso de las bombas centrífugas normales. Tradicionalmente muy caras, se están empezando a ver modelos más asequibles.

Los sistemas muy sofisticados no son interesantes para un acuario sencillo; por otra parte las corrientes representan un elemento ambiental fundamental para todos los organismos mediterráneos, que también en la naturaleza se distribuyen en función de las corrientes dominantes en sus distintos biotopos. Por tanto, los sistemas de bombas que simulan el movimiento de las olas pueden ser de gran utilidad en el acuario marino mediterráneo. Inducen por ejemplo una oscilación de las algas en dos dimensiones, permitiendo que la luz alcance los costados. De este modo se aumenta la producción (y se obtienen por tanto mejores resultados en la absorción de compuestos contaminantes). Están disponibles en el comercio sistemas eficaces y muy caros, sistemas eficaces aunque delicados y dispositivos muy sencillos y económicos que, aplicados a una simple bomba centrífuga, permiten obtener este resultado; un cambio periódico del flujo garantiza además una mejor distribución de los nutrientes, limpieza del sedimento, etc...

Si nos inclinamos por esta solución, sobre todo si la urna no es grande, se pueden adoptar dispositivos que producen un flujo oscilante o de algún modo variable: sin duda aportará beneficios ya sea a algunos invertebrados sésiles o a las praderas de *Caulerpa prolifera*. Por desgracia, estos dispositivos se resienten mucho de las incrustaciones, requiriendo un mantenimiento regular y su vida útil no es muy larga: además fuerzan la bomba ofreciendo resistencia al flujo de salida y reducen la intensidad.

14. ILUMINACIÓN

En el acuario mediterráneo no existen animales particularmente exigentes respecto a la falta de luz; al contrario muchos habitantes habituales son esciáfilos, es decir prefieren zonas de sombra.

Una luz intensa sólo es necesaria para el cultivo de algunas algas y de las fanerógamas marinas (que sin embargo podemos considerar no cultivables en un acuario doméstico común). A grosso modo se puede decir que las Caulerpas (*C.prolifera*, *C.racemosa* y *C.taxifolia*) viven bien a partir de 0,2 W/L, así como algunas algas calcáreas de sombra. Las Caulerpas se vuelven "explosivas" en torno a 0,4 W/L. Para cultivar fanerógamas se requieren iluminaciones medias, unos 0,5-0,6 W/L como mínimo. *Cymodocea* y *Zostera* viven mejor bajo irradiaciones medias, no excesivas en cuyo caso se recubren de algas; la Posidonia por ejemplo necesita una iluminación mucho menor que las Caulerpas. Algunas algas, como *Codium sp.*, viven muchos años en acuarios si se colocan en zonas de sombra total (virtualmente en ausencia de luz) y lo mismo se aplica a muchas coralináceas, *Udotea*, etc... que se descomponen rápidamente si la luz es excesiva. Como norma general podemos arriesgarnos a afirmar que gran parte de los fracasos con las algas en el acuario marino mediterráneo se debe a... demasiada luz y corriente turbulenta insuficiente.

El valor expresado en W/L (vatios por litro) sin más es sin embargo poco significativo, puesto que cada tipo de lámpara produce un "cono luminoso" en cuyo centro se encuentra la mayor intensidad, reduciéndose significativamente en los laterales; también la profundidad del agua juega un papel importante, puesto que 40 cm de columna de agua reducen la luz incidente a menos de la mitad. Además se debe considerar la transparencia, el espectro emitido, etc...

La potencia en vatios no es el único parámetro que define una lámpara. Las lámparas del comercio se definen también por su temperatura de color, expresada en grados Kelvin (°K). Una luz con temperatura de color baja (4.500-6.000°K) tiende a ser amarillenta o verdosa; si la temperatura de color es de 10.000°K la luz se vuelve de un blanco más frío; temperaturas de color más elevadas (18.000°K) son propias de lámparas con emisiones más azules y violetas. Las temperaturas de color más bajas parecen favorecer las algas unicelulares respecto a las macroalgas.

En general la combinación considerada más idónea para un acuario sin exigencias particulares es la de una luz de 10.000°K asociada con una luz de 18.000°K o incluso, en caso de querer reproducir un ambiente más profundo, de 20.000°K (luz azul). El uso de lámparas actínicas (azul) en las urnas más altas favorece la penetración profunda de una adecuada cantidad de luz.

Los tipos de lámparas más comunes son los siguientes:

- Tubos T8
- Tubos T5
- Tubos PL y "compactos"
- HQI

Tubos T8: son los más comunes, difundidos y económicos. La potencia emitida depende de la longitud. Existen de todas las temperaturas de color; requieren un reflector alargado y un dispositivo de encendido que puede ser tradicional o electrónico. Normalmente se encuentran insertados en la tapa del acuario. La duración de la lámpara, antes de que pierda sus características, es como máximo de 8-10 meses, después de lo cual se sustituye. La duración es mayor y el espectro original se conserva mejor si se alimenta con un grupo de encendido electrónico, que además no calienta (ventajoso en el acuario mediterráneo).

Tubos T5: similares a los T8, pero con un diámetro bastante inferior. La potencia emitida por unidad de longitud es superior, pero presentan el inconveniente de calentarse más; la diferencia de precio se ha ido reduciendo. Existen de todas las temperaturas de color; requieren un reflector alargado y un dispositivo de encendido que sólo puede ser electrónico. Se deben sustituir cada 8-9 meses como máximo para garantizar sus prestaciones.

Tubos PL y "compactos": siguen siendo lámparas de neón, constituidas por tubos largos y ligeramente curvados. Tienen una emisión luminosa más potente respecto a los T8 y la ventaja de ocupar poco espacio. Existen diferentes tipos de soportes y conexiones. Pueden funcionar con interruptores normales o electrónicos. La gama de temperatura de color propuestas no es muy amplia pero existen también productos específicos para acuario.

HQI: lámparas halógenas de vapores metálicos, son potentes lámparas de origen industrial fabricadas en gamas de 70, 150, 200, 400 y 1000 W, con una gama completa de temperaturas de color. Muy caras y caracterizadas por una luz "penetrante", necesitan una pantalla específica y un grupo de encendido electrónico; muchas de estas lámparas necesitan además de cristales de protección anti-UV, ya que producen ultravioletas nocivos para los animales y para la vista.

Pantalla externa, una alternativa para urnas abiertas



15. TEMPERATURA Y SALINIDAD

La temperatura y la salinidad son los principales parámetros físicos que caracterizan el agua marina.

15.1. TEMPERATURA

La temperatura se mide habitualmente a través de un termómetro de vidrio relleno con alcohol, que se deja inmerso en el acuario. Los termómetros de cristal líquido colocados al exterior de la urna son bastante cómodos pero menos precisos; también se pueden usar termómetros digitales a condición de que lleven la sonda revestida de material plástico anticorrosión. Un buen termómetro de mercurio sigue siendo el instrumento más fiable para esta medida. Incluso teniendo un refrigerador con termostato digital, que indicará constantemente la temperatura, es bueno mantener un termómetro de control en el acuario (eventualmente incluso en el densímetro).

La temperatura a la que se debe mantener un acuario mediterráneo depende del biotopo que se quiere reproducir.

En un acuario de poza de marea o de los primeros metros, no refrigerado, la temperatura podrá oscilar entre 16-20°C en invierno y un máximo de 27-28°C. Es cierto que en la naturaleza las temperaturas estivales pueden superar ampliamente los 30°C, pero existe siempre una constante renovación del agua, que en el mar está bien oxigenada. En el ambiente restringido del acuario por el contrario, habitualmente demasiado rico en materia orgánica y por tanto más fácilmente falto de oxígeno, es siempre mejor intentar limitar el aumento de la temperatura. En la naturaleza la temperatura sub-superficial en invierno también desciende muy por debajo de los 13°C; como se trata de temperaturas más frías que las de nuestro hogar, podemos dejarla descender tranquilamente en el acuario, al menos hasta unos 13-14°C. Lo importante es que no hayan oscilaciones diarias superiores a 1-2°C; si superamos este límite tendrán lugar fenómenos de stress que provocarán parasitosis y manifestaciones patógenas en los peces.

Para un acuario de rocas sumergidas, que represente una profundidad de hasta 30-40m, la temperatura puede mantenerse entre los 14-15°C en invierno y 22°C en verano siempre y cuando no estén presentes organismos muy delicados (por ejemplo muchos plumeros pierden su penacho a partir de los 22-23°C); la variación de temperatura, que simula un ciclo estacional, puede también ser limitada entre los 19°C y 22°C; así mismo es posible mantener una temperatura constante de unos 18°C; no se ha demostrado, pero algunos consideran mejor para el metabolismo de los animales someterlos a un período frío.

Un acuario que representa un biotopo coralígeno, profundo o de cueva deberá por el contrario mantener una temperatura baja y estable a 18°C.

En los últimos dos casos es evidente la necesidad de un refrigerador.

15.1.1. El control de la temperatura

Un acuario cuya temperatura debe ser controlada deberá estar provisto de refrigerador. Para algunos biotopos (poza de marea, rocas superficiales) es posible mantener un acuario sin este accesorio; sin embargo en los períodos más cálidos se evidenciarán signos de "sufrimiento" en los animales y en el aspecto general del acuario, sobre todo si se trata de una urna cerrada en un piso sin aire acondicionado; durante algunos veranos no son raros casos de temperaturas ambientales por encima de 40°C; es inútil decir que casi ningún animal mediterráneo puede sobrevivir a temperaturas tan elevadas, con la excepción de una treintena de especies típicas del supralitoral.

Cuanto más poblado y contaminado esté el acuario más perjudiciales para los habitantes resultarán las altas temperaturas. Podemos considerar los 30°C como la temperatura máxima que puede ser tolerada por los animales, aunque sólo por breves períodos; se ha dado el caso de temperaturas más altas, posiblemente soportables por las óptimas condiciones de los acuarios; en la naturaleza un tomate de mar puede estar expuesto incluso a temperaturas superiores, pero se encuentra en condiciones óptimas; en un acuario, si las condiciones no son perfectas, ciertas temperaturas pueden significar un estado de sufrimiento para los animales equivalente a maltrato como tal.

Para superar los momentos de crisis es necesario adoptar algunas precauciones:

- Suministrar aireación adicional con uno o más difusores
- Aumentar el fotoperíodo para mejorar la relación de oxidación
- Mantener la tapa del acuario abierta para facilitar la evaporación
- Reducir la densidad
- Reducir drásticamente la cantidad de alimento
- Cuidar la limpieza del fondo y del prefiltro mecánico

Siempre es una buena regla alejar las lámparas, que calientan sensiblemente el acuario. Si la temperatura sigue aumentando, se deberá instalar una ventilación forzada sobre la superficie del acuario que induzca una disminución de la temperatura del agua por evaporación. Utilizando ventiladores de PC o ventiladores tangenciales en acuarios de hasta 100 L se ha podido bajar la temperatura hasta 7°C respecto al aire ambiente, aunque perdiendo casi 5 litros de agua al día por evaporación. Esto implica la presencia de un osmoregulador automático para reponer con agua de ósmosis las pérdidas provocadas por la evaporación forzada. Una reposición manual por la tarde provocaría variaciones de salinidad excesivas para todos los animales presentes.

Teniendo en cuenta que actualmente se encuentran en el comercio refrigeradores que cuestan menos que los cristales de una buena urna comercial, y que existe un mercado de segunda mano (con un buen mantenimiento, un refrigerador puede funcionar durante 20 años) es muy aconsejable prever su adquisición: aumenta enormemente la variedad de posibles habitantes para el acuario y sobretodo elimina la preocupación de una temperatura demasiado alta, liberando nuestra concentración para aspectos más complejos que rigen el buen funcionamiento del acuario.

15.2. SALINIDAD

La salinidad media en el Mediterráneo se encuentra entre el 36‰ y el 38 ‰, es decir 36-38 gramos de sales por litro de agua, dependiendo del balance entre velocidad de evaporación y pluviosidad. La salinidad influye sobre otras propiedades del agua, como la densidad (y por tanto el peso específico) y la conductividad. Estas propiedades se utilizan para las medidas indirectas de la salinidad por medio de varios instrumentos.

En el método más común, la densidad (correlacionada con la salinidad) se mide con un instrumento sencillo que es el densímetro de inmersión, constituido por un tubo de vidrio con una escala graduada y un termómetro incorporado. Los más sensibles, de laboratorio, requieren la utilización de un tubo auxiliar muy largo porque son más altos; esta precaución también es útil para los densímetros comerciales, puesto que el movimiento del agua en el acuario perturba el instrumento falseando la lectura.

Los densímetros están calibrados para trabajar a una temperatura determinada, que deberá siempre estar indicada, y dan generalmente el peso específico, es decir la relación entre la densidad del agua medida y la densidad del agua pura a 4°C. Normalmente los densímetros están calibrados a 25°C, pero también existen algunos dedicados al Mediterráneo, calibrados a 19°C. En cualquier caso se debe transformar la lectura mediante las tablas de conversión: la diferencia de salinidad entre un agua a 18°C y una a 22°C, con la misma densidad, puede ser importante y mortal para algunos organismos. Peces e invertebrados son sensibles a la salinidad, no a la densidad. Por tanto la medida sirve únicamente para garantizar que nuestra agua tenga una salinidad correcta (en torno al 37 por mil): no se trata de una medida absoluta.

Los densímetros de aguja (recipientes de plástico con una aguja que gira) no son fiables por norma general y es mejor no utilizarlos.

La salinidad también se puede medir de forma precisa mediante otras medidas físicas relacionadas, por ejemplo con un **refractómetro**: instrumento óptico de precio asequible hoy en día que se basa en la propiedad de refracción de la luz; la salinidad y la densidad se leen directamente en la escala graduada; es importante que el refractómetro esté provisto de compensación automática de temperatura. Dado su precio asequible es uno de los accesorios más aconsejables para el que empieza a mantener un acuario marino.

Alternativamente la salinidad puede medirse con un conductímetro, puesto que la conductividad es directamente proporcional a la cantidad de sales disueltas y a la temperatura. En este caso sin embargo es necesario recurrir a complejas tablas de conversión, dada la notable influencia de la temperatura sobre la conductividad eléctrica. Además, los instrumentos poco precisos (es decir, no extremadamente caros) proporcionan resultados inestables que pueden comportar importantes riesgos. En muchos casos es mejor fiarse de medidas físicas "robustas" más sencillas, como la densidad o la refractometría.

En cualquier caso un conductímetro de agua marina debe permitir una medida en el rango del milisiemens por centímetro (mS/cm), que no debe confundirse con aquellos en el rango de microsiemens por cm (μ S/cm) utilizados en agua dulce.

16. PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA Y SU CONTROL

La medida y vigilancia (=control periódico) de los principales valores químicos y físicos del acuario nos dan una visión inmediata de su estado de salud basada en parámetros suficientemente objetivos y no subjetivos. Representan por tanto el único método para evaluar el estado de maduración del acuario y la calidad global de nuestro pequeño ecosistema, que es un sistema en delicado equilibrio dinámico: los parámetros se intentan mantener constantes durante reacciones químicas y procesos biológicos continuos. Se trata por tanto de una realidad muy compleja, que para ser descrita con todo detalle requeriría un laboratorio químico especializado con un equipo de decenas de miles de euros. Por suerte existen algunos parámetros indicativos que son una especie de resumen de las condiciones complejas del sistema; se pueden medir simplemente con kits colorimétricos, relativamente económicos:

- Temperatura
- Salinidad
- pH
- KH
- NO_2^- (nitritos)
- NO_3^- (nitratos)
- NH_4 (amoníaco)
- PO_4^{3-} (fosfatos)
- Silicatos
- Potencial redox

Otras medidas, como la del oxígeno disuelto, son más complejas; por otra parte el oxígeno disuelto puede encontrarse en las tablas en función de la salinidad y de la temperatura, con buena aproximación si se consigue mantener siempre el agua saturada (buena circulación de agua, espumador, etc...).

Un punto fundamental a tener presente es que los tests utilizados no tienen la precisión de un laboratorio químico, y no hay que preocuparse por pocas unidades o décimas de unidad de diferencia respecto a los valores aconsejados. Es mucho mejor un valor ligeramente distinto del óptimo (por ejemplo un pH de 8,3 en vez de 8,4) pero constante, que no imponer variaciones continuas para obtener un valor considerado óptimo pero inestable dadas las condiciones de nuestro acuario.

Por otro lado, cada valor tiene su propio límite de sensibilidad. Por ejemplo, una variación de pH de 8,4 (pH correcto) a 8,2 (demasiado ácido para muchos invertebrados y síntoma de un exceso de producción de anhídrido carbónico) comporta un incremento de varias veces la cantidad de iones hidrógeno presentes. Por el contrario, una concentración de nitratos que pasa de 12 ppm a 15 ppm no tiene ninguna influencia, una concentración de fosfatos apenas detectable tiene una gran influencia, etc... Es importante tener presente cuál es el intervalo de sensibilidad para cada valor químico o electroquímico considerado.

16.1 PH

El pH es uno de los parámetros principales y define el grado de acidez de una solución, aunque esto nos interese poco; es más importante saber que este parámetro define fundamentalmente qué tipo de reacciones químicas pueden tener lugar en nuestra solución.

Una solución con pH 7 es neutra. Una solución con pH inferior a 7 es ácida, y mantiene la mayor parte de los carbonatos disueltos; un valor de pH superior a 7 indicará una solución básica. El agua de mar presenta un valor medio de 8,4 que será nuestro valor de referencia; valores ligeramente más altos o más bajos (8,5 - 8,3) no serán preocupantes, siempre y cuando sean estables. En muchos acuarios que funcionan bien los tests registran valores de pH incluso entorno a 7,9 - 8,2 ; pueden ser aceptables mientras sean estables y no desciendan por debajo. Es un valor de pH en el que puede verse dificultada la deposición del carbonato de calcio. Forzarlo hacia arriba con la adición de tampón no es aconsejable, es mejor insistir en la oxigenación y controlar que el acuario no esté superpoblado o excesivamente alimentado.

El pH, único parámetro que era vigilado en el pasado (los primeros tests para nitratos llegaron al mercado sólo a finales de los 70!) es fácil de medir con papel de girasol o con un kit colorimétrico. Actualmente están a la venta pH-metros electrónicos bastante buenos a precios más que asequibles. Aquellos muy baratos sin embargo, incluso de marcas conocidas, pueden tener errores constantes de hasta 0,2 puntos y no están por tanto adaptados a nuestras necesidades.

16.2. KH Y ALCALINIDAD

Con el término KH se indica la dureza temporal, también conocida como carbonática (del alemán *KarbonatHärte*: la escala alemana de dureza temporal es la más utilizada en el ámbito acuariófilo europeo), que representa la dureza del agua producida por las sales que precipitan como consecuencia de su ebullición. Se trata principalmente de carbonatos: los cloruros por el contrario, que contribuyen a definir la dureza total conocida también como GH, quedan en disolución incluso después de que se lleve el agua a ebullición. En el caso del agua marina interesa conocer en particular la dureza carbonática, puesto que la concentración total de sales se determina de modo más útil con la salinidad, dada la gran cantidad de cloruros presentes.

La dureza temporal está relacionada principalmente con sales que interactúan con el CO₂ (presente en el agua como ácido carbónico H₂CO₃) y que funcionan como tampón, determinando así tanto el pH como el equilibrio de los carbonatos. Basándose en esta propiedad se hace a menudo referencia a otro parámetro, la alcalinidad, que químicamente se define como la cantidad en mililitros de ácido clorhídrico puro necesaria para llevar 100 mL de solución a pH 4,2. Este parámetro, más fácil de encontrar en los ensayos científicos, está relacionado con la dureza temporal: dividiendo por 2,8 el valor de KH se obtiene el valor de la alcalinidad.

El KH medio del agua del mar Tirreno es próximo a 9. En el acuario el valor puede variar: baja gracias a la actividad biológica, y puede elevarse como consecuencia de los denominados tampones, sobretudo bicarbonatos. Un KH elevado mantiene un pH estable; en acuario es posible mantenerlo hasta valores de 11-12 sin consecuencias negativas. Normalmente si el KH disminuye por debajo de valores de 4-5 el pH tiende a desestabilizarse.

16.3. AMONÍACO – NH₄

La presencia de amoníaco se detecta muy frecuentemente en la fase inicial de puesta en marcha del acuario, cuando el ciclo de las bacterias nitrificantes está todavía en "rodaje"; se debe controlar también a cada vez que ocurre un incidente de funcionamiento en el filtro (por ejemplo corte de luz) y cuando se observan muertes repentinas. Conviene controlarlo al menos semanalmente, para no quedar desprovistos frente a un problema aparentemente insoluble. Se utilizan kits colorimétricos disponibles en el comercio. Su concentración debe ser imperceptible, es decir próxima a cero, incluso poco después de alimentar los habitantes (en general en caso de filtro defectuoso el peligroso pico se manifiesta 1-2 horas después de la alimentación).

16.4. NITRITOS – NO₂⁻

Son el primer producto de la transformación del amoníaco por parte de las bacterias nitrificantes. Se controlan diariamente en las primeras semanas de puesta en marcha, puntualmente en caso de problemas con el filtro o si se ha limpiado de forma excesivamente rigurosa, y en general semanalmente como mínimo. Se utilizan los kits colorimétricos del comercio. Normalmente deberán ser imperceptibles. Si se detectan concentraciones superiores a 1mg/L, sobretodo 1-2 horas después del suministro de alimento, se deberá controlar el funcionamiento del filtro (prefiltro mecánico, bomba, etc...), aditar bacterias, oxigenar, cambiar agua...

16.5. NITRATOS – NO₃⁻

Son el producto final del ciclo de oxidación llevado a cabo por las bacterias nitrificantes aerobias. Son los compuestos nitrogenados menos tóxicos de la serie, pero son un nutriente importante para las algas. Lo ideal sería tener nitratos próximos a 0 (imperceptibles), pero valores relativamente altos pueden ser tolerados por muchos invertebrados (aunque no por todos!) y valores muy altos son tolerados por los peces, que sin embargo se debilitan y sucumben a enfermedades y parásitos después de un cierto período de exposición. Para medirlos se utilizan los kits colorimétricos del comercio. Valores inferiores a 10-15 mg/L no son preocupantes, valores hasta 50 mg/L requieren ciertas medidas (reducción del alimento, control de la filtración, cambios de agua, etc...) y valores por encima de los 70-80 mg/L requieren medidas drásticas (resinas, cambios de agua importantes).

16.6. FOSFATOS – PO₄³⁻

Los fosfatos representan un problema insidioso, ya que incluso a concentraciones mínimas provocan un desarrollo explosivo de algas indeseables y contribuyen al empeoramiento global del ecosistema del acuario. El control se hace durante la puesta en marcha para tener un punto de referencia y se continúa en el tiempo porque los fosfatos son el clásico ejemplo de contaminante que se acumula progresivamente. Proviene esencialmente del alimento; en particular un aporte importante lo proporcionan las partes "duras" como escamas, tejidos óseos y cartílagos de pescado, conchas de moluscos, caparzones de crustáceos como las gambas, etc... Son muy abundantes en los alimentos baratos, con elevado porcentaje de grasas. La moderación y precisión en la cantidad de alimento suministrado ayudan por tanto a reducir algunos precursores.

Para la medición se usan kits colorimétricos del comercio, aunque no todos proporcionan datos realmente significativos (existen dos formas de fosfatos, de las cuales sólo una es un nutriente) y su medida es probablemente la más delicada de efectuar. Los valores ideales se acercan a 0, se pueden considerar valores compatibles en torno a 1-2 centésimas de miligramo por litro (0,01 mg/L). Valores de décimas de miligramo por litro (0,1-0,5 mg/L) ponen el acuario a merced de una explosión de algas.

16.7. SILICATOS – Si-SiO₂

El control de los silicatos no tiene mucho sentido si usamos sólo elementos calcáreos para el fondo y rocas y agua marina naturales. Por el contrario se debe efectuar al preparar agua sintética, para saber cuáles son las condiciones de partida de nuestra agua; además el control se deberá repetir en el caso de crecimiento persistente de diatomeas sobre las paredes y decoración. Las diatomeas tienen aspecto de placas de algas de consistencia parecida a la harina; siendo algas con tejidos constituidos de silicio, se desarrollan sobretodo cuando existe abundancia de silicatos en el agua.

16.8. POTENCIAL DE OXIDACIÓN-REDUCCION – REDOX

Es un parámetro electroquímico que permite cuantificar el poder oxidante o reductor del agua. La medida se efectúa con electrodos especiales, muy caros hasta hace poco, y se expresa en mV (milivoltios) en el ámbito de la acuariofilia. Como el potencial redox depende también de la temperatura y pH, puede venir indicado también como potencial RH, con una escala de 0 a 42: es una medida calculada a partir del potencial redox, temperatura y pH según

la fórmula:
$$RH = \frac{mV}{0,0992}(273,14 + T) + 2pH$$

Sin embargo en acuariofilia es más común el uso de la escala en mV, con un intervalo de lectura entre -999 y 999. Un potencial redox elevado denota buenas condiciones de oxidación, por tanto un ambiente bien oxigenado y habitualmente limpio. Los valores podrán oscilar "normalmente" entre 400 y 600 mV. Las sondas son particularmente delicadas y la lectura puede ser poco consistente; los sensores para control continuo sólo comienzan a proporcionar datos significativos a partir de dos o tres días de funcionamiento.

17. POBLANDO EL ACUARIO

Nuestro acuario, con su agua, fondo y roca viva, lleva funcionando dos a tres semanas como mínimo; si hemos utilizado agua completamente natural, arena y roca vivas ya contendrá probablemente algún *Palaemon* y una o dos actinias. De las rocas vivas habrán salido seguramente muchas criaturas pequeñas: moluscos gasterópodos, crustáceos, ofiuras. También la arena habrá revelado ya una población de pequeños gusanos, crustáceos, ofiuras y moluscos. Observando el acuario en la oscuridad, de noche, con ayuda de una pequeña linterna de haz concentrado, podremos ver todo un mundo, desconocido en su mayoría, que vive y sale al descubierto en la tranquilidad de la noche. La ausencia de peces hace que la mayor parte de estos pequeños seres vivan una vida tranquila, con una relación depredadores/presas baja. La introducción de peces supone indudablemente una disminución de la abundancia y diversidad de estas poblaciones, pero si las condiciones son buenas y el fondo es suficiente se implantarán comunidades duraderas.

Para la introducción de los habitantes más "importantes" se deberá seguir el proyecto que nos habremos propuesto, procediendo con paciencia y sin caer en la tentación de meter en el acuario todo lo que nos pasa por las manos. Por tanto la población debe efectuarse gradualmente, para permitir todas las adaptaciones necesarias al pequeño ecosistema.

Al poblar el acuario debe tenerse presente que la biomasa se subdivide entre vertebrados e invertebrados y, dentro de los invertebrados, un gran número resulta invisible (gusanos, crustáceos, equinodermos y moluscos que viven en la arena o en las rocas). Habitualmente se busca limitar el número de vertebrados, es decir de los peces, sin considerar los invertebrados, que sin embargo también traen problemas de alimentación y residuos producidos por el metabolismo.

Existen diversos factores que influyen en el número y dimensiones de los peces que es posible introducir. Por ejemplo el tipo de peces introducidos, si son buenos nadadores o no (por ejemplo el sargo es un buen nadador, un blénido o una escórpora no) o la cantidad de sustancias residuales producidas, que dependen del tamaño.

Una buena norma es no exagerar nunca y se ve fácilmente cuándo un pez se adapta al espacio disponible o cuándo entra en conflicto con el ambiente o los demás habitantes.

17.1. UN ACUARIO SENCILLO: POZA DE MAREA Y FONDO DURO FOTÓFILO

Este tipo de acuario es habitualmente el primero que pondrá en marcha un principiante, porque es posible poblarlo con las especies que se encuentran más comúnmente cerca de la superficie y puede ser mantenido sin refrigerador, siempre y cuando la temperatura no permanezca por encima de los 30°C demasiado tiempo. Una temperatura de 28°C debe considerarse el umbral crítico en el ambiente limitado y normalmente "contaminado" del acuario, por encima del cual sólo un buen nivel de oxigenación y de la calidad del agua pueden dar una cierta garantía de no transformar el acuario en una ciénaga de algas filamentosas y agua turbia.

Inicialmente la técnica podrá ser muy sencilla: filtro biológico interno, un par de tubos fluorescentes, una bomba adicional potente para la circulación, un espumador o al menos un difusor de aire con buen caudal. Para la decoración cualquier roca bien incrustada y un poco de arena (1 cm). De este modo el acuario, si se mantiene con moderación en la alimentación y regularidad en los cambios de agua, podrá durar 2-4 años sin empezar a tener serios problemas de nutrientes.

Casi todas las algas tienen una estacionalidad marcada y con un calor excesivo pasan a mejor vida, soltando cantidades enormes de contaminantes. Por tanto se deberán elegir con cuidado las rocas vivas recubiertas de algas, sin dejarse atraer por las bellísimas algas que viven en el primer metro de profundidad, que requerirán además luces potentes.

Los habitantes adaptados a este tipo de acuario deben ser listados y divididos por grupos en una tabla. Imágenes, características y exigencias de mantenimiento para cada especie pueden encontrarse en la sección SCHEDE del sitio www.aiam.info. Estas especies resisten bien incluso a temperaturas elevadas, siempre y cuando su metabolismo pueda tomarse un respiro en los meses invernales. En términos generales una temperatura alta se puede considerar prudentemente como un *incidente soportable* y no como una condición habitual de mantenimiento. Se debe por tanto recordar que para tener éxito se debe cuidar,

además de la resistencia de las especies introducidas, también la calidad del agua y la mejor oxigenación posible. Una lista de los habitantes posibles para este tipo de acuario se indica a continuación:

Especie

Incompatibilidad y causas

Crustáceos

Alpheus sp.
Athanas nitescens
Calcinus ornatus
Carcinus aestuarii
Clibanarius erythropus
Eriphia verrucosa
Liocarcinus arcuatus
Pachigrapsus marmoratus
Palaemon elegans
Palaemon serratus
Periclimenes scriptum

Dañan algas e invertebrados
Dañan algas e invertebrados

Equinodermos

Ophiotrix fragilis
Paracentrotus lividus
Psammechinus
Microtuberculatus

Come algas y pela las rocas

Celentéreos

Actinia cari
Actinia equina
Anemonia sulcata
Cereus pedunculatus

Peligrosa para los peces en acuarios pequeños

Moluscos

Berthella aurantiaca
Bittium sp
Bolinus brandaris
Gibbula sp
Jujubinus sp
Monodonta sp
Patella sp
Thais haemastoma
Trunculariopsis trunculus

Depreda *Actinia equina*
Depreda moluscos y a veces celentéreos
Depreda moluscos y a veces celentéreos
Depreda moluscos y a veces celentéreos

Peces

Blennius gattoruggine
Blennius sanfuinolentus
Chrenilabrus quinquemaculatus
Chromis chromis
Coris julis
Diplodus sp
Gobius sp
Mugil sp
Salaria pavo
Thalassoma pavo

Carnívoro y agresivo
Carnívoro y agresivo
Depreda crustáceos, se entierra
Depreda invertebrados y come *Caulerpa*
A veces agresivo
A veces agresivo
Depreda crustáceos y peces

Microfauna

Anfipodi
Gammaridi
Isopodi Aselloti
Lumbrineridi
Tricholia
Vermetidi

Algas

Caulerpa prolifera
Caulerpa racemosa
Caulerpa taxifolia
Halimeda tuna
Sargassum sp.

Para las especies entre las que se evidencia una incompatibilidad, se deberá elegir cuál de ellas se puede tener en el acuario.

17.2. COMPATIBILIDAD ENTRE LOS HABITANTES

Antes de introducir peces, moluscos y crustáceos deberemos informarnos un poco sobre las especies más comunes que se encuentran en nuestras inmersiones. Por ejemplo muchos lábridos, como el *Thalassoma Pavo*, son fáciles de mantener, pero los Palaemon, también fáciles, son sus presas preferidas en el acuario. Muchos grandes moluscos comunes e interesantes (*Bolinus brandaris*, *Trunculariopsis trunculus*, *Thais haemastoma*, etc...) son carnívoros, por tanto poco compatibles con otros moluscos y peces pequeños; *Anemonia sulcata* y peces en un acuario pequeño; estrellas de mar tipo *Astropecten* o *Marthaesterias* con todo tipo de moluscos e invertebrados sésiles; ermitaños con espirógrafos; cangrejos con casi todo; otros crustáceos idem. Por no hablar de depredadores específicos, como muchos nudibranquios cuyas especies se alimentan cada una de una especie distinta de esponja o hidrozoo; o el molusco *Calliostoma conulus*, muy bonito pero que se nutre sólo de hidrozoos... Estos animales especializados están destinados a morir de hambre en un acuario, y se deben por tanto dejar en el mar. En resumen, debemos leer un poco y documentarnos bien antes de llenar nuestro acuario!

17.3. PROCURÁNDOSE LOS HABITANTES

Se ha escrito mucho sobre las técnicas de pesca y recogida. Podemos recordar brevemente algunas prácticas habituales.

Los gasterópodos herbívoros más comunes se podrán recoger a mano fuera del agua o en los primeros 50 cm, así como los ermitaños. Lo mismo vale para las actinias (los rojos *tomates de mar*), que se encuentran fuera del agua durante la marea baja, habitualmente en zonas sombreadas de los escollos y obras portuarias

Las actinias, muy comunes y en algunas regiones objeto de pesca por ser comestibles, pueden extraerse delicadamente levantando gradualmente los bordes y despegando progresivamente el pie de la roca. El uso de espátulas de plástico con bordes redondeados, como las de las tiendas de manualidades para modelar la arcilla, puede facilitar la operación. El mismo procedimiento, en aguas superficiales, permite recoger anémonas (*Anemonia sulcata*), también extraídas con fines gastronómicos en algunas regiones. Se debe tener

cuidado que el pie no esté fijado en grietas inaccesibles, so pena de herir el animal. Para las anémonas será útil el uso de guantes finos de látex, para proteger las zonas más delicadas de la piel de las células urticantes.

Las gambas como las *Palaemon* se podrán pescar en el agua con redes de acuario o por medio de gamberos y salabres, también desde muelles y espigones donde son abundantes. A menudo se usan como cebo y los pescadores nos podrán seguramente dar informaciones sobre los lugares donde son más comunes.

Métodos análogos de pesca se podrán adoptar para todos los blénidos y tripterígidis, ayudándose eventualmente con algo de cebo, como carne de sardina o de mejillón por ejemplo, para atraerlos en la red. El uso de una red doble de acuario es uno de los mejores sistemas de pesca en apnea, aunque se requiere cierto grado de práctica. Con este método, usando eventualmente redes más grandes con un mango largo, se podrán capturar ejemplares de castañuela (*Chromis chromis*), doncella (*Coris julis*), pez verde (*Thalassoma pavo*), tordos, sargos, etc... Estos peces también se pueden pescar con caña según los métodos tradicionales, usando sin embargo anzuelos muy pequeños a los que habremos previamente limado la muerte y desanzuelando los peces con delicadeza. Para estos peces también pequeñas nasas de distintos tipos, incluso construidas con largas bolsas de plástico transparente, cumplirán su cometido.

Para el que no esté iniciado a la apnea siempre quedan los métodos de pesca con caña, nasas y... los pescadores, profesionales o deportivos. También las salidas organizadas por pescadores profesionales para turistas podrán ser buenas oportunidades de procurarse especies interesantes.

Grandes barreños o cubos serán cómodos para la selección, devolviendo al mar los animales no idóneos por su tamaño excesivo o por ser especies no previstas para nuestro acuario. Cubos más grandes o bidones de cuello alto, con capacidad mínima de una decena de litros, servirán para mantener momentáneamente a los animales en espera de la preparación para el transporte; también nasas o jaulas de malla fina serán perfectas para mantenerlas en el agua.

17.4. EL TRANSPORTE

El transporte deberá ser lo más rápido posible; en caso contrario debemos poder garantizar:

- Temperatura lo más constante posible, fresca
- Oxigenación adecuada

Existen varias posibilidades respecto a estas condiciones; siempre se deben mantener separados peces, invertebrados y rocas vivas para evitar contactos urticantes o envenenamientos por toxinas liberadas por el estrés.



***Preparación para un transporte largo:
bolsas llenas de oxígeno y cerradas***

***Transporte rápido en saco refrigerado;
eventualmente se puede utilizar un difusor
de aire de pilas.***



En casa deberemos haber previsto, al alcance de la mano, al menos una garrafa y algún contenedor plástico de emergencia, más algunas bolsas para una aclimatación correcta.

17.5. PECES

Podemos empezar a introducir los peces que habremos identificado como idóneos para nuestro acuario. Cualquiera que sea el método por el que los hemos capturado (red, anzuelo, nasa), los llevaremos rápidamente al acuario transportándolos en amplios contenedores termoaislados, con difusor de aire si el viaje es largo; alternativamente podrán ir metidos en bolsitas apropiadas, que se pueden pedir a un comerciante de confianza; se preferirán aquellas con la junta del fondo en forma de semicírculo, porque son más seguras respecto al riesgo de rotura.

En la bolsa se dejará un tercio de agua y dos tercios de aire, si el transporte es corto, o de oxígeno si el transporte es superior a la hora; cómodas aunque un poco costosas son las botellas disponibles en farmacia. Las bolsitas se colocarán en una bolsa térmica adecuada. Si se usa refrigeración (nevera de coche) se deberá controlar la temperatura interna con un termómetro. Si se utilizan cubitos de nevera, se envolverán en papel de periódico y se encerrarán en una bolsa de plástico de manera que enfríen suavemente; se debe intentar por tanto colocarlos encima de las bolsas, de forma que no entren nunca en contacto con el agua.

17.6. INVERTEBRADOS

Pueden ser transportados de la misma forma que los peces, en contenedores térmicos rígidos con poca agua o en bolsitas dentro de una bolsa térmica. Se debe tener en cuenta que algunos invertebrados, como las esponjas, no toleran la exposición al aire ni siquiera por pocos segundos; otros invertebrados, como algunas estrellas de mar, pueden sufrir fácilmente lesiones internas si se mantienen fuera del agua aunque sea por un instante; para evitar que “traguen” burbujas de agua será bueno meterlas en el acuario panza arriba: se darán la vuelta en pocos instantes expulsando el aire eventualmente ingerido. Las mismas precauciones valen para la mayor parte de los erizos de mar, los cuales además serán preferiblemente transportados en contenedores rígidos y no bolsas por motivos obvios...

Estos organismos que no pueden soportar emersiones temporales se transportarán con agua abundante en contenedores que no puedan volcarse (aunque esta precaución es válida en general). Otros invertebrados como celentéreos en general y los moluscos gasterópodos y bivalvos toleran bien emersiones temporales.

El hecho de que se tenga conocimiento de transportes realizados en malas condiciones pero con resultados positivos (por ejemplo estrellas de mar, erizos y esponjas extraídas del agua, etc...) no debe autorizar a repetirlos, ya que estos resultados positivos dependen de factores aleatorios, y los animales pueden haber conseguido superar una crisis y cicatrizar alguna herida. Pero por qué inflingirselas? Mejor atenerse escrupulosamente a aquellos que son reconocidos como los procedimientos más adecuados!

17.7. INTRODUCCIÓN EN EL ACUARIO: LA ACLIMATACIÓN

Aunque el acuario lleve varias semanas funcionando con agua natural, tanto invertebrados como peces necesitan de un mínimo período de adaptación para introducirse en él. Los animales (y posiblemente también las rocas con muchas incrustaciones) deberán ser sumergidos en sus bolsas dentro del acuario para equilibrar lentamente la temperatura; a continuación se debe añadir gradualmente agua del acuario hasta cuadruplicar el contenido inicial, y sólo entonces se pueden liberar los habitantes. El sistema ideal sería el que

introdujera el agua gota a gota, pero a veces puede no ser posible por la “logística” del acuario, tapa, luces, etc... Meter los animales en un cubo en el suelo y hacer gotear un tubo desde el acuario siempre comporta un calentamiento excesivo. En este caso es mejor añadir agua con una pequeña taza, un poquito cada 10 minutos. Puede parecer precauciones excesivas o pesadas, pero cuanto más lenta es la introducción menos padecerán los habitantes. Una introducción brusca, abriendo la bolsa y echando los peces al acuario, significa matarlos dentro de las 24 horas siguientes en la mayor parte de los casos.

Si los animales se han transportado en un bidón rígido, o en una bolsa refrigerada, se meterán en bolsitas con ayuda de una garrafa, sumergidos en el acuario y aclimatados exactamente como los animales transportados directamente en bolsitas.

Es mejor realizar estas operaciones con la luz apagada para que el ambiente sea menos estresante. Es aconsejable esperar al menos una noche antes de proporcionar alimento.

En resumen: si se llega a casa por la tarde después de una excursión al mar para recoger habitantes para el acuario, se deben prever todavía unas horas de trabajo para completar la introducción!

Aclimatación



18. EL MANTENIMIENTO

Un acuario puesto en marcha correctamente requiere pocos minutos de mantenimiento cada semana y alguna intervención cada mes. Un esquema posible, incluso concienzudo de más, sería el siguiente:

Cada día	<ul style="list-style-type: none">• Controlar rápidamente que todo funciona correctamente (bombas, luces, refrigerador)• Alimentar a los peces
Cada 2/3 días	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza del vaso colector y cuello del espumador• Alimentar a los invertebrados
Cada semana / 10 días	<ul style="list-style-type: none">• Enjuagar el prefiltro mecánico y/o la espuma de protección de las bombas• Medir los principales valores químico-físicos
Cada 2-4 semanas	<ul style="list-style-type: none">• Cambio de agua parcial 5-10% y sifonar el fondo• Podar las algas
Cada 1-2 meses	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza de bombas para mantener su eficacia
Cada 3-6 meses	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza del refrigerador, tanto interna como del polvo en el orificio de ventilación para facilitar el funcionamiento de los ventiladores
Cada 1-2 años	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de las membranas y del filtro de aspiración de los difusores de aire

18.1. LIMPIEZA DEL ESPUMADOR

El espumador produce espuma que se condensa dentro del colector en forma de líquido de colores que van desde el té claro al pardo oscuro. El colector puede tardar mucho tiempo en llenarse, pero es importante mantener limpio el cono de salida y el cuello del vaso colector.

Inicialmente, en un espumador limpio, la espuma no sale fácilmente; cuando la superficie se recubre de una leve capa “grasa” al tacto la salida se vuelve óptima; cuando la capa es excesiva, la salida se ve nuevamente dificultada. Esto ocurre normalmente cada 2-3 días durante el funcionamiento. Para la limpieza de partes extraíbles conviene utilizar agua tibia y papel de cocina; para la limpieza de las partes fijas será suficiente un paño o papel de cocina. Periódicamente, a intervalos de algunos meses según la suciedad e incrustaciones acumuladas, se deberá desmontar el espumador y limpiar cada una de sus partes.

En el caso de espumadores de difusor, el difusor de madera se deberá sustituir cada 4-6 semanas.

18.2. LIMPIEZA DEL FILTRO

Cada semana o 10 días, según la densidad de población en el acuario, de la presencia más o menos abundante de algas y de la cantidad de alimento, se deberá limpiar el prefiltro mecánico del filtro oxidante (biológico, percolador) y la espuma de protección de la aspiración de las bombas. Una vez al año conviene enjuagar el soporte biológico (espuma, canutillos o biobolas) en agua del acuario recién sacada para un cambio, para eliminar el sedimento de bacterias muertas. Sobre esta técnica no hay un acuerdo total, sin embargo se ha comprobado varias veces que estos sedimentos pueden ser una fuente de contaminación, sobre todo de fosfatos.

18.3. LOS CAMBIOS DE AGUA PARCIALES

Los cambios de agua parciales sirven para reducir los contaminantes y renovar los oligoelementos. Es preferible efectuar a menudo pequeños cambios de agua que cambiar grandes volúmenes a intervalos más largos, para evitar variaciones de las características químico-físicas. Es aconsejable cambiar el 5-10% cada 2-4 semanas, según el nivel de población del acuario, del tipo de filtro y de la cantidad de alimento suministrada. Aprovechando el cambio de agua es útil sifonar el fondo. Si durante el cambio de agua alguna bomba queda fuera del agua, se debe apagar preventivamente para no dañar sus componentes. La mejor agua para el cambio es la natural, recogida lejos de la costa en caso de zonas habitadas; se debe comprobar que no hay efluentes cercanos o manchas de carburante en la superficie. Si no se dispone de agua natural se puede utilizar sintética, previamente preparada con las sales adecuadas, controlando su densidad y dejándola reposar una noche.

18.4. LIMPIEZA DE LAS BOMBAS

La eficacia de las bombas va disminuyendo periódicamente, ya sea porque aspiran residuos o porque crece una capa bacteriana sobre las partes internas que perjudica su funcionamiento. Se deben entonces retirar del acuario (desenchufarlas primero!), abrir y limpiar en agua dulce tibia. Es aconsejable utilizar un cepillo con delicadeza y, cerca del rotor, bastoncillos de algodón para frotar suavemente incluso las partes más internas. Se debe llevar cuidado con la presencia de manguitos (normalmente tipo cojinetes de teflon) que soportan el eje de la turbina. No deben perderse y habrá que reinsertarlos en su sitio con delicadeza y precisión. Todas las operaciones de apertura y cierre de cajas se efectúan con decisión pero con cuidado, sobretodo controlando en el manual de instrucciones cuál es el modo de apertura: a veces basta un esfuerzo mínimo para romper un enganche de plástico del que no se ha tirado en el sentido correcto.

18.5. LIMPIEZA DEL REFRIGERADOR

Sedimentos y flóculos bacterianos de color pardo grisáceo se acumulan a buen ritmo incluso en el serpentín de intercambio térmico de los refrigeradores. Periódicamente, y cada vez que se nota una disminución en el flujo de salida estando la bomba limpia, se debe desconectar el refrigerador del acuario y limpiarlo. Para esta operación tendremos que seguir las instrucciones específicas de nuestro modelo.

En general, para la mayor parte de los modelos (si carecen de válvula antirretorno unidireccional, CUIDADO!) se seguirán las siguientes etapas: primero se colocará sobre el escurridor del fregadero de la cocina, o dentro de un barreño, y se le conectan dos tubos de

goma: uno conectado a un grifo de agua dulce, otro para la descarga. El tubo que viene del grifo se conecta a la salida del enfriador, el otro a la entrada: se obtiene así un flujo inverso dentro del intercambiador. No hay que asustarse por lo que sale, es normal. El agua se abre con decisión, aunque se debe comparar la presión máxima de funcionamiento del aparato con la presión de la red para no sobrepasarla y dañar el circuito. Cuando el chorro de salida no contenga más residuos, se invierten los tubos y se realiza una circulación en el sentido normal de operación; si también en esta situación sale alguna sustancia, repetir la operación inicial. Al final, vaciaremos el serpentín soplando en el tubo, pero sin inclinar el motor. Como cualquier compresor de frigorífico, si ha sido inclinado debe reposar un par de horas en posición vertical para que el aceite del circuito lubricante vuelva a su sitio. Sólo entonces es posible volverlo a encender, en caso contrario se dañaría el circuito. Esta operación, que se puede realizar en media hora, permite evitar obstrucciones, matener la eficiencia del refrigerador a un nivel óptimo y ahorrar así energía eléctrica.

Una precaución importante es no desconectar la bomba y el enfriador justo después de un ciclo de funcionamiento: si la velocidad de circulación del agua ya estaba reducida por causa de la suciedad, en algunos modelos puede ocurrir que la porquería se congele en contacto con el evaporador (serpentín frío).

Se debe además limpiar con una aspiradora las rejillas de ventilación y, si es necesario, el radiador interno y el ventilador; para esta operación también se pueden usar las botellas de aire comprimido vendidas para limpiar los teclados de ordenador.

19. ALIMENTACIÓN

Es una operación muy importante para la gestión de todo acuario. Teniendo cuidado de alimentar los peces e invertebrados de modo correcto, tanto por cantidad como por calidad, podremos garantizar mejor aspecto y salud para nuestros organismos. Una alimentación correcta refuerza el sistema inmunitario de los animales e incrementa los estímulos para la reproducción. Es muy importante crear un régimen alimentario lo más variado posible.

La alimentación de peces e invertebrados, para ser equilibrada, debe contener:

- proteínas
- hidratos de carbono
- lípidos
- vitaminas
- fibra

Es posible suministrar tanto productos naturales no específicos como alimentos específicos de producción industrial; estos últimos son más cómodos para su conservación y suministro.

19.1. ALIMENTOS SECOS INDUSTRIALES

En general podemos dividir en dos grandes categorías la comida para acuario del comercio:

Comida seca: incluye varias preparaciones

1) *Alimento seco en gránulos o “pellets”*: se presenta en gránulos o “pellets” (agregados regulares de mayores dimensiones) con varias formulaciones y tamaños; tienen una flotabilidad media, según el tipo, y una dosificación fácil.

2) *Alimento seco en copos*: es el más tradicional, pero resulta más contaminante que los gránulos; presenta una flotabilidad a veces excesiva

3) *Alimento seco en pastillas*: destinado a peces de fondo, también ideal para crustáceos y, desmenuzado, para invertebrados; contiene habitualmente altos porcentajes de alga spirulina.

Comida liofilizada: se trata de elementos enteros (artemias, dafnias, krill, plancton, etc... o también algas marinas) liofilizados. Son productos válidos por su aceptabilidad por parte de los peces y por sus características nutricionales; normalmente es mejor rehidratarlos con un poco de agua del acuario antes de dárselo a los animales.

19.2 ALIMENTOS CONGELADOS

Se trata de elementos enteros (artemias, dafnias, krill, plancton, etc...) congelados; se deben descongelar y enjuagar para eliminar el “caldo”, muy contaminante (con excepción del plancton, obviamente). Resultan mucho más apetecibles que los preparados secos, sobre todo para los peces capturados recientemente. A la comida congelada se le puede comparar la comida fresca conservada en gelatina, como por ejemplo las algas marinas.

19.3. ALIMENTOS FRESCOS

A los peces, crustáceos e invertebrados se les puede dar normalmente gambas peladas (atención: no utilizar los preparados congelados ya pelados), trocitos de tripas o carne de pescado, mejillón, almejas, etc... Es malo suministrar trozos de carne “terrestre” y huevos, pan y otros alimentos complejos. En presencia de herbívoros, incluso erizos, se pueden proporcionar espinacas, lechuga o rodajas de calabacín apenas cocido.

19.4. ALIMENTO VIVO

Fitoplancton, zooplancton, artemia salina y “gusanos” constituyen comida viva natural que es incluso posible criar en casa. Requiere un mínimo de práctica y de tiempo para dedicarle. Existen en la red numerosos artículos al respecto. Una urna sin depredadores con un fondo rico podrá servir para la cría de cebo vivo (pequeños crustáceos, anélidos, etc...).

19.5. LA “PAPILLA” PARA INVERTEBRADOS

En presencia de invertebrados filtradores se pueden suministrar productos frescos sencillos (jugo de mejillón, también conocido como “leche de mejillón”) o más elaborados, realizados en casa batiendo o mejor homogeneizando varios tipos de moluscos (mejillones, almejas, ostras), crustáceos (esencialmente gambas, langostinos y cangrejos) y partes de peces

(partes grasas de pescado azul y hueva). Preparados y congelados en capas finas fácilmente dosificables o en pequeños trozos, estos alimentos se descongelan y diluyen en agua del acuario, suministrándolos en nubes cerca de los invertebrados con una jeringuilla provista de un tubo largo. Durante la alimentación conviene apagar las bombas o al menos el espumador, aunque luego deberemos acordarnos de encender todo de nuevo!

19.6. OTROS ALIMENTOS PARA INVERTEBRADOS

Existen en el comercio alimentos microgranulados diversos para invertebrados, que tienen como base plancton liofilizado o copépodos tipo Cyclops, o son aglomerados de varios elementos protéicos, todos enriquecidos con ácidos grasos Omega-3, vitaminas, aminoácidos, astaxantinas, carotenoides, etc... Son todos excelentes complementos, apreciados también por pequeños peces, y se pueden alternar a los alimentos frescos o congelados.

Alimentos para invertebrados en estado líquido pueden ser útiles para filtradores como las esponjas o los anélidos tubícolas (espirógrafos, prótulas y similares), pero se deben dosificar con prudencia porque son muy contaminantes.

19.7. INDICACIONES GENERALES

La alimentación se elegirá y subdividirá en función de los organismos presentes en el acuario. Para los peces deberemos evaluar las dimensiones de los bocados según su tamaño. Se debe cuidar de variar mucho la dieta, eventualmente componiendo un coctel de alimentos diversos.

Muchos celentéreos de grandes dimensiones deberán ser alimentados directamente con porciones de carne aunque capturen partículas de alimento en suspensión; las colonias de celentéreos deberán ser alimentadas una a una con las correspondientes “nubes” de comida disuelta en agua del acuario.

Además de la calidad se deberá cuidar mucho la cantidad de alimento que se suministra, que deberá ser reducida y preferiblemente repartida en dos veces al día. El alimento, seco o fresco, debe ser consumido en un par de minutos. Es útil dejar un día a la semana sin alimentación. Se debe recordar que grandes cantidades de comida contribuyen al aumento del nivel de contaminantes en el acuario.

19.8. COMPLEMENTOS ALIMENTARIOS

Dada la riqueza de los elementos que un animal asimila con la alimentación en el mar, un solo tipo de comida supone una dieta bastante desequilibrada; es mejor por tanto diversificar al máximo entre comida seca y fresca. Son pues necesarios algunos aportes, como ácidos grasos Omega-3 y vitaminas, presentes en la comida fresca (por ejemplo, las partes grasas del pescado azul) o en complementos alimentarios específicos. También algunas sustancias utilizadas en los alimentos industriales pueden resultar útiles, como por ejemplo la astaxantina, que ayuda a mantener los colores vivos, o los beta-glucanos, que contribuyen a reforzar las defensas inmunitarias de los peces.

20. BIBLIOGRAFÍA SINTÉTICA

Adey W. H., Loveland K. (1998)

Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems
Academic Press

Anselmi F., Argenti L. e Di Tizio L. (1996)

L'acquario mediterraneo - Volume 1
Edizioni Primaris – Milano

Argenti L. e Di Tizio L. (1996)

L'acquario mediterraneo - Volume 2
Edizioni Primaris – Milano

Borneman E. (2005)

The Need to Breathe, Part 2: Experimental Tanks
Reefkeeping Magazine - Vol 4 Issue 6 luglio 2005

Delbeek C. and Sprung J.

The reef aquarium - Vol. 1
Ricordea-Publishing

Fosså S. A. and Nielsen A. J.

Modern Coral Reef Aquarium - Vol. 1
BSV ed.

Sprung J. and Delbeek J. C. (1990)

New Trends in Reef Keeping: Is it Time for Another Change?
Freshwater and Marine Aquarium Magazine, december 1990

Zupo V. (1985)

Acquario Marino Mediterraneo.
Ed. Olimpia – Firenze

Zupo V. (1993)

L'ABC dell' acquario marino mediterraneo.
Ed. Olimpia – Firenze

Zupo V. (1994)

L'acquario mediterraneo. Flora e fauna
Ed. Olimpia - Firenze