

## **MANUAL DEL ACUARIO DE ARRECIFE**

*Gentileza de* AQUATERRA "BICHOS"  
 C/ Peris Mencheta 17, L.C. 41.002 Sevilla  
 Tlf. N° 95 490 20 11 Fax N° 95 490 20 11  
 E-Mail: [AQUATERRA@CYE.ES](mailto:AQUATERRA@CYE.ES)



### **INDICE.**

- **INTRODUCCIÓN**
- **¿QUÉ ES UN ACUARIO DE ARRECIFE?**
- **EL PROBLEMA BÁSICO DE TODOS LOS ACUARIOS**
  1. EL CICLO DEL NITRÓGENO
  2. PROBLEMAS CON EL FILTRO BAJO GRAVA
  3. VENTAJAS DEL FILTRO HÚMEDO SECO
- **COMPRIENDIENDO LA QUÍMICA DEL AGUA**
  1. COMPONENTES DEL AGUA DE MAR
  2. EL PH DEL ACUARIO
  3. ALCALINIDAD
  4. SALINIDAD
  5. AMONIACO Y CICLO DEL NITRÓGENO
  6. FOSFATOS
  7. GASES DISUELTOS
- **REQUERIMIENTOS PRIMARIOS DE UN ACUARIO DE ARRECIFE**
  1. EL SISTEMA DE FILTRACIÓN
  2. LUZ PARA EL ACUARIO DE ARRECIFE
  3. BASE DE ROCAS
  4. CONTROL DE LOS COMPONENTES NITROGENADOS
  5. CORRIENTES FUERTES DE AGUA DENTRO DEL ACUARIO
  6. ELIMINACIÓN DE LOS COMPONENTES ORGÁNICOS
  7. FRACCIONADOR DE ESPUMA
  8. USO DEL OZONO
  9. CARBÓN ACTIVADO
  10. OTRAS CONSIDERACIONES
- **ESTABLECIENDO UN ACUARIO DE ARRECIFE VIVO**
  1. ESTABLECIENDO EL FILTRO BIOLÓGICO
    - a. ESTABLECIENDO EL FILTRO BIOLÓGICO CON BASE DE ROCA LIMPIA
    - b. ESTABLECIENDO EL FILTRO BIOLÓGICO CON ROCA VIVA SIN LIMPIAR
    - c. ACONDICIONAMIENTO INORGÁNICO DEL FILTRO BIOLÓGICO
  2. ESTABLECIMIENTO Y CONTROL DE LAS ALGAS

3. REQUERIMIENTOS DE LA FOTOSÍNTESIS
4. BALANCE DEL DIOXIDO CARBÓNICO
5. IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES
6. CALIDAD DEL AGUA Y POTENCIAL REDOX COMO FACTORES EN EL CRECIMIENTO DE LAS ALGAS
7. AÑADIENDO INVERTEBRADOS Y PECES
8. INVERTEBRADOS
9. ANTOZOOS: CORALES Y ANÉMONAS
10. INVERTEBRADOS ADICIONALES
11. PECES PARA EL ARRECIFE VIVO

- **MANTENIMIENTO DEL ACUARIO DE ARRECIFE**
  1. CAMBIOS DE AGUA
  2. LIMPIEZA DEL PREFILTRO
  3. CONTROL DE LAS ALGAS
  4. ELIMINACIÓN DE DETRITUS
  5. GUARDANDO UN CUADERNO DE MANTENIMIENTO
  6. CONSIDERACIONES FINALES

- **INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos años ha comenzado, en acuarofilia, el estudio de los llamados Sistemas de Acuarios de Miniarrecife. Estos acuarios de miniarrecife han permitido a los acuarólogos experimentados mantener jardines de corales y anémonas que han venido considerándose por los acuaristas aficionados como difíciles de mantener. Éste manual señala la dirección racional sobre los acuarios de arrecife, así como de su establecimiento y funcionamiento del sistema. Se debe enfatizar que los acuarios de miniarrecife no son para cualquier aficionado, sino solo para aquellos que están dispuestos a invertir una relativa gran suma de tiempo y dinero en su hobby. Sin embargo nosotros consideramos que, una vez conseguidos esos magníficos acuarios, merece la pena ese gasto y ese esfuerzo adicional.

Todos los acuaristas se benefician de la comprensión de los conceptos que giran alrededor de un acuario marino de arrecife. La aparición de estos, relativamente, acuarios especializados han provocado una explosión de conocimiento y de avance en el equipamiento en todas las facetas de la acuarística que pueden ser aplicadas tanto en agua marina como dulce.

Actualmente el número de puntos de vista sobre las técnicas para el montaje de los acuarios de miniarrecife es igual al número de acuaristas que han intentado montar uno. Las diferentes opiniones sobre todos los aspectos de los acuarios de arrecife han hecho que sea muy complicado para el principiante determinar como debe montar su propio acuario de arrecife. La mejor estrategia se basa en leer todo lo que sea posible y tomar una decisión basada en el consenso entre los datos obtenidos y la propia experiencia. Muchos de los métodos y soluciones existentes se han obtenido mediante experimentación.

- **¿QUÉ ES UN ACUARIO DE ARRECIFE?**

Si echamos una mirada a un típico acuario marino podremos ver una gran abundancia de peces, algunas piedras y algunos esqueletos de coral que en su día fueron blancos y ahora están cubiertos de algas pardas. Para muchos entusiastas de los acuarios marinos este puede ser el efecto deseado, mientras que un acuario de arrecife mantiene una escasa población de peces. Otros prefieren aproximarse más a las condiciones que aparecen en un arrecife de coral auténtico, en el cual un gran número de invertebrados dominan la escena, corales blandos y duros, anémonas, gusanos tubo, esponjas, estrellas de mar y crustáceos, entonces se produce una adicción espectacular al acuario, los peces, que son menos comunes en el arrecife de lo que mucha gente se cree. Un acuario de arrecife se acerca a la naturaleza tanto como puede, un escaso número de peces es necesario para mantener el delicado balance de un acuario de arrecife, que una mayor cantidad de peces podría destruir.

Los arrecifes de coral están confinados en latitudes tropicales (desde los 25 grados norte hasta los 25 grados sur) donde las temperaturas del agua se mantienen siempre por encima de los 20 ° C o 68 ° F. Numerosas especies de coral, otros invertebrados, varios microorganismos y ciertas algas construyen los masivos arrecifes calcáreos que proveen un sistema complejo que es la casa de un número increíble de invertebrados, peces y algas. Los corales constructores de arrecife son actualmente anémonas y pólipos que colectivamente fabrican esqueletos de carbonato cálcico que forman trozos de arrecife. Muchos dependen de algas simbióticas (zooxantelas) contenidas bajo su piel y así están limitadas a aguas relativamente poco profundas.

Es importante comprender que los acuarios de arrecife no son duplicados exactos de los arrecifes de coral. Este medio ambiente natural contiene un sistema increíblemente complejo de interacciones entre todos los animales, plantas y microorganismos los cuales forman un ecosistema. Los arrecifes de coral forman el más complejo de los ecosistemas y es imposible duplicar esto en los confines de un pequeño y cerrado acuario. Un acuario es un ecosistema incompleto que carece de muchos de los componentes alimenticios (N.T.: Y de casi todos los elementos traza y oligoelementos que es fundamental reponer con regularidad) que se encuentran en un arrecife de coral natural. Se necesita la intervención regular del acuarista para mantener el acuario funcionando suavemente.

- **EL PROBLEMA BÁSICO DE TODOS LOS ACUARIOS**

Cada acuario, independientemente de su tamaño o complejidad de su sistema de filtración, será más o menos efectivo en razón de la acumulación de productos de desecho producidos por peces e invertebrados. El primer culpable es el amoníaco, que es un subproducto resultante de la ruptura de las proteínas. Cantidades mínimas de amoníaco pueden matar a los habitantes del acuario si no hemos preparado con qué eliminarlo. Una forma de controlar el amoníaco es mediante cambios sistemáticos de agua. Este tipo de sistema con un rápido intercambio de agua es usado por muchos acuarios públicos ya que elimina la necesidad de sistemas de filtración capaces de eliminarlo. Obviamente este sistema no es factible para los acuaristas, los cuales dependen de un mecanismo que trabaja en un sistema cerrado.

El amoníaco puede ser controlado mediante cambios parciales de agua, esto es factible en acuarios de cuarentena y acuarios hospital, que no necesitan de sistemas de filtración para remover el amoníaco, pero para un acuario los cambios de agua continuos son caros e imprácticos.

## 1. EL CICLO DEL NITRÓGENO

Durante muchos años los filtros bajo grava han sido los métodos más utilizados para controlar el amoníaco en un sistema cerrado. Una vez establecida la población bacteriana (conocidas como bacterias nitrificantes) en la grava, el amoníaco, mediante un proceso biológico realizado por las bacterias “nitrosomonas”, es convertido en nitrito, menos tóxico que el amoníaco. Un segundo tipo de bacterias, conocidas como “nitrobacter”, convierte el nitrito en el, relativamente, menos tóxico nitrato. Este proceso es conocido como “Ciclo del nitrógeno” y es absolutamente esencial para la salud del acuario. La figura 1 nos ilustra este proceso.

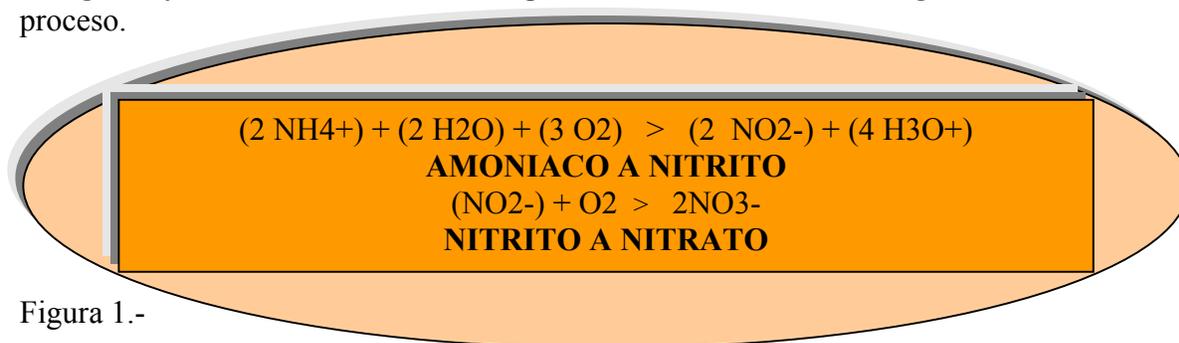


Figura 1.-

Las bacterias nitrificantes se anclan en todas las superficies del acuario, pero las bacterias, de forma individual, no se anclan directamente al sustrato, si no que más bien se anclan mediante una lámina de baba secretada por la bacteria. Las poblaciones bacterianas precisan materiales con una gran área de superficie de manera que puedan mantener grandes densidades de bacterias nitrificantes. Se denominan filtros biológicos aquellos que son capaces de incorporar bacterias que modifican y rompen amoníaco y otros productos de desecho. Las bacterias nitrificantes son autotróficas, esto significa que son capaces de fabricar su propio alimento a partir de materiales inorgánicos como el amoníaco y los nitritos.

La grava también es puerto de un gran número de otros tipos de bacterias que destruyen el exceso de comida, piel muerta de animales y desechos orgánicos producidos por peces e invertebrados. Estas bacterias se conocen como heterotróficas ya que consumen materiales orgánicos y son también esenciales para el funcionamiento suave del acuario. Debido a que estas bacterias son aeróbicas es necesario proveerlas de un suministro constante de oxígeno, pues les es necesario para conseguir la ruptura de residuos orgánicos. Sin el adecuado suplemento de oxígeno estas bacterias son suplantadas por formas anaerobias de bacterias, que no necesitan oxígeno.

Desgraciadamente estos organismos realizan unos intercambios químicos diferentes que pueden producir un aumento de residuos tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno, que causa el olor a huevos podridos. (N.T.: Y el fallecimiento de nuestros peces e invertebrados, ya que a partir de 0,002 Ppm de ácido sulfúrico, o H<sub>2</sub>S, se producirá la muerte repentina de todos los habitantes del acuario. Uno de los síntomas de la existencia de H<sub>2</sub>S es la presencia de algas negruzcas o grisáceas en el sustrato)

## 2. PROBLEMAS CON EL FILTRO BAJO GRAVA

Los filtros de placa son insuficientes a la hora de aportar oxígeno a las bacterias aeróbicas, comparado con el aire una gran cantidad de agua contiene muy poco oxígeno. En acuarios fuertemente poblados la mayor parte del oxígeno disuelto será utilizado por la capa superior de bacterias ancladas en la grava. De esto resulta que la cantidad de productos de desecho transformados por la acción de las bacterias de la grava será mínima. Las bacterias de las capas profundas de la grava no captarán el oxígeno necesario creando zonas anaerobias, esto es, sin presencia de oxígeno.

Los detritus, formados por la acumulación de componentes de partículas orgánicas, son el material marrón que se acumula en la grava de este tipo de filtros. Un exceso de detritus puede impedir el funcionamiento del filtro biológico formando arreas con poco flujo de agua a las que llega poco oxígeno en disolución. La creación de zonas anaerobias es el mayor problema de los filtros bajo placa, ya que este tipo de filtro funciona de una forma biológica y también mecánica. Esto requiere una limpieza regular mediante una campana de aspiración de lodo.

## 3. VENTAJAS DE LOS FILTROS HUMEDO-SECOS

Este tipo de filtro ha ayudado a solucionar los problemas de pobre oxigenación y aparición de zonas anaerobias. Combina filtraciones mecánicas y biológicas y se ha convertido en un standard en los acuarios marinos de arrecife. No hay nada de milagroso o revolucionario en este tipo de filtro, son una extensión de las técnicas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

Los filtros humedo-secos deben su nombre a que las bacterias aeróbicas se mantienen en materiales filtrantes de plástico, fibras filtrantes o grava, sobre los cuales se difunde una fina capa de agua, obteniendo el oxígeno al estar expuestas directamente al aire.

### • **COMPRENDIENDO LA QUÍMICA DEL AGUA**

Mencionen la palabra “química” y a muchos aficionados les sugerirá recuerdos de las clases de educación superior. Muchos de ustedes probablemente piensen que ya hace mucho tiempo que cerraron definitivamente los libros de química y se figuran que hablar de átomos, iones y moléculas fue eliminado de su vida para siempre. Sin embargo si usted está en el proceso de establecer un acuario de arrecife ha de comprender que conocer las nociones básicas puede asumir una gran importancia.

Usualmente los acuarios están compuestos de peces, agua, grava y algo de decoración. Un factor a tener en cuenta es el rol de interacciones químicas que se producen en el agua de un acuario. Es muy fácil asumir que se desconoce la química del agua y mantenerlo de cualquier manera, el resultado será mucho menos satisfactorio que comprendiéndolo.

Existen test de fácil uso para casi todas las situaciones que se puedan producir en la química de nuestro acuario.

## 1. COMPONENTES DEL AGUA DE MAR

El agua de mar contiene una gran variedad de sales disueltas. Cuando una sal, como el cloruro de sodio o el sulfato magnésico, se disuelve en agua la molécula se rompe en partículas cargadas opuestamente conocidas como iones. Los iones mayores que se encuentran en el agua de mar natural son el sodio, cloro, sulfato, magnesio, calcio y potasio, todos ellos son necesarios para todos los animales en un acuario de agua de mar (tabla 1). Los iones menores, como el estroncio o el sílice, aparecen, como es natural, en menores concentraciones. Las fórmulas de sales marinas sintéticas incluyen todos estos iones para proveer un medio perfecto para los animales y plantas de un acuario de arrecife.

<b>IONES</b>		<b>P. P. M.</b>
IONES MAYORES	CLORO	19.400.-
	SODIO	10.800.-
	SULFATO	2.700.-
	MAGNESIO	1.300.-
	POTASIO	400.-
	CALCIO	400.-
IONES MENORES	BICARBONATO	140.-
	BROMURO	67.-
	BORATO	15.-
	SILICATO	8.-
	ESTRONCIO	8.-
IONES DE ELEMEN-		
TOS TRAZA	HIERRO	-1.-
	MOLIBDENO	-1.-
	MANGANESO	-1.-
	COBALTO	-1.-
	ZINC	-1.-
	COBRE	-1.-

Tabla 1.- Iones mayores, menores y principales elementos traza en agua de mar.

Los fabricantes de sales para fabricar agua de mar sintética añaden estos elementos traza en sus compuestos. Aunque el porcentaje de estos elementos traza parece insignificante son esenciales para invertebrados y algas y es necesaria su adición al acuario para mantener a estos con vida.

Los gases principales de la atmósfera incluyen nitrógeno (78%), oxígeno (21%), dióxido de carbono (0.003%) y otros varios gases inertes (0.93%). La habilidad de estos gases para disolverse en el agua es variable, por lo que resulta que sus proporciones son diferentes en agua de mar. Sin embargo, dado un volumen de agua de mar, este contendrá siempre menos gas que en el mismo volumen de aire. El oxígeno y el dióxido de carbono son los principales gases que conciernen a los acuaristas y ellos son extremadamente importantes en la vida de animales y plantas. El oxígeno es necesario en el proceso de respiración de todos los animales que pueblan el acuario, tanto vertebrados como invertebrados. El dióxido de carbono es el resultado final en el proceso de respiración y es usado por las plantas en su forma de compuesto de carbono durante el proceso de fotosíntesis de las plantas.

Cantidades mínimas de un gran número de componentes orgánicos están presentes en el agua de mar, algunos, como las vitaminas, son extremadamente importantes para animales y algas y se deben añadir al acuario periódicamente, son conocidos como “oligoelementos esenciales”.

## 2. EL PH DEL ACUARIO

El ph del acuario es la capacidad del agua de mantener iones de hidrógeno. La medición del ph se realiza mediante una escala logarítmica que va del 1 a 14. El agua es neutra cuando su ph es de 7, ácida si es menor de 7 y alcalina o básica si es superior a 7. Al ser una escala logarítmica sucede que cada punto de ph es más ácido o alcalino que el anterior, ósea, un agua a ph 9 es diez veces más alcalina que a ph 8, un agua a ph 10 es cien veces más alcalina que a ph 8, un agua a ph 11 es mil veces más alcalina que a ph 8. (ver tabla 2).

Los animales marinos son extremadamente sensibles a los cambios de ph, estos cambios de ph pueden ser causados por diferentes motivos, uno de los más importantes es el balance del dióxido de carbono, cantidades excesivas de este gas, resultado de una gran actividad biológica, reduce el ph debido a la formación de ácido carbónico. Un déficit de dióxido carbónico, que puede ocurrir si tenemos un exceso de algas, producirá una subida excesiva de ph. Ambos hechos pueden causar serios daños a peces e invertebrados en el acuario. Otra causa de la caída del ph puede venir originada por una excesiva actividad metabólica, provocada por un exceso de animales o de actividad bacteriana por saturación de la materia filtrante (N.T.: el carbón) o por un exceso de restos de comida (N.T.: las papillas caseras).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ÁCIDO						NEUTRO			BÁSICO					

TABLA 2.: Escala de Ph.

El pH necesario en un acuario marino se mantendrá entre 8.0 y 8.3. Mantener el pH dentro de este rango sería imposible sin la presencia de ciertas sustancias llamadas “buffers” (N.T.: tamponadores). Esta ayuda química para mantener el pH estable ha de ser añadida al acuario. Los iones de bicarbonatos y carbonatos son los buffers primarios en el agua de mar y deben estar presentes en cantidades suficientes en orden de guardar el pH dentro del rango apropiado (N.T.: A esto lo denominamos “mantener la reserva de alcalinidad”). Con un sistema de buffer adecuado los ácidos producidos durante los procesos normales del acuario no tienen efectos dañinos mientras se recupera el pH. Sin embargo, si el sistema de buffer está deprimido debido a una excesiva producción de ácidos, pequeñas adicciones de estos pueden terminar en una dramática y mortal caída de pH.

Existe un complicado balance entre el ácido carbónico, que existe en el agua en forma de dióxido de carbono, y los iones de bicarbonatos y carbonatos. La proporción de cada uno de ellos depende del pH, como vemos en la tabla nº 3. Con un pH típico del acuario marino el ion predominante es el bicarbonato, y sirve de buffer primario.

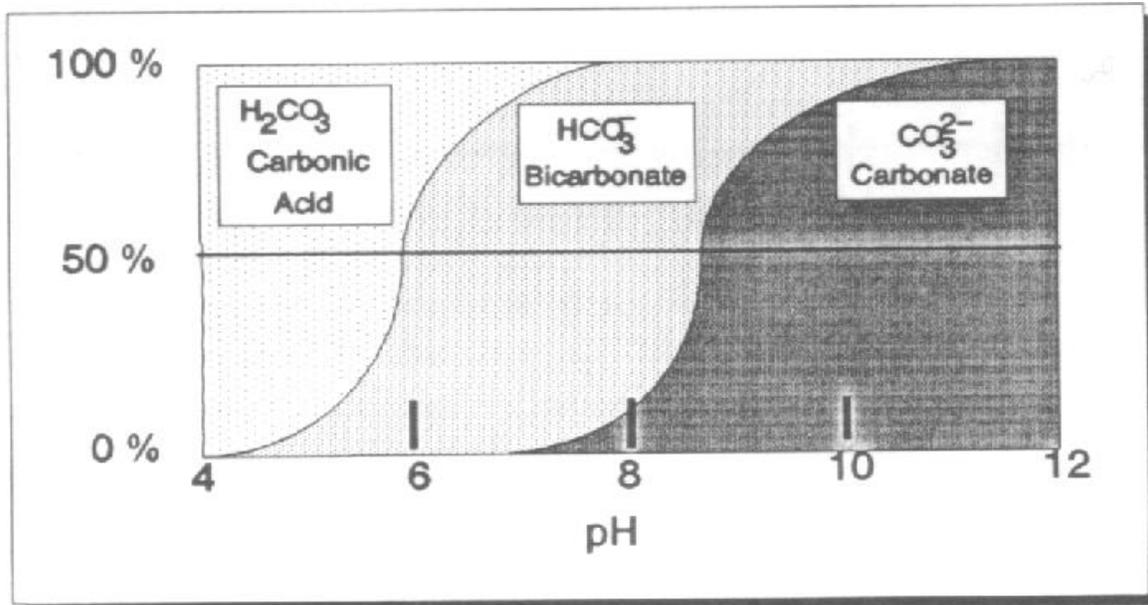


Tabla 3: Concentraciones relativas de buffers de bicarbonatos y carbonatos en función del pH. Redibujado por Spotte (1979).

### 3. ALCALINIDAD

Asociada con la capacidad “buffer” del agua está la propiedad conocida como alcalinidad (N.T.: “Buffer” puede ser traducido como “amortiguador”). La medida de la alcalinidad es la suma de todos los iones de carga negativa que pueden amortiguar los efectos de la adición de ácidos. Los iones de carbonatos y bicarbonatos son los principales determinantes de la alcalinidad en los acuarios marinos, con los iones de boratos jugando un papel secundario. Una manera de medir la alcalinidad es en miliequivalentes por litro (meq/l), una unidad que representa la cantidad de un simple ácido, como por ejemplo el ácido hidrociorídrico, requerido para neutralizar todos los elementos amortiguadores en el sistema (bicarbonatos, carbonatos y boratos). La “dureza de carbonatos” mide la concentración de iones de carbonatos y bicarbonatos, como aproximación 1,0 meq/l es equivalente a 50 Ppm (partes por millón) de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato cálcico) o 2,8 grados alemanes de dureza de carbonatos (dKH).

El nivel mínimo aceptable de alcalinidad es de 2.0 meq/l aunque sería deseable un rango desde 2.5 a 5.0 meq/l. No es posible mantener un ph apropiado sin una alcalinidad adecuada debido al dióxido de carbono y a los ácidos metabólicos derivados que se producen y/o se añaden al sistema. Si el acuarista no interviene cae la alcalinidad en tanto en cuanto los amortiguadores son gastados.

Reponemos los amortiguadores deprimidos cuando realizamos cambios de agua ya que las mezclas de sales sintéticas contienen habitualmente amortiguadores, y también cuando añadimos bicarbonato sódico. El rol de las gravas calizas (por ejemplo dolomita, coral roto y otros carbonatos de calcio que contiene el sistema) en el control del ph queda limitado debido a las capas de materia orgánica y a depósitos de sales de calcio y magnesio que pueden inhibir el contacto entre el agua y la superficie de la grava además de que el carbonato de calcio es relativamente insoluble a ph de 8 a 8,3. Las gravas calcáreas solamente comienzan a ser efectivas cuando el ph cae a 7.9 o menos y su función primaria es la de válvula de seguridad en caso de una caída de ph masiva. Estas gravas pueden reducir el ph cuando se introducen por primera vez en el acuario debido a que atraen sales de calcio y magnesio hacia su superficie, resultando una caída de alcalinidad.

Sí Vd. detecta una caída de ph por debajo de 8.0 y la reserva de alcalinidad es baja, por debajo de 2.0 meq/l. debe de pensar en añadir bicarbonato sódico a razón de una cucharadita de té por cada 10 galones (50 litros) diariamente hasta que ambos valores mantengan valores aceptables. La adicción de cantidades excesivas de bicarbonatos es dañina ya que produce un choque de ph excesivo para los habitantes del acuario y puede llegar a ser mortal. Algunos buffers comerciales combinan iones de carbonatos, bicarbonatos y boratos y son más aceptables que el bicarbonato solo.

La medición de la dureza contempla la concentración de iones de calcio y magnesio. El agua de mar y muchas mezclas de sales sintéticas contienen suficientes cantidades de dichos iones, pero el calcio puede desaparecer después de un cambio de agua al ser este usado para la formación de los esqueletos de los corales.

Los test de calcio están preparados para determinar si el calcio está en los mismos niveles que normalmente se encuentran en el agua de mar (400 a 450 mg./l.). La pérdida de calcio absorbido por los corales o por precipitación fuera del medio (salpicado fuera del acuario) debe ser contenida mediante adicciones suplementarias. El estroncio, un ion menor, se pierde de la misma manera, y cada día es añadido por un mayor número de aficionados.

Debemos mantener los niveles de estroncio (8 Ppm) y calcio (400 Ppm) que se pierden al ser usados por los esqueletos de los corales (N.T.: Incluso los blandos, que contienen esqueletos formados por espículas de calcio) y por los depósitos de calcio.

#### 4. SALINIDAD

La concentración total de todos los sólidos disueltos (todas las sales y todos los componentes orgánicos) en agua de mar se conoce por salinidad. El agua de mar mantiene una salinidad de alrededor de 34 partes por mil, mientras que el agua de los acuarios se mantiene usualmente entre 28 y 31 partes por mil.

Es fácil determinar indirectamente la salinidad de una muestra de agua de nuestro tanque, se hace por medio de un densímetro o hidrómetro. Este mide la gravedad específica, lo cual es la relación entre una solución salina y el agua pura. La densidad específica en un acuario de arrecife debe mantenerse entre 1021 y 1023. Mantener este valor estable es extremadamente importante. (N.T.: Los aficionados europeos mantienen la densidad en 1024, la del agua de mar a 25 °C.).

## 5. AMONIACO Y CICLO DEL NITRÓGENO

Como antes describimos, el establecimiento de un ciclo del nitrógeno saludable es, sin duda, el mayor determinante del mantenimiento posterior del acuario. Controlar cuidadosamente el ciclo del nitrógeno, mediante el cual se convierten los productos tóxicos de desecho (N.T.: Los llamados R.O.N. o Residuos Orgánicos Nitrogenados.) en amoníaco, que es eventualmente convertido en el menos venenoso nitrato, no puede ser despreciado.

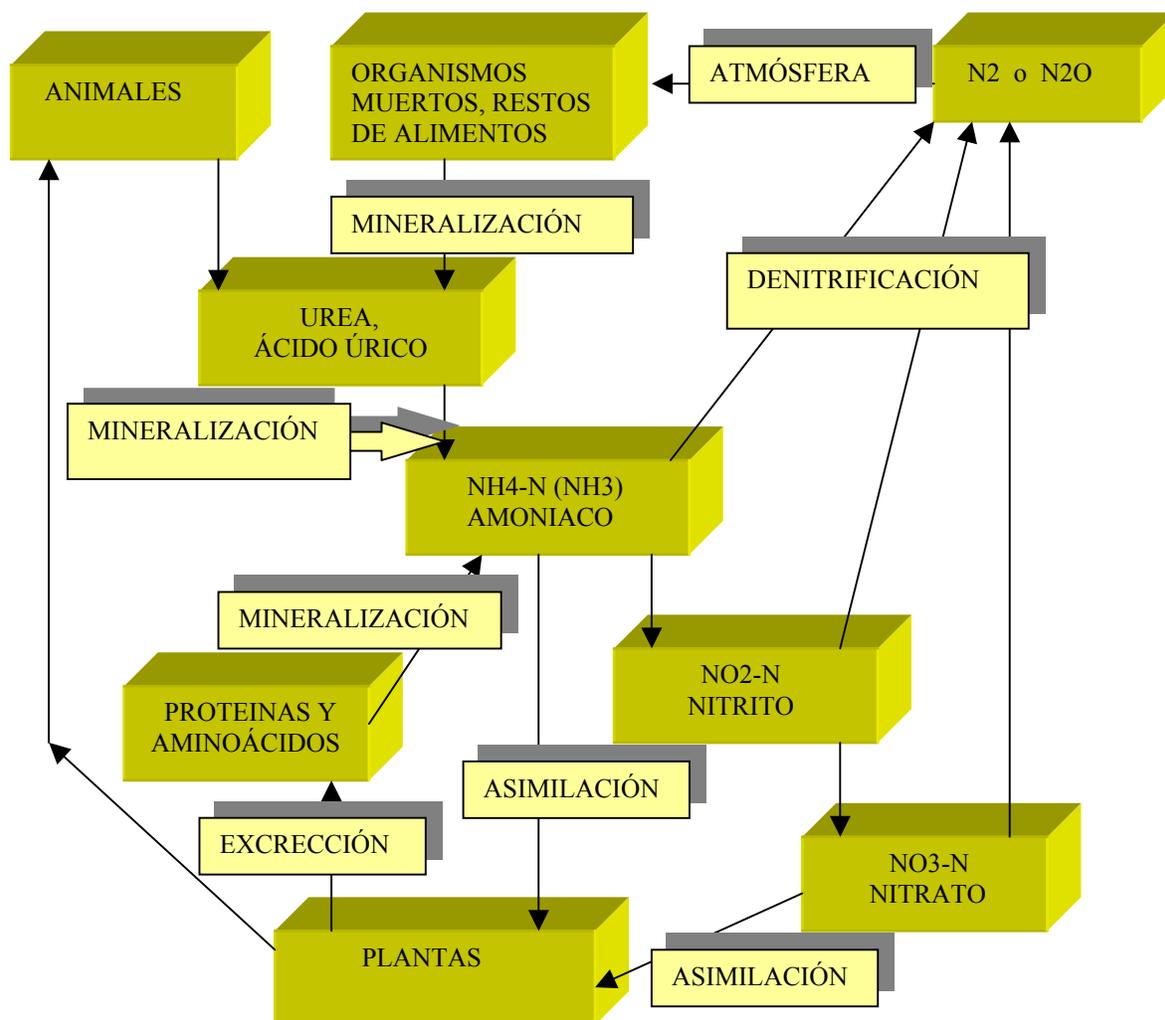


FIGURA 4: Ciclo del nitrógeno en el acuario de arrecife. Reescrito por Spotte (1.979).

Este amoníaco puede ser producido desde diferentes orígenes que lo añadirán al acuario (Tabla 4). Una primera fuente de desechos amoniacados se produce debido al metabolismo corporal normal de peces e invertebrados. La urea y el ácido úrico son convertidos en amoníaco en pequeñas cantidades.

Los componentes orgánicos derivados de organismos muertos y exceso de alimentación son convertidos por las bacterias en un proceso conocido como mineralización, y añaden cantidades significativas de amoníaco al sistema. Una menor cantidad se produce mediante los aminoácidos y proteínas excretados por las algas, que también pueden ser mineralizados como amoníaco.

Existen test de fácil uso preparados para medir amoníaco, nitrito y nitrato, los principales componentes del ciclo del nitrógeno. En un acuario establecido (aquel en el que el ciclo del nitrógeno funciona completamente) las tasas de amoníaco y nitrito no deben exceder las 0,1 Ppm. de amoníaco-N y nitrito-N, cantidades mayores nos indican una posible descompensación en el ciclo del nitrógeno. Dificultades respiratorias, como si los peces jadeasen, indican un posible envenenamiento por amoníaco, aunque también pudiera ser un irritantemente fuerte gusano parásito. Solamente será durante el establecimiento del ciclo del nitrógeno y, posiblemente, después de incrementar la carga biológica del sistema debido a la adicción de nuevos animales, cuando Vd. podrá detectar crecimientos apreciables de las tasas de amoníaco y nitrito.

El nitrato es relativamente poco dañino para los peces, y puede exceder las 50 Ppm. sin efectos serios en la salud de estos, sin embargo, en un acuario de arrecife, nitrato-N no puede exceder las 10 Ppm., excesivas ya incluso para muchos invertebrados delicados, así mismo pueden aparecer importantes cantidades de indeseables algas filamentosas. El nitrato debe ser medido, sobre todo, durante el establecimiento del ciclo del nitrógeno, a pesar de no ser excesivamente dañino para los peces marinos.

## 6. FOSFATOS.

Otros subproductos de desecho de peces e invertebrados, así como de la descomposición de los alimentos, son los fosfatos. El ortofosfato ( $PO_4$ ) se añade al agua corriente en pequeñas cantidades y es una fuente de problemas cuando se mezcla este agua del grifo con las sales para fabricar agua de mar. Si su agua del grifo contiene fosfatos debe usar Vd. agua del grifo tratada mediante osmosis inversa o pasada por columnas de resinas intercambiadoras para eliminarlo.

El fosfato tiene, relativamente, poco efecto directo sobre los animales del acuario, sin embargo, niveles excesivamente altos de este nutriente, vital para las plantas, pueden provocar un crecimiento excesivo de las algas filamentosas indeseables. Este componente también puede influir en la absorción de calcio por parte de los corales, indispensable para su salud y crecimiento. Los kits de test de fosfatos deben de ser usados para comprobar estos niveles tanto como lo hacemos con los que miden el resto de los parámetros del agua.

Debemos pues mantener los fosfatos por debajo de 1 Ppm. Esto no debe ser mayor problema en un acuario de arrecife debido a que tiende a desaparecer por adsorción formando partículas más grandes que son disueltas al aire cuando provocamos una fuerte aireación (N.T.: Las tasas de fosfatos en el agua del grifo rondan aproximadamente las 10 Ppm. , y también son problemáticos ya que su Ph es ácido.).

## 7. GASES DISUELTOS.

Los gases que conciernen al acuarista son el dióxido de carbono y el oxígeno. El oxígeno penetra en el acuario mediante el movimiento de la capa superior de agua y a través de las algas durante el proceso de fotosíntesis.

En un acuario fuertemente poblado de macroalgas el oxígeno tiene su pico más elevado durante la mañana. Los filtros humedo-secos utilizados en los acuarios de arrecife proveen una gran superficie adicional para la introducción de oxígeno en el agua.

La medida del oxígeno es, sin embargo, más dificultosa que cualquier otro test, pero esto está dentro del reino de la acuarística avanzada. El rango deseable de oxígeno en una muestra de agua de acuario de arrecife de 76 a 78 ° F (24,5 a 26,5 °C.) estará entre 6,5 a 7,00 Ppm. , que es donde se dice que está saturada para esa particular temperatura y salinidad. Valores menores indican pobre circulación de agua, sobrepoblación y, posiblemente, un incremento de la actividad bacteriana debido a un exceso de alimentación o por saturación de las masas filtrantes. Una pobre oxigenación crónica no puede ser tolerada y pueden ocurrir serios daños o la muerte de los habitantes del acuario. Peces que jadean en la superficie del agua con los opérculos abiertos son una señal de un posible déficit de oxígeno.

El dióxido de carbono raramente excede 1 Ppm. en un acuario típico con buena circulación de agua y una población adecuada. Una subida del dióxido de carbono hasta niveles tóxicos para los peces no debe ocurrir en un acuario saludable. Demasiado dióxido de carbono hace más difícil que los peces sean capaces de desprenderse de los productos de desecho, dando como resultado un problema de sobresaturación de oxígeno en las células de la sangre (embolia gaseosa). En un acuario solo de peces es necesario reducir el dióxido de carbono tanto como sea posible, sería lo ideal alcanzar tasas tan bajas que no fuesen detectables mediante test. Una respiración agitada, cansancio y un Ph bajo en el acuario son síntomas de un alto contenido de este gas. El mejor método para remover cantidades excesivas de este gas es a base de aumentar la aireación. (N.T.: El autor se refiere a aumentar la agitación de la capa superior del agua para intercambiar este gas por oxígeno).

Los acuarios de arrecife requieren dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para promover la salud de las macroalgas y su crecimiento. En muchos acuarios de arrecife la cantidad de CO<sub>2</sub> no supera 1Ppm. Algunos autores, sobre todo en Europa, invocan un rango deseable de entre las 3 a 6 Ppm. para un Ph de 8.00 y una alcalinidad de entre 4 y 8 meq./l. Esto requiere el añadido manual de CO<sub>2</sub> si no queremos ver limitado el crecimiento de las macroalgas. Si la adicción de este peligroso gas se hace bien no ha de ser dañino para los peces. Muchos acuaristas que mantienen miniarrecifes encuentran que es innecesario ya que las macroalgas no son el foco principal de su afición.

RANGOS DESEABLES PARA LOS PARÁMETROS DEL ACUARIO	
PARÁMETROS	RANGOS
AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	< 0,1 Ppm.
NITRITO (NO <sub>2</sub> )	< 0,1 Ppm.
NITRATO (NO <sub>3</sub> )	< 10 Ppm.
GRAVEDAD ESPECÍFICA	1023.-
TEMPERATURA EN ° F.	76 A 78 ° F.
TEMPERATURA EN ° C.	24,5 A 26,5 ° C.
FOSFATO	< 1 Ppm.
ALCALINIDAD	2,5 A 5,0 Meq./L.
OXÍGENO DISUELTO	6,5 A 7,0 Mg./L.
POTENCIAL REDOX	325 A 400 mv.
PH	8,0 a 8,3 ° Ph.

- **REQUERIMIENTOS PRIMARIOS DE UN ACUARIO DE ARRECIFE**

La discusión sobre la filtración biológica es la columna vertebral de la mayoría de los acuarios de arrecife. Sin el trabajo de esta el tanque se reducirá a corales y anémonas

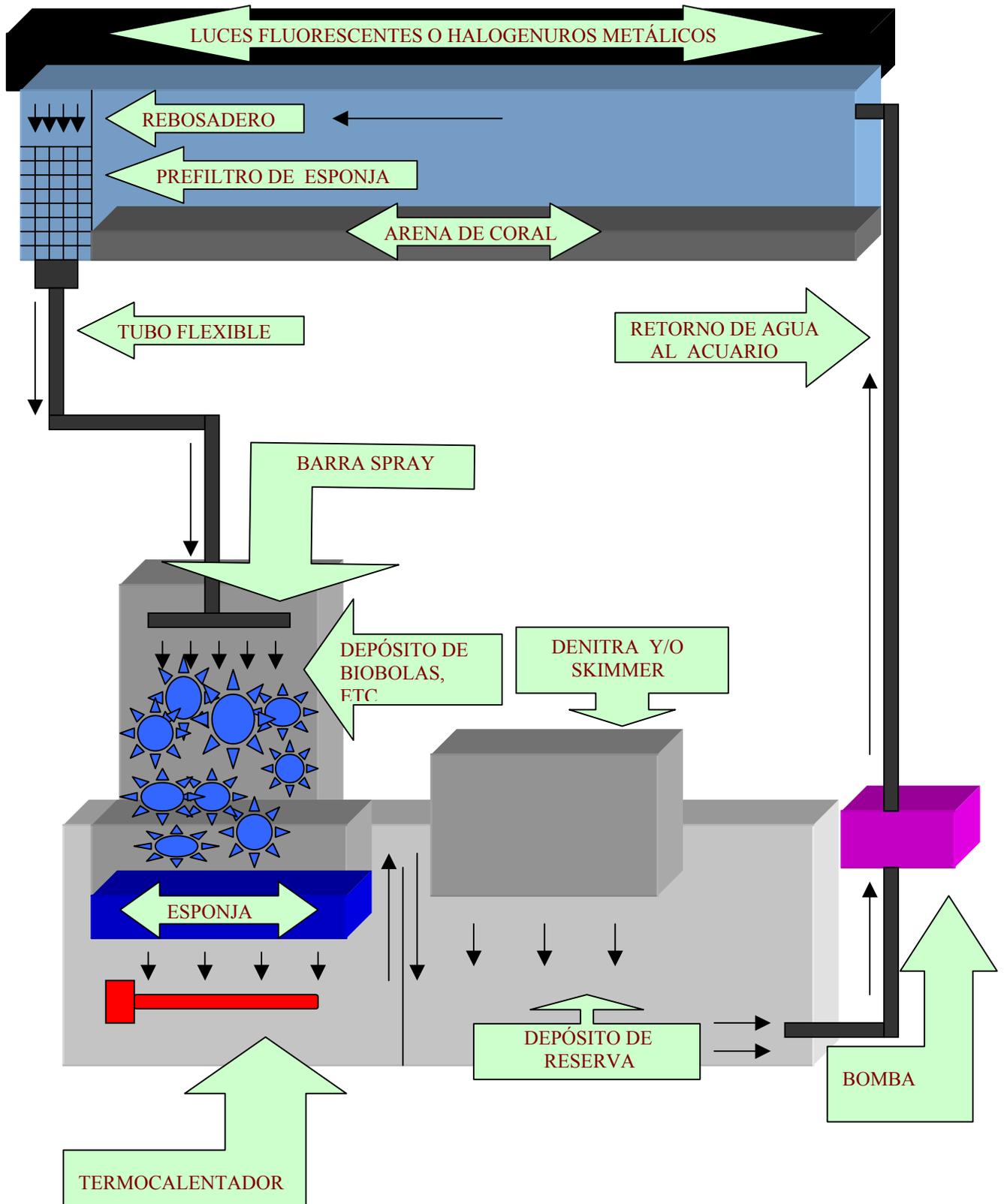


FIGURA 5: Diagrama esquemático de un acuario de arrecife típico con sistema de filtración humedo-seco.

Decaídos y a una capa de fango. Otros factores importantes entran en juego y son críticos a la hora de permitir el crecimiento de los corales y otros invertebrados que tradicionalmente se consideran difíciles de mantener. Estos factores incluyen:

1. Luz intensa de amplio espectro.
2. Base de rocas.
3. Control de los componentes nitrogenados.
4. Corrientes fuertes de agua en el interior del acuario.
5. Eliminación de los materiales orgánicos.

El acuario casero típico está equipado con un filtro bajo grava con el añadido de un filtro exterior, ambos funcionan como mecánico y biológico combinado, con el medio (la masa) filtrante formada por grava o fibra, actuando simultáneamente como tamiz de partículas y espacio para el anclaje de bacterias nitrificantes. Aun cuando este tipo de filtración puede funcionar perfectamente y es adecuada para muchos propósitos, la combinación de filtración mecánica que proporciona para la actividad bacteriana puede, en primera instancia, provocar un detrimento de la actividad biológica del filtro. El uso de un prefiltro anterior (para extraer partículas grandes) dejará espacio para otros medios filtrantes, necesarios para que las bacterias nitrificantes realicen su función, así ambos procesos, mecánico y biológico se realizan en lugares diferenciados. El sistema de filtración standard en un acuario de arrecife se compone de un primer paso del agua a través de un prefiltro mecánico después de la salida del acuario y entonces, dentro de la zona seca del filtro, se produce la ruptura biológica de los residuos.

## 1. EL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Los primeros filtros “humedo-secos” fueron diseñados para acuarios relativamente grandes, de al menos 500 litros. Estos, en cierto modo, caros filtros, denominados “ de goteo” se sitúan en un lugar reservado bajo el acuario. Se encuentran ya unidades de este tipo de filtros que permiten este tipo de filtración para acuaristas de recursos limitados y acuarios de menos de 500 litros.

El típico sistema de filtración humedo-seco no va a ser discutido aquí. Todo está diseñado para permitir que el agua sea lanzada en forma de spray sobre la masa filtrante de gran superficie. El filtro por goteo permite aumentar la carga biológica (la suma total de la carga animal, invertebrados, peces, bacterias, etc., que el acuario puede soportar sin una sobrecarga masiva de amoníaco). Una configuración típica aparece en la Figura nº 5.

### ETAPA MECÁNICA: EL PREFILTRO

En una esquina del acuario situamos un compartimento con tomas en la superficie. Dentro de este compartimento, en la base del acuario, haremos un agujero. Los tanques de fibra acrílica tienen la ventaja, sobre los de cristal, de que es más fácil de realizar este agujero. El agua fluye a través de las tomas de superficie y, eventualmente, pasará a través del agujero situado en la base del acuario. Antes de abandonar el acuario, sin embargo, el agua pasa a través de un prefiltro, que está situado en el interior del rebosadero. La función del prefiltro es de filtro mecánico (para extraer partículas del agua) y usualmente se utiliza un área de gran superficie, como puede ser fibra o esponja.

Muchos aficionados no tienen la posibilidad de hacer un agujero en la base del tanque para la caja del rebosadero, particularmente si usamos un tanque de cristal. En este caso la unidad de prefiltrado será posible mediante la utilización de una caja-rebosadero situada en el interior del acuario, hacia la caja del prefiltro, situada en el exterior del mismo. En este tipo de unidad es muy importante evitar la rotura de la actividad del sifón. (N.T.: Sobre todo debido al corte de la corriente eléctrica, ya que al volver la luz se habrá roto la circulación del agua por el sifón y no llegaría el agua al filtro.)

La superficie espumosa del agua, en tanto que penetra a través de las ranuras de la caja del prefiltro, realiza una importante función. Durante la ruptura molecular de muchos productos de desecho se forman moléculas orgánicas en la superficie del tanque, así como los desechos de peces e invertebrados, esos restos tienen tendencia a subir hacia indeseables y potencialmente peligrosos niveles. Muchos de estos materiales orgánicos son atraídos hacia la interfase aire-agua del tanque y se acumulan allí. Mediante la espumación de la superficie estos materiales son continuamente extraídos del agua y entonces son recogidos sobre el material de prefiltrado. Este “film” de superficie inhibe los importantes intercambios gaseosos y puede reducir la intensidad de la iluminación bajo la superficie, y deben ser removidos.

El prefiltro retiene partículas que de otra manera se acumularían en el filtro de goteo. Este es el detritus (material marrón y heces) que aparece en todos los filtros bajo grava. Generalmente se le considera dañino. Este detritus puede llegar a ser roto por las bacterias heterotróficas (mineralizado) lo que envía más amoníaco dentro del sistema. Los detritus pueden aumentar el número de bacterias heterotróficas en el prefiltro, lo que competiría a la masa filtrante del filtro biológico. Un prefiltro ideal funciona exclusivamente como un filtro mecánico con pequeña o ninguna actividad biológica. Alguna filtración biológica se puede llegar a producir en algunos prefiltros debido a que la masa filtrante ofrece un espacio ideal para la fijación de las bacterias.

Una limpieza regular del prefiltro evita una continua renovación de la masa filtrante del filtro húmedo-seco. Esto, efectivamente, separa la filtración mecánica de la biológica en el sistema y elimina una de las mayores desventajas de la filtración bajo grava. La cantidad de materia recolectada dependerá de la cantidad de partículas, volumen de paso de agua por unidad de tiempo (Lts./h.) y el área de superficie del material filtrante. Una limpieza regular una vez a la semana debe ser suficiente para remover el detritus antes de que este sea mineralizado como amoníaco y otros componentes. Esta limpieza tiene también, como efecto deseable; el de reducir la población de bacterias nitrificantes y heterotróficas en el prefiltro.

Cuando los detritus se acumulan en el prefiltro impiden el flujo de agua. Las espirales de fibra en capas (N.T.: Mantas de perlón), que están fabricadas formando un rollo denso de fibra de poliéster y rodeadas de malla plástica, tienen como ventaja sobre otros materiales que el agua fluye mediante by-pass hacia áreas de acumulación de detritus y busca un paso de menor resistencia. Esto puede, efectivamente, aislar los detritus y prevenir una posterior mineralización. Naturalmente la mejor estrategia consiste en limpiar regularmente antes que depender de este efecto. Otros materiales, como las esponjas utilizadas en filtración, trabajan igual de bien si se limpian regularmente.

## ETAPA BIOLÓGICA: EL FILTRO POR GOTEO

La sección de goteo consiste en una gran área de superficie en la que el material está encajonado en una urna de cristal o acrílica que se sitúa bajo el acuario. Es aquí donde se sitúa la masa de filtración biológica, dado que el material provee de una gran área de superficie para el anclaje de las beneficiosas bacterias nitrificantes. Las mantas de fibra en espiral (N.T.: Llamados en España “perlón”) y las piezas de plástico (N.T.: “biobolas”) de diferentes diseños son utilizadas habitualmente en los filtros por goteo. La masa filtrante de los filtros por goteo debe ser elegida por su tendencia a minimizar la formación de canales (el flujo de agua debe ser uniforme) y la acumulación de detritos. Las mantas de fibra tienen la desventaja de acumular demasiados detritos y se están abandonando a favor de las esferas de plástico y aros con muchas áreas huecas a fin de reducir los atascos y espacios muertos.

Una caja de un pie cúbico (N.T.: 1 pie cúbico = 22.63 decímetros cúbicos) debe ser suficiente para contener el material filtrante necesario para un sistema de 100 galones (375 Lts.), incluso un menor volumen puede ser suficiente. Mayores volúmenes no deben ser necesarios debido a que el total de población de bacterias nitrificantes es más dependiente de la cantidad de amoníaco que ha sido producido que por el área de superficie aceptable para la colonización.

Después de abandonar el acuario el agua prefiltrada fluye por gravedad hacia una cabeza giratoria o a un plato difusor con numerosos agujeros, ambos sistemas reparten el agua de una manera uniforme sobre el filtro de goteo. En las barras giratorias el peso del agua y la orientación de los agujeros de la barra obligan a esta a girar, lo que asegura una mejor distribución del agua. Las barras giratorias tienen a veces problemas en su rotación si son ocluidas por detritos o si el caudal es demasiado bajo. Los platos difusores eliminan este problema al no contener partes móviles.

El filtro de goteo no debe ser hermético al aire, el material filtrante biológico requiere un aporte continuo de oxígeno para operar al máximo de su eficacia. Una posibilidad sería situar una piedra difusora en la cámara del prefiltro.

Además de la fibra y los materiales plásticos se usan, ocasionalmente, capas de gravas calcáreas (dolomita y trozos de coral) soportadas mediante bandejas bajo la barra difusora de agua. Estas bandejas son, generalmente, más pesadas que la fibra o el plástico y tienen tendencia a producir excesivo ruido al caer el agua en cascada. Hoy se emplean menos frecuentemente que cuando el acuario de arrecife comenzó a ser popular en EE.UU.

El diseño original de los filtros por goteo incorporaban una sección llamada “húmeda”. Esta consiste en una pequeña parte de la caja del filtro por goteo y contiene materiales calcáreos o grava de cuarzo. El agua gotea sobre la parte alta del filtro llenando la bandeja, manteniendo el material filtrante completamente sumergido. Este añadido provee alguna filtración biológica, la grava, si es calcárea, ayuda a mantener la capacidad tampón del acuario, (sin embargo, como ya hemos mencionado, este efecto es mínimo). Muchos acuaristas están, hoy en día, evitando la zona húmeda, ya que la filtración biológica que realiza es mínima. Sin embargo la sección húmeda ayuda a la filtración mecánica a recoger materiales antes de que entren en el depósito y puede consistir simplemente en una pieza de esponja para filtros.

La bomba se conecta directamente a la reserva, idealmente a través de un agujero en el lateral de la reserva, y envía el agua filtrada de nuevo al acuario. Otra posibilidad consiste en montar la línea de salida desde el interior de la reserva.

Los sistemas avanzados contienen un flotador interruptor que corta la energía hacia la bomba cuando el nivel de agua en la reserva baja en exceso. La bomba ha de tener suficiente capacidad como para retornar de tres a cinco veces el volumen del sistema por hora (por ejemplo, un sistema de 100 galones USA (375 litros) necesita una bomba que pueda manejar de 300 a 500 galones/hora). (N.T.: En cambio, los aficionados europeos sugieren que las bombas han de hacer circular el agua a razón de 1 o 2 vueltas/hora, o 10 vueltas/hora).

Se puede estimar el valor de galones/hora mediante los datos suministrados por el fabricante, pero estos datos están basados en que no haya resistencia (presión de cabeza) en la salida de agua. La salida real es considerablemente menor, particularmente si la presión de cabeza es de tres ó cuatro pies trabajando contra el flujo de la bomba. La salida real puede ser determinada chequeando el tiempo requerido para llenar un depósito de volumen conocido y calculando los galones/hora.

## FILTROS POR GOTEO DE PEQUEÑO TAMAÑO Y ACUARIOS NATURALES

Se localizan con facilidad pequeñas unidades de filtros por goteo. Tienen la ventaja de incorporar una gran capacidad de nitrificación en unidades compactas que se sitúan dentro del acuario. De este modo los pequeños acuarios pueden conseguir los beneficios de este sistema de filtración, sin ser necesarios esos caros y grandes filtros por goteo que deben situarse bajo el acuario. Los grandes acuarios pueden usar dos de estos útiles packs de filtración.

Una ventaja adicional de los filtros que se sitúan dentro contra los que se sitúan bajo el acuario es que reducen la carga de presión de la cabeza de bomba. Debido a que el agua no tiene que ser elevada como en los grandes, la potencia de salida puede ser más grande que en aquellos sistemas en los que una bomba está situada en un depósito de reserva. Con una bomba más pequeña calentaremos menos el agua. Esto puede ser una ventaja durante los periodos calurosos, cuando las temperaturas pueden aumentar hasta niveles que puedan estresar a los sensitivos corales.

Algunos acuaristas están abandonando los filtros por goteo en favor de los llamados "acuarios naturales". En un sistema arrecife saludable y con una entrada mínima de alimentos y nutrientes es ciertamente posible crear una floreciente comunidad sin necesidad de un filtro biológico externo. En estos sistemas las bacterias cubren todas las superficies del acuario y utilizan la roca viva como procesadoras del nitrógeno. Es muy importante mantener una, relativamente, baja carga biológica inicialmente y aumentarla lentamente. Los fraccionadores de espuma son comúnmente utilizados para reducir la carga de materiales orgánicos y proveen una aireación adicional. La decisión de elegir esta vía no debe ser realizada a la ligera. La desconexión del filtro por goteo prematuramente puede convertirse en un caro y memorable error.

## 2. LUZ EN EL ACUARIO DE ARRECIFE

El arrecife de coral típico recibe una cantidad de radiación natural que es difícil de igualar en el acuario. La luz del sol es usada por las algas durante el proceso de fotosíntesis para fabricar los materiales necesarios para su crecimiento, supervivencia y reproducción. Ambas, la intensidad de la luz y su espectro deben ser considerados cuando intentamos suplir las necesidades de las algas.

El fitoplacton, las algas y muchos corales, anémonas y ciertos otros invertebrados que contienen algas vivas en su mucosa, requieren relativamente altas intensidades de luz en orden a su crecimiento. El acuario típico marino, con uno ó dos tubos fluorescente, no pueden acercarse a la cantidad necesaria de luz. Corales y algas situados bajo condiciones inadecuadas de luz rápidamente se blanquean y mueren (al perder las algas simbióticas zooxantelas que son las que les ceden cerca del 90% de las necesidades proteínicas de sus hospedadores). (N.T.: Este proceso se denomina oxidación cuando la pérdida de zooxantelas se debe a un aumento brusco de la cantidad de luz).

#### REQUERIMIENTOS DE INTENSIDAD Y ESPECTRO DE LAS ALGAS

Las algas contienen una variedad de pigmentos que absorben luz visible y convierten esta energía en una forma que es usada durante la fotosíntesis. Varios tipos de algas verdes son las más codiciadas para los acuarios de arrecife (N.T.: Generalmente Caulerpas). Ellas contienen el pigmento clorofila (el cual absorbe ondas de luz azul y roja primariamente, ver Fig. 6) y varios carótenos (ondas de luz azul y verde). Las algas rojas también contienen pigmentos de phicobilina que absorben ondas de luz verde, amarillo y naranja. Las algas verdes generalmente requieren entre dos y cuatro veces la intensidad de luz requerida por las algas rojas en orden a prosperar. Las algas marrones, que son el grupo dominante en aguas templadas, son poco comunes en los trópicos y juegan un rol mínimo en los acuarios de arrecife.

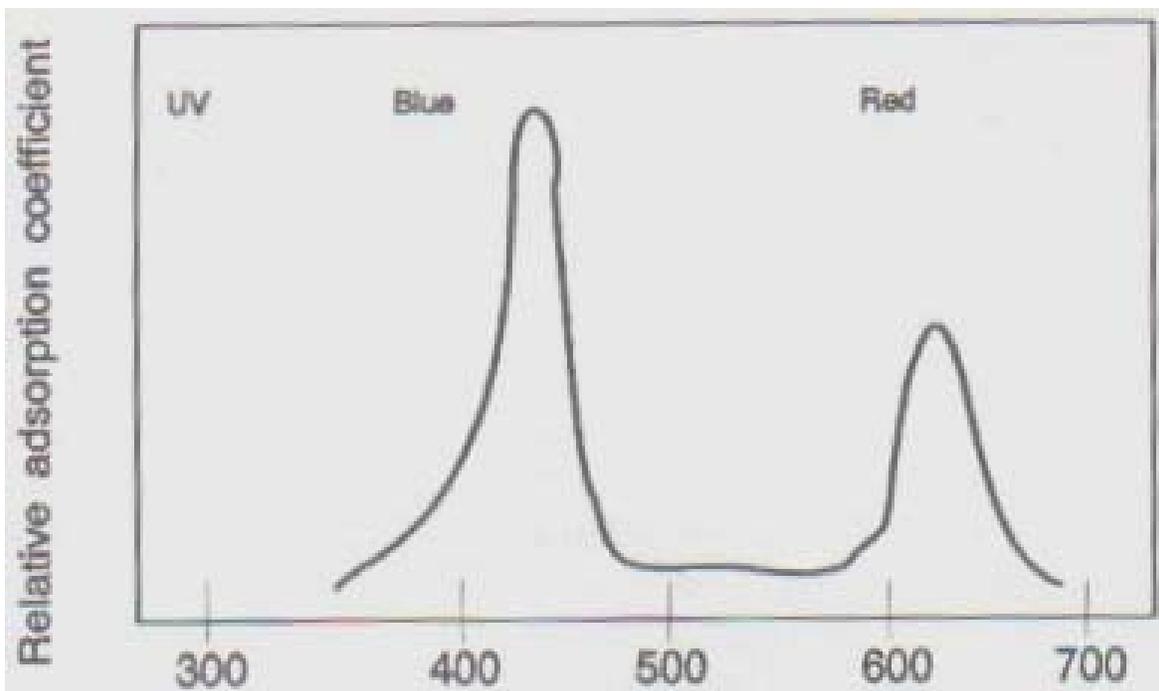


Figura 6, ESPECTRO DE ABSORCION DE LA CLOROFILA

En un arrecife de coral natural, la luz del sol puede llegar a proveer hasta 100.000 lúmenes por metro cuadrado (conocido como un lux, la medida del total de intensidad de la luz emitida por un foco, basado en la sensibilidad del ojo humano) en la superficie del agua. Esta energía radiante se distribuye en longitudes de onda desde el rango de las ultravioletas hasta el rojo. Sin embargo la luz roja es rápidamente filtrada tal como va atravesando el agua y esta ausente en profundidades que excedan los cincuenta pies, esto puede llegar a ser muy importante para el crecimiento de algas y corales de aguas superficiales. Las zooxantellas simbióticas de los corales de aguas relativamente profundas (entre 20 y 40 pies) prefieren primariamente el final azul del espectro.

Debido a que puede ser dificultoso imitar la intensidad y espectro natural de la luz, es posible mantener un acuario de arrecife con una intensidad menor. Muchos organismos marinos fotosintéticos requieren una intensidad de alrededor de los 10.000 lux, cantidad de luz que queda dentro de las posibilidades del acuarista (ver Fig. 7, observando la rápida caída de la intensidad versus profundidad).

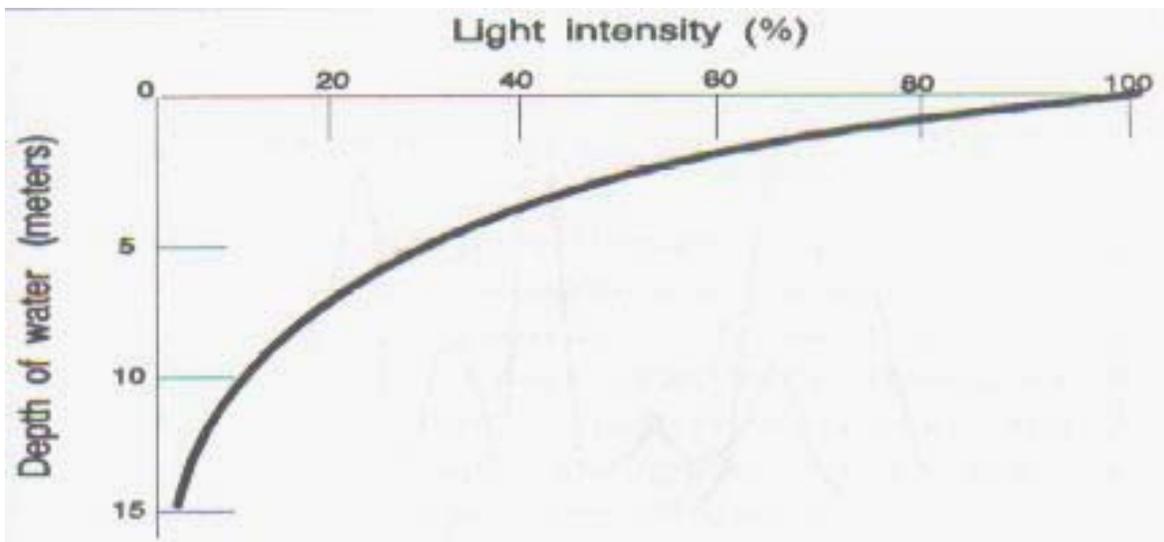


FIGURA 7 : INTENSIDAD DE LA LUZ EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD DEL AGUA REDIBUJADO POR FOGG (1968)

## SISTEMAS DE ILUMINACION

Para un acuario de arrecife de 200 litros es necesario un mínimo de 4 a 6 fluorescentes de 40 vatios, dando una salida típica de 50 a 75 Lumens/watio. Un sistema de 100 galones puede requerir, como mínimo dos fluorescentes de más de cuatro pies. Fluorescentes de amplio espectro, aquellos que emiten luz visible y ultravioletas e infrarrojos situados fuera del espectro de luz visible hacia ambos extremos, deben ser usados ya que resultan mucho mejores para el crecimiento de corales y algas. Vita-Light (TM), Ultralune (TM), Sylvania Day-Light (TM), Coral-Light (TM) y Trichromatic (TM) (todos estos tubos son marcas registradas) son todas válidas para este propósito.

Las lamparas de 60 vatios de Alta Salida (HO) y las de 110 vatios (VHO) muy alta salida han ahora entrado en la arena de la iluminación y son ideales para proveer una alta intensidad con sistemas de fluorescentes.

Elas requieren transformadores con rangos de muchos miliamperios. Los transformadores standard pueden encender las lampara, pero no pueden proporcionar el máximo de intensidad. Son los mejores fluorescentes que se pueden conseguir y Vd. deberán añadir también dos lamparas azules (como la Phillips Actinic 03 (TM)) que concentra mucho de la energía radiante en longitud de onda de las ultravioletas que son utilizadas particularmente por los organismos fotosintéticos (figura 8). Recientemente han aparecido lámparas como Coralife (TM) 50/50 Lamp (TM) combina esa longitud de onda con picos en las fracciones verde y roja del espectro visible de luz.

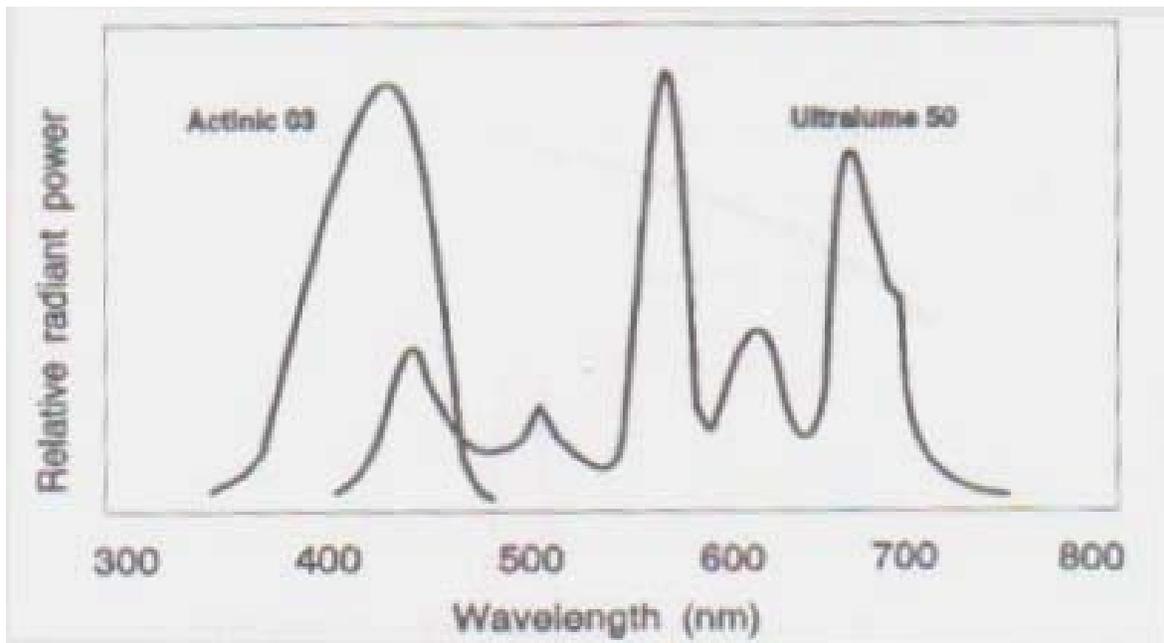


FIGURA 8: Curvas de poder distribución espectral para el fluorescente Phillips Actinic 03 (TM) Azul y Ultralume 50 (TM).

Otra excelente posibilidad son las lámparas de halogenuros metálicos. Una lampara de 175 W puede ser suficiente para un sistema de 50 a 100 galones. Aunque relativamente caras, estas lámparas emiten una radiación de gran intensidad que no puede ser conseguida mediante ningún fluorescente. Las lamparas de halogenuros metálicos (HQI) vienen cerrados en un sistema que equivale a la intensidad del sol en un arrecife de coral. Para conseguir la distribución espectral de la luz del Sol Vd. debe seleccionar una bombilla HQI con una temperatura de color de cómo mínimo 5000 °K.

Las desventajas de las lamparas de halogenuros metálicos incluyen un relativo alto coste inicial y una tendencia de los transformadores de producir una gran cantidad de calor que puede ser evitado con la adicción al sistema de un equipo de refrigeración, ó, como mínimo, de un juego de ventiladores que expulse el calor fuera del acuario. Los HQI tienen también una tendencia a hacer que el agua aparezca amarilla.

Sin embargo muchos acuaristas de arrecife han señalado que los HQI son superiores a los fluorescentes a largo plazo para el éxito del miniarrecife y de los corales. Una combinación de halogenuros metálicos y sistemas de fluorescentes actínicos azules son ahora conseguibles y pueden ser el sistema de iluminación ideal.

Todas las lámparas deben tener una baja salida de dañinas radiaciones ultravioletas, las cuales pueden producir graves daños e incluso matar a corales y otros invertebrados. Los HQI y VHD pueden producir cantidades significativas y deben ser equipados con filtros que eliminen mucho de esa porción del espectro.

Idealmente estas lámparas no deben de tener un protector de cristal entre la luz y la superficie del agua del acuario. Si se añaden, estas tapas de cristal absorberían un 25% de la luz, además el cristal tiende a cubrirse con una capa de algas y sal que reduce completamente su transparencia. Si la cubierta es necesaria está deberá ser acrílica ya que esta permite pasar más luz. Las lámparas deben ser situadas lo más cerca posible de la superficie del agua debido a que la intensidad cae dramáticamente cuando se aumenta la distancia. Esta es la principal razón que hace que los tanques altos no puedan hacer buenos acuarios de arrecife.

#### IMPORTANCIA DEL FOTOPERIODO

Además de la intensidad de la luz y el espectro, el fotoperiodo es otra propiedad de los sistemas de iluminación que debemos considerar. La luz debe mantenerse de 12 a 14 horas al día.

No es necesario más horas que estas, e incluso un exceso puede ser dañino para las algas que requieren un periodo de oscuridad. Esto se consigue conectando un reloj programador en el sistema de iluminación el cual provee un ciclo preestablecido que será beneficioso para el crecimiento de las algas. Los sistemas de iluminación más elaborados incorporan métodos que gradualmente incrementan y decrementan la intensidad de la luz estando más cerca de crear un modelo real. Después de más ó menos un año de operar todos los fluorescentes deben ser reemplazados sin miramientos aún aquellos que aparecen brillantes. Con esta antigüedad los fluorescentes típicos pueden haber perdido un 30 % de su intensidad y padecen una indeseable desviación en su espectro.

<b>TIPO DE FLUORESCENTES</b>	<b>LUMENES</b>	<b>GRADOS KELVIN</b>
GRO-LUX	930.-	-----
SYLVANIA DAYLIGHT	2600.-	6000.-
COLORTONE 75	2000.-	7500.-
ULTRALUME 50	3300.-	5000.-
CHROMA 50	2400.-	5000.-
COOL WHITE	3150.-	4200.-

TABLA 2: INTENSIDAD DE LA LUZ (LUMENS) EN ALGUNOS FLUORESCENTES DE 40 WATIOS.

### 3. BASE DE ROCAS

La importancia de la base de roca en un acuario de arrecife es fácil de pasar por alto. Estas rocas calcáreas, que se recolectan habitualmente en Florida y el Caribe, se derivan de formaciones creadas por organismos con conchas, corales y algas coralinas. Estas bases de roca son esenciales para muchos organismos importantes. Frecuentemente se recogen piezas que llevan un año ó más situadas en el fondo del mar. Las piezas coralinas inicialmente estériles rápidamente adquieren poblaciones de bacterias y microorganismos beneficiosos.

Cuando está poblada por varios animales como esponjas, corales, anémonas, gusanos, cangrejos, estrellas de mar y una variedad de otros invertebrados, además de bacterias y otros microorganismos, la roca calcárea es conocida como “roca viva”. Aunque obviamente no siempre se les da este nombre debido a la abundancia de animales y algas residentes. Las rocas vivas bien pobladas son más caras que la base de rocas y puede servir como decoración de la parte trasera del acuario una vez hayamos estabilizado el sistema.

Una función de la base de rocas es la de servir para recrear un arrecife, es sobre esta base de rocas donde todos los corales, anémonas y otros invertebrados deben de situarse. Ellas también proveen una masa de agujeros y canales para que peces e invertebrados se escondan.

Un primer papel de la base de roca es proveer de espacio de anclaje en cada pieza a un vasto número de bacterias aerobias y anaerobias.

La función de las bacterias aerobias es la ruptura del amoníaco y otros subproductos de desecho. De hecho esta filtración biológica es posible de realizar enteramente en la base de roca y dispensa de este trabajo al filtro de goteo si la entrada de nutrientes en este es mínima.

Diferentes tipos de bacterias anaerobias tienen un rol importante en el proceso de desnitrificación, el cual asume un papel crucial en el funcionamiento suave de los acuarios de arrecife.

La naturaleza porosa de estas rocas hace incrementar mucho el área de superficie necesaria para que anclen las bacterias. La base roca es también una fuente de incontables pequeños organismos que sirven como comida para peces e invertebrados filtradores.

### 4. CONTROL DE COMPONENTES NITROGENADOS

Los filtros por goteo son muy efectivos para convertir amoníaco en nitratos. Desgraciadamente se produce un proceso de acumulación de nitratos en un acuario de arrecife si no hay otro proceso para contenerlo. Aquí es donde las bacterias anaerobias beneficiosas contenidas en la base de roca y en las unidades desnitrificadoras, así como algas y cambios regulares de agua ayudan en el control de los componentes nitrogenados.

#### DENITRIFICACION

Se trata de una serie completa de interacciones químicas, bacterias conocidas como denitrificantes convierten las moléculas de nitratos en nitrógeno gas. Esta sustancia dañina (que compone cerca del 80% de nuestra atmósfera) es devuelta al acuario. De esta forma el nitrógeno que originalmente se presentó como amoníaco tóxico es eventualmente convertido en una forma poco dañina en el acuario.

La denitrificación ocurre de una forma muy limitada en el acuario típico de filtración bajo grava, debido a que solamente puede producirse en ausencia de oxígeno.

Dos métodos primarios para la denitrificación pueden estar presentes en un acuario de arrecife. Una es la previamente mencionada abundancia de bacterias denitra en la roca base y la grava de coral. La roca base es extremadamente porosa y el agua del acuario se va absorbiendo lentamente, proveyendo un suplemento regular de nitratos a las bacterias denitra.

Un sistema de denitrificación adicional puede ser añadido al acuario de arrecife. Estas unidades, conocidas como “denitra” proveen un corto goteo de agua a través de una serie de cámaras conteniendo fibra de perlón ó similar en multicapas ó cualquier otro material de filtración de una gran superficie. Cada cámara se provee con una bolsa pequeña ó tabletas de comida, las cuales son de azúcar ó alcohol que son fuentes de carbono para las bacterias, cuando consumen la comida las bacterias también separan el oxígeno (que respiran) de los nitratos para formar nitrógeno gas.

Hay algunas cuestiones sobre el valor de uso de las unidades denitrificadoras. En muchos casos no son necesarias, debido a la denitrificación proveída por las rocas vivas, y el nitrato separado a través del crecimiento de las algas y los adecuados cambios de agua. También es dificultoso afinar la graduación del sistema, una tasa de flujo de agua demasiado bajo puede producir una subida excesiva de Sulfuro de Hidrógeno (olor a huevos podridos) mientras que un flujo de agua rápido destruye las colonias de bacterias nitrificantes. Si usted tiene fuerza de voluntad para mantener la atención constante que estas unidades requieren (pueden necesitar ajustes diarios) entonces puede ser usado junto a la denitrificación conseguida mediante roca viva.

## CRECIAMIENTO DE ALGAS E INTERCAMBIO DE AGUA

Otra manera de extraer nitrógeno que ocurre en un acuario de arrecife es debido al crecimiento de las algas. Todas las algas utilizan componentes nitrogenados cuando crecen nuevas hojas.

Ellas toman, incluso, amoníaco directamente del agua, removiendo este antes de que pueda ser convertido en nitrato por las bacterias. Por lo tanto la recolección mediante algas es un sistema utilizado para remover componentes nitrogenados del sistema.

Algunos sistemas utilizan los llamados filtros de algas, los cuales están usualmente conectados en paralelo con el flujo principal de agua. Usando una cámara con bandejas poco profundas expuestas a una iluminación intensa, el crecimiento de las algas aumenta considerablemente. Estas algas tienen como función remover componentes nitrogenados y otros materiales que se van acumulando.

Sin embargo el método de control de nitratos más utilizado es el simple cambio de agua. Un cambio mensual del 20% del agua, preferiblemente mediante cambios semanales del 5%, puede ser de gran valor en la prevención de subidas de nitratos (al ser cambios semanales se minimizan los disturbios en el balance químico del agua). Disminuir la alimentación es también una forma excelente de reducir las subidas de nitratos y otros productos indeseables. En un acuario de arrecife saludable los corales deben requerir muy poca alimentación directa, ya que ellos utilizan materiales (proteínas) cedidos por las algas simbióticas, las zooxantellas. Un exceso de alimentación sirve solamente para incrementar los niveles de nutrientes.

## 5. CORRIENTES FUERTES DE AGUA DENTRO DEL ACUARIO

Si usted se sumerge en un arrecife de coral típico observará que el agua está en constante movimiento. Los invertebrados y algas que aparecen anclados al sustrato tienen una necesidad vital de este movimiento de agua. Las algas marinas tienen una constante gran demanda de varios nutrientes como son los nitratos, fosfatos y elementos traza. Sin este movimiento de agua de fondo pueden aparecer completamente faltas de estas sustancias vitales. Sin embargo, las algas no consiguen ese movimiento de agua por ellas mismas, dependen completamente de las siempre presentes corrientes y olas en el arrecife.

Invertebrados como los corales, anémonas y gusanos abanico son también incapaces de crear sus propios movimientos de agua (N.T.: Excepto algunos, como la conocida *Xenia* “pumping” capaz de abrir y cerrar sus brazos continuamente para provocar corrientes que atraigan oxígeno y alimento.) Sin embargo ellas necesitan las corrientes de agua y las olas para remover polución, piel muerta y organismos fallecidos. Ellos y otros filtradores como los pequeños organismos planctónicos necesitan un constante servicio de agua rica en nutrientes en orden a su prosperidad.

El sistema ideal puede incorporar un generador de olas en orden a imitar un profundo y fuerte oleaje que es típico en muchas áreas del arrecife. Un mecanismo de oleaje ayuda en la formación de olas en el acuario, lo cual es mucho más efectivo que una corriente a través del tanque. Sin embargo, las corrientes unidireccionales producidas por las bombas de agua suelen ser suficientes.

En el típico sistema de arrecife el retorno de agua de la bomba (la cual está conectada a la reserva) es usualmente suficiente para proveer una fuerte corriente a lo largo del acuario. Si las algas y los corales del acuario son agitados por el fuerte oleaje de fondo, entonces el movimiento de agua es el adecuado. Si no usted debe añadir una bomba sumergible auxiliar para proveer un mayor movimiento de agua. Un sistema para aumentar ese movimiento del agua es el de utilizar un tubo con pequeños agujeros en la salida de la bomba ( N.T.: Una flauta). Los sistemas de bomba duales, que poseen dirección en un ciclo regular proveen de un cambio natural en la dirección del movimiento del agua. Muchos diseños complicados pueden ser incluso más efectivos, como el de los tanques que regularmente se llenan y vacían de agua (N.T.: como en las mareas, y haciendo olas en conjunción con la marea mejor aún).

La circulación del agua también ayuda en el intercambio de gases con el exterior. De esta forma se extrae el dióxido de carbono y el oxígeno es absorbido por el agua del acuario. La combinación de una fuerte corriente de agua en el acuario y la lluvia de agua en el filtro de goteo provee agua que contiene la máxima cantidad de oxígeno que este puede portar ( lo que se conoce como saturación de oxígeno).

Esta gran cantidad de oxígeno en el acuario de arrecife es beneficioso para los peces e invertebrados que viven normalmente en un medio saturado de oxígeno. La interfase aire/agua en el acuario es otro importante lugar de intercambio de gases, de ahí la necesidad del Skimmer de proteínas.

## 6. ELIMINACION DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS

En un sistema cerrado pueden acumularse numerosos compuestos orgánicos como excrementos de los animales, algas (las cuales expulsan toda una variedad de materias orgánicas (N.T.: como fenoles), excesos de comida y materiales de desecho. Muchos de estos se rompen en formas simples debido a la acción de las bacterias heterotróficas que se comen estos compuestos orgánicos. No todos los materiales orgánicos pueden ser fraccionados completamente en elementos simples y entonces tienden a subir los niveles potencialmente perjudiciales.

Niveles excesivos de componentes orgánicos pueden:

- Retrasar el crecimiento de los peces
- Reducir los niveles de luz, particularmente cuando los componentes crean un color amarillento en el agua.
- Producir compuestos tóxicos
- Crear más detritus que acumulan en el prefiltro y en el filtro por goteo.
- Aumentar la biomasa bacteriana en el acuario (N.T. con lo cual aumenta la D.B.O, demanda biológica de oxígeno, el agua ya no está en saturación, los invertebrados y peces encuentran menos, etc.)
- Romper el amortiguador (buffer) y caer el ph.

Los cambios de agua son el método directo más usado para remover materiales orgánicos disueltos, sin embargo todos pueden ser removidos en proporción a su concentración. Los materiales orgánicos disueltos pueden ser removidos por medio del proceso de adsorción física por algunos tipos de materiales (N.T.: Adsorber: añadir a. Absorber: introducir dentro de N.T.). Los fraccionadores de espuma y el carbón activado se utilizan por adsorción y son métodos empleados para remover compuestos orgánicos que son no biodegradables ó son demasiado pequeños para ser filtrados. Desgraciadamente en los cambios de agua este proceso es selectivo ya que no todos los materiales orgánicos pueden ser expulsados. La adsorción física debe ser utilizada como un suplemento usual a los cambios de agua. La posición ideal para la adsorción física en el sistema (N.T.: Ya sea mediante carbón activado ó espumador de proteínas.) será a continuación de la filtración mecánica y biológica ya que se incrementará su efectividad debido a una carga orgánica ya reducida (N.T.: Es una teoría, otra dice que sí eliminamos la mayoría de los compuestos orgánicos antes de que sean convertidos en elementos simples tendremos unos filtros mecánicos más limpios y una filtración biológica más efectiva Aunque debemos contar con que las filtraciones biológica, química y la separación de proteínas se producen gracias a nuestra insistencia en hacer pasar el agua una y otra vez por los filtros).

## 7. FRACCIONADOR DE ESPUMA

Los fraccionadores de espuma son más comúnmente conocidos como skimmers de proteínas, ya que actualmente pueden remover un amplio rango de componentes orgánicos en adicción a proteínas. Solamente aquellas moléculas conocidas como surfactantes pueden ser recolectadas en un fraccionador de espuma. Estos compuestos tienen un extremo que es hidrofílico (atraído por el agua) y otro hidrofóbico (al que repele el agua), de ahí su atracción por la interfase aire-agua (figura 9).

En un fraccionador de proteínas dependiente de un difusor una corriente de agua entra por la parte alta de un tubo en dirección contraria al flujo de aire producida por un difusor de madera (figura 10). Esto es conocido como un diseño a contracorriente y es más efectivo que aquellos en los que el aire y el agua fluyen en la misma dirección. Los surfactantes son adsorbidos por las burbujas de aire y estas se rompen en la superficie cuando ellas son recolectadas en forma de espuma en una copa que debe ser limpiada regularmente (idealmente a diario). Las burbujas pequeñas y uniformes son más efectivas que las grandes ya que proveen una mayor superficie de adsorción. Los fraccionadores se sitúan habitualmente en la reserva del filtro por goteo, aunque algunas unidades trabajan sobre ó dentro del acuario.

Los tanques de 500 Lts ó más pueden beneficiarse de skimers eléctricos más potentes. En vez de usar una piedra difusora estos fraccionadores usan una bomba de agua sumergible para forzar al agua a entrar en la cámara de reacción. El aire es introducido dentro de la cámara hasta el fondo mediante una sistema venturi en la línea de entrada (N.T.: Un sistema Venturi es un tubo que queda enclavado en la salida de agua de la bomba, la corriente de agua absorbe aire del exterior mezclándolo con el agua, con lo que obtenemos una agua hiperoxigenada y plagada de pequeñas burbujas de aire). La espuma sube por el tubo hasta la copa recolectora de desechos.

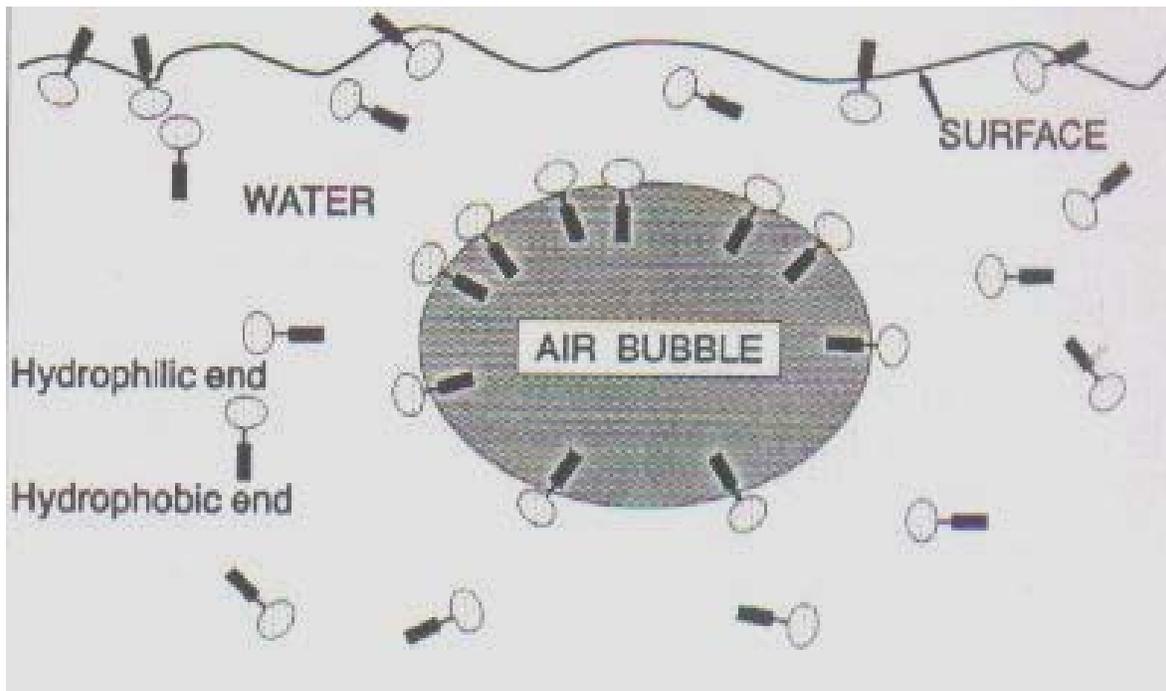
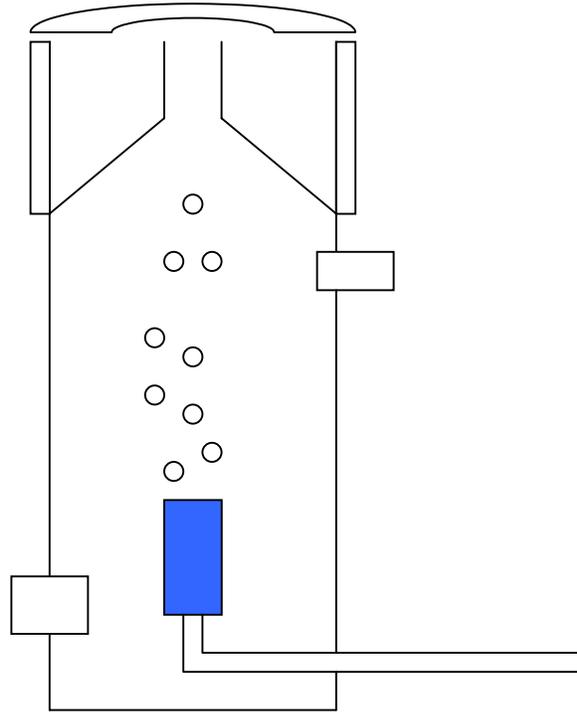


FIGURA 9: DIAGRAMA DE UNA BURBUJA DE AIRE ADSORVIENDO MOLECULAS ORGANICAS DE SUPERFICIE ACTIVA (SURFACTANTES) REDIBUJADO POR SPOTTE (1979)

FIGURA 10: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN FRACCIONADOR DE ESPUMA A CONTRACORRIENTE.



## 8. USO DEL OZONO

Algunos acuaristas prefieren usar, en vez de aire, el altamente reactivo ozono ( $O_3$ ) en conjunción con un fraccionador de proteínas. El ozono ayuda a fraccionar moléculas orgánicas y puede ayudar en la extracción de algunas que ordinariamente no se ven afectadas por el skimmer. El uso efectivo del ozono puede eliminar los materiales orgánicos que amarillean el agua, devolviéndola transparente y cristalina. El ozono es usualmente introducido en la cámara de reacción del fraccionador por un compresor de aire ó mediante el venturi después de haber sido producido por un generador de ozono (ozonizador). Debido a su naturaleza altamente reactiva (N.T.: El ozono es tremendamente inestable, es oxígeno triatómico, con 3 átomos en vez de dos, esa tercera molécula, que hemos producido al pasar aire por un arco eléctrico, oxidará casi cualquier otro compuesto.) el ozono no puede ser introducido directamente en el acuario ya que puede dañar seriamente a peces e invertebrados (N.T.: No puede, se que lo hace siempre). Un medidor de potencial redox debe ser usado para determinar indirectamente el rango adecuado de adicción de ozono (ver páginas dedicadas al Potencial Redox). Este es un método tosco de control, sin embargo, incluso los acuarios públicos tienen dificultades a la hora de establecer sistemas de control seguros para la dosificación del ozono.

## 9. CARBON ACTIVADO

También se usa el carbón activado en el control de elementos orgánicos y, aunque es menos selectivo que los fraccionadores de espuma sin embargo puede remover componentes que no tienen actividad surfactante, ósea, aquellos que no tienen secciones hidrofóbicas e hidrofílicas.

El agua fluye a través de numerosos poros y canales dentro del carbón, y los componentes orgánicos son adsorbidos por los materiales de una gran área de superficie. Podemos utilizar un filtro exterior con una provisión de filtración química para exponer el agua al carbón. Como alternativa, aunque es un método menos efectivo, podemos situar una bolsa de carbón (conteniendo el mismo tipo de carbón puro de grano fino, llamado generalmente hidrocarbón ó carbón clase gas) en la parte húmeda del filtro por goteo. El carbón activado se usa generalmente para eliminar el color amarillo que aparece después de varios meses de funcionamiento.

## 10. OTRAS CONSIDERACIONES

El carbón activado y los fraccionados de espuma tienen la capacidad de eliminar también los elementos traza que son esenciales para el bienestar de algas y corales. Si usamos métodos de adsorción física de una forma continuada los elementos traza (localizables en soluciones comerciales) deben de ser añadidos regularmente preferiblemente a continuación de los cambios de agua.

Usted puede usar el carbón activado solo periódicamente, cuando el agua toma un color amarillo. Si usted usa carbón activado continuamente entonces este debe ser cambiado mensualmente. Otros métodos de adsorción física, como las resinas intercambiadoras de iones y las zeolitas, no tienen cabida en el acuario de arrecife, ambas quedan exhaustas rápidamente en el agua salada, rica en iones y no sirven para su propósito. Las zeolitas, que se usan para remover amoníaco en agua dulce en agua marina devuelven al agua esta peligrosa toxina.

### • ESTABLECIENDO UN ACUARIO DE ARRECIFE VIVO

Numerosas compañías fabrican sistemas para los acuarios de arrecife. Usted debe seleccionar un sistema que incorpore los principios detallados en capítulos anteriores.

Un centímetro y medio de coral molido, arena de coral ó conchas limpias partidas deben cubrir la base entera del acuario. No debe haber zonas más gruesas donde se puedan formar áreas anaerobias y si lo desea, no tiene porque ponerla. Entonces usted puede añadir el agua de mar (las mezclas sintéticas de sales son mejores cuando la mezcla se realiza con agua fresca pura, pasada por osmosis inversa u otros métodos de purificación). Recuerde que debe dejar algún espacio para la base de roca que Vd. deberá de ir añadiendo con el tiempo.

Usted debe arrancar el sistema un día ó dos antes de añadir la base roca, para estar seguro de que el sistema funciona correctamente y que la temperatura se mantiene estable entre 76 y 78° F.(N.T.: De 24.5 a 25.5 ° C.) Un control adecuado es crítico ya que muchos corales son sensibles a las fluctuaciones ó a las altas temperaturas. Un calentador sumergible de suficiente watage puede ser situado directamente en el acuario, ó preferiblemente, en la reserva, Vd. debe asegurarse de que la reserva nunca quedará vacía de agua por la bomba debido a que la exposición del elemento calefactor al aire posiblemente causará su rotura.

## 1. ESTABLECIENDO EL CICLO BIOLÓGICO

Tenemos tres métodos para establecer el filtro biológico en el filtro por goteo:

1° Uso de base de roca limpia

2° Arrancar con roca viva fresca sin limpiar

3° Siembra del filtro usando cultivos de bacterias nitrificantes y cloruro amónico previamente a la adición de la base de roca.

La base de roca es lavada y enjuagada con agua de mar para eliminar material muerto y de invertebrados desprendibles. Esta debe de ser situada en un tanque bien aireado durante una ó dos semanas, durante las cuales cualquier material adicional desaparecerá. Aunque algunos de los animales y algas de la roca puedan morir, algunas esporas y restos de familias de bacterias, algas y otros organismos reaparecerán. De esta forma la base de roca limpia producirá poca carga de material orgánico. La roca que es seleccionada para este proceso usualmente tiene pocos organismos originalmente, las mejores piezas son salvadas para ser vendidas como roca viva como el mejor complemento para el enganche de invertebrados.

### a. ESTABLECIENDO EL FILTRO BIOLÓGICO CON BASE DE ROCA LIMPIA

Emplazar la base de roca es más un arte que una ciencia. Es necesario, aproximadamente 900 grs. a 1 kilo por cada 5 litros de agua.

Las rocas pueden ser apiladas en la parte trasera del acuario de manera que formen una ladera. Las rocas más grandes deben ser usadas en la parte baja con las piezas más pequeñas sobre ellas y en el suelo del acuario hacia el frente.

Se deben proveer cuevas entre las rocas como lugares de escondite para los peces e invertebrados. Los espacios también promueven una mejor circulación de agua entre las rocas. Debemos formar terrazas para situar corales y roca viva. Para aumentar la circulación de agua alrededor de las piedras un tubo de plástico con agujeros (una flauta) puede ser conectado al retorno de agua del filtro de goteo. Este debe ser situado cerca de la base posterior del acuario para reducir la formación de bolsas de agua anaerobias.

El uso de roca viva sin limpiar para iniciar un acuario de arrecife puede ocasionar una subida masiva de amoníaco durante la primera semana de funcionamiento debido al fallecimiento de animales en las rocas. Con roca limpia Vd. jamás sufrirá una sobrecarga de amoníaco. Bastante material podrido añadirá vestigios para proveer el amoníaco necesario para el establecimiento de las bacterias nitrificantes.

Algunas rocas son limpiadas completamente y será necesario añadir trazas de amoníaco para que puedan comer las bacterias nitrificantes. Peces duros y baratos, como las damiselas, son aceptables para este propósito. Sin el pez, las bacterias nitrificantes se establecerán con una baja densidad en equilibrio debido al bajo nivel de amoníaco y pueden no ser capaces de soportar el incremento de carga cuando sean añadidos peces e invertebrados. Una desventaja de este método es la dificultad de capturar el pez para sacarlo del acuario una vez haya completado su tarea.

Después de, aproximadamente, dos a cuatro semanas las bacterias nitrosomonas existen en la densidad suficiente para convertir todo el amoniacó en nitritos. (La figura N° 11 ilustra una curva típica del ciclo del nitrógeno) Chequear los niveles de amoniacó cada cuatro días puede ayudarle a determinar cuando hemos llegado a este punto, ósea cuando el nivel de amoniacó es cercano a cero. El nitrito puede continuar subiendo durante dos o tres semanas más hasta que las bacterias Nitrobacter, que son las que convierten nitritos en nitratos, han alcanzado su densidad de equilibrio. Vd. deberá entonces observar una caída rápida de los nitritos hasta niveles indetectables. El nitrato crecerá lentamente hasta un punto de equilibrio (esperanzados en que sea menos que 10 Ppm) basado en la entrada de nitrógeno en el sistema y consecuentemente debe y puede ser extraído mediante diferentes recursos.

Los invertebrados como los corales, anémonas y gusanos tubícolas, y los peces no pueden ser añadidos durante el periodo inicial que normalmente dura de 30 a 45 días de trabajo. Esas criaturas deben añadirse solamente cuando hemos conseguido una maduración completa de filtro biológico, cuando los niveles de amoniacó N y Nitrito-N sean menores de 0'1 PPM. En este punto la cama del filtro está acondicionada y la densidad de bacterias está en equilibrio con la entrada de amoniacó. El filtro biológico puede fácilmente manejar todas las entradas normales de amoniacó, y también puede ajustarse a una mayor carga de amoniacó gracias al incremento de bacterias cuando se añaden nuevos animales. El ajuste no es inmediato y Vd. puede detectar un aumento temporal del amoniacó durante un día ó dos después del aumento de la carga biológica.

El largo tiempo que transcurre entre la introducción de las bacterias en el filtro (vía la base de rocas) y el acondicionamiento total es debido, primariamente, a la necesidad de que las bacterias nitrificantes se multipliquen con relativa facilidad, incluso por debajo de las condiciones óptimas.

El filtro por goteo, una vez establecido, es una entidad viva. Vd. debe evitar que la bomba esté apagada más de un par de horas. Después de 24 horas, las bacterias nitrificantes, que requieren un suplemento constante de oxígeno, pueden comenzar a deteriorarse ¡esto puede destruir el filtro biológico y poner su acuario de arrecife en peligro! Si la electricidad falta durante más de 5 ó 6 horas, Vd. deberá hacer circular agua desde el acuario hacia el rebosadero. Esto puede ayudar a mantener húmedo el material de un filtro por goteo y esto

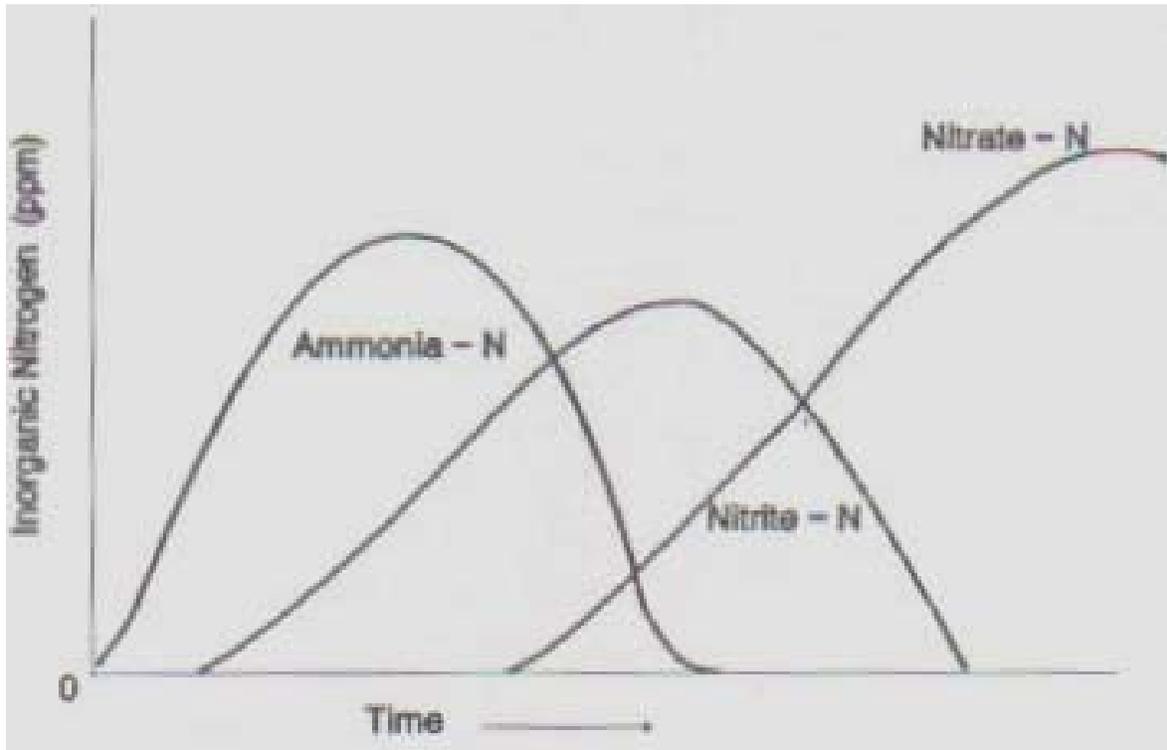


FIGURA 11: CICLO NITROGENO, CURVAS EN EL ACUARIO OBSERVANDO LOS CAMBIOS EN LAS CONCENTRACIONES DE CADA COMPONENTES NITROGENADO.

debe hacerse cada pocas horas. El agua que entra en la reserva debe ser sifonada y retornada al acuario. Una piedra difusora conectada a un compresor a pilas debe ser situada en el acuario para provocar una circulación de agua, necesaria para peces e invertebrados.

#### b. ESTABLECIENDO EN FILTRO BIOLOGICO CON ROCA VIVA SIN LIMPIAR

La roca viva fresca, sin limpiar, es usada ocasionalmente para arrancar un acuario de arrecife particularmente por acuaristas que recolectan su propia roca viva. Bajo ninguna circunstancia esta puede ser añadida a un acuario establecido que ya contenga peces e invertebrados. Aunque el filtro por goteo puede manejar altas concentraciones de amoniaco, este incremento súbito puede sobrecargar el sistema resultando una pérdida masiva de los habitantes del tanque.

Solamente roca viva limpiada puede ser introducida en un acuario que está completamente acondicionado e incluso entonces deben ser añadidos con moderación.

El uso de roca viva sin limpiar para arrancar un acuario de arrecife sitúa una gran cantidad de material biológico dentro de un sistema en el cual el filtro biológico maduro aún no está establecido. Los niveles de amoníaco y otros productos de desecho pueden aumentar rapidísimamente durante la primera semana debido a la muerte y descomposición de esponjas, corales, anémonas y otros invertebrados. Aunque la masa de invertebrados y esponjas pueden morir durante las dos primeras semana, bastantes bacterias y esporas de microorganismos y algas pueden volver a sembrar el acuario. Es normal tener niveles de amoníaco que excedan las 4 PPM, lo cual puede ciertamente matar muchos de los peces e invertebrados. Eventualmente las bacterias nitrificantes acabarán capturando esa carga de amoníaco y completando el proceso de acondicionamiento.

#### c. ACONDICIONAMIENTO INORGANICO DEL FILTRO BIOLOGICO.

Existe un método alternativo para establecer el filtro biológico, pero no es aceptado por muchos aficionados. Usando cultivos de bacterias localizables en tiendas de peces tropicales, es posible sembrar el filtro antes de añadir la base de roca. Esto permite completar el establecimiento del ciclo biológico sin exponer a los animales a altos contenidos de amoníaco asociados con los métodos anteriores. El tiempo de maduración es usualmente, el mismo, aunque algún bivalvo puede contribuir a que el tiempo de acondicionamiento sea menor, más rápido.

El filtro se inocula con la cantidad apropiada de cultivos de bacterias nitrificantes comerciales, dicha cantidad ha de ser calculada a razón del tamaño del acuario. Un método alternativo sería el uso de dos ó tres tazas de grava de un acuario saludable y no medicado con un filtro biológico bien establecido. El cobre y otros medicamentos pueden permanecer en la grava y dañar a los invertebrados. Esta grava puede ser repartida sobre la grava en la fase húmeda del filtro por goteo ó situada en una bolsa de malla fina.

El cloruro amónico es comúnmente usado como fuente de nitrógeno para que sea utilizado por las bacterias nitrificantes. Puede ser fácilmente adquirido en las farmacias ó en algunas tiendas de peces tropicales. Se añaden alrededor de 10 grs por cada 20 galones de agua de mar ( N.T.: 1 Galón U.S.A. = 3,75 Lts.). Esta única adicción debe ser suficiente para proveer todo el amoníaco necesario para establecer el ciclo biológico. La cantidad de amoníaco añadido no es particularmente crítica, la adicción de más ó menos cambia simplemente la densidad de población de bacterias en equilibrio.

Como esta concentración es tan alta que muchos peces e invertebrados no la pueden aceptar, Vd. debe reservar este tratamiento para acuarios sin animales. Algunos acuaristas propugnan adicciones diarias de cloruro amónico, aunque mantener constantemente niveles de amoníaco-N altos de 4 PPM ó más puede provocar que el crecimiento de la población de bacterias Nitrobacter pueda ser inhibido. Este método denominado "método inorgánico de acondicionamiento", permite el establecimiento completo del filtro biológico antes de la adicción de la base de roca y los animales.

Pasadas algunas semanas las bacterias habrán convertido mucho amoníaco en nitrito (método simple de adicción de cloruro amónico). Cuando el amoníaco ha caído entre 2 y 4 Ppm y los nitritos han llegado a su pico, reinocularemos el filtro con otra dosis de bacterias (ó grava en condición) y testaremos el nitrito hasta que los niveles de este caigan por debajo del límite de detección. Si el amoníaco cae hasta cero antes de que el nitrito haya desaparecido entonces Vd. tendrá que añadir alrededor de un gramo de cloruro amónico por cada 20 galones (100 litros aprox.) hasta que consigamos que el amonio-N sea menor que 4 Ppm. Esto satisface las necesidades de las bacterias Nitrosomonas y mantiene su densidad de población en el nivel apropiado durante la fase de acondicionamiento.

La cama filtrante está completamente acondicionada y preparada para una carga biológica completa cuando los nitritos hayan desaparecido. Es una buena idea reemplazar toda el agua salada del tanque en este momento ya que esta debe tener una alta concentración de nitrato. El costo añadido de hacer un cambio de agua completo es una desventaja de este método. Un camino para minimizar este cambio de agua es cuando un by-pass en el acuario que temporalmente conectará la bomba de retorno de la reserva directamente con el prefiltro durante la fase de acondicionamiento (N.T.: Así nos ahorraremos cambiar el agua del acuario del filtro.)

Después de sembrar el tanque de esta manera Vd. puede comenzar a añadir roca "relativamente" viva y roca base en forma de mesetas ó plataformas. Las piedras y animales deben ser añadidos tan pronto como sea posible después de que la fase de acondicionamiento esté completada para proveer trazas de amoníaco para las bacterias del filtro por goteo. Un método sería añadir alrededor de un tercio de la cantidad deseada de roca, testar amoníaco y nitrito y añadir un tercio adicional cuando los niveles se sitúen en 0 PPM. La porción final puede ser entonces añadida cuando los amoníacos y nitritos retornen a cero. Este método ayuda a prevenir una subida rápida de amoníaco que puede ocurrir si una carga completa de roca base y roca viva es añadida y puede ayudar en que más de los deseados organismos de las rocas puedan sobrevivir.

## 2. ESTABLECIMIENTO Y CONTROL DE LAS ALGAS

Vd. puede desear establecer una población próspera de algas con anterioridad a la adicción de los invertebrados. Durante los primeros meses de operación, la roca base puede verse recubierta con diferentes tipos de algas filamentosas indeseables, que pueden abrumar el acuario y causar problemas cuando más tarde sean añadidos los invertebrados. Las algas pueden ser añadidos y establecidas para ayudar a evitar el crecimiento de formas filamentosas. Sin embargo intervienen otros factores en la aparición de algas filamentosas y la sola adicción de macroalgas puede no ser una solución total al problema. Estas algas pueden ser añadidas al acuario en el momento del pico de amoníaco durante la fase de acondicionamiento y deberían empezar rápidamente a proliferar.

Las numerosas especies de alga verde *Caulerpa* son las más fácilmente localizables. Ellas tienen una única ventaja que es la de poseer la habilidad de crecer desde pequeños trozos y fragmentos. La diversidad de formas es extensísima, con algunas especies poseedoras de hojas frondosas (N.T. *Caulerpa Prolifera*) otras que parecen helechos (N.T. *Caulerpa Peltata*, algunas parecen racimos de uvas como la *Caulerpa Racemosa* )

Las caulerpas tienen la tendencia de crecer rápidamente y pueden incluso crecer sobre algunos invertebrados. Ellas deben ser cuidadosamente controladas con podas regulares. No es necesario ó deseable mantener un acuario de arrecife vivo que esté dominado por las algas. Sin embargo la mejor estrategia es ir reduciendo la cantidad de Caulerpa al mismo tiempo que incrementamos la cantidad de algas de crecimiento lento.

Un acuario de arrecife establecido puede operar suavemente y aparecer atractivo con solamente una mínima cantidad de algas.

Una visita a un arrecife de coral saludable nos hará observar que las algas son actualmente el componente menor de la escena.

Otra alga verde deseable es la llamada "Halimeda", que incorpora calcio en su piel y recuerda a un cactus. El crecimiento saludable de esta alga nos indica que hay suficiente calcio en el agua. (también requerido para el crecimiento de los corales)

Esta es una alga muy atractiva, de crecimiento lento que no sobrepuebla el acuario como puede hacer la Caulerpa. Udotea (alga verde abanico de mar) y Penicillus (parecida a una brocha de afeitar) son otras algas atractivas. Todas ellas son incapaces de crecer a partir de un trozo cortado, y debe asegurarse de que estén ancladas a una pieza de coral ó roca. Algunos tipos de algas rojas, como la Gracillaria, están ganando también en popularidad.

### 3. REQUERIMIENTOS DE LA FOTOSÍNTESIS

Todas las algas requieren dióxido carbónico como bloques de construcción para los materiales producidos durante el vital proceso de fotosíntesis. Este gas es expulsado por los peces, invertebrados y microorganismos durante la respiración y también entra en el agua vía intercambio con la atmósfera. El dióxido de carbono es usado para producir azúcares que son luego utilizados como bloques de construcción por muchas de las moléculas orgánicas usadas por las plantas. La energía luminosa, los nutrientes (fosfatos, nitratos, elementos traza y ciertas vitaminas) y el agua (la cual, obviamente existe en abundancia en el acuario) son también necesarios para que se realice la fotosíntesis.

Si alguno de estos componentes vitales está ausente la fotosíntesis puede quedar limitada, a pesar que existan suficientes cantidades de los otros factores. Dados suficientes niveles de dióxido carbónico y nutrientes, sin embargo, Vd. puede incrementar la tasa fotosintética (y por tanto el crecimiento de las algas) por encima del punto de saturación mediante la adición de la intensidad luminosa del sistema.

Los corales dotados de zooxantellae (algas simbióticas zooxantelas) tienen las mismas necesidades para su proceso de fotosíntesis. Más de la mitad de la superficie de una colonia de corales puede actualmente estar formada por las algas que ellas contienen. Productos de desecho del coral como el dióxido carbónico, nitrógeno y fosfatos son directamente transferidos a las algas simbióticas. Los compuestos producidos por las algas son entonces devueltos como comida para beneficio de los pólipos del coral. Este eficiente sistema permite a los corales prosperar en medio pobre en nutrientes como es un arrecife de coral. El acuarista es entonces el responsable de proveer luz y ciertos elementos traza.

#### 4. BALANCE DEL DIOXIDO CARBONICO

Existe un complicado balance entre la cantidad de dióxido carbónico libre (aquel que no está incorporado dentro de las moléculas de carbonatos y bicarbonatos), el ph y la alcalinidad del agua.

Cuando se añade al agua dióxido carbónico se forma ácido carbónico lo cual reduce el ph. Una alcalinidad de por lo menos 2.5 meq/L es necesario para mantener niveles de dióxido carbónico libre en los niveles suficientes para un buen crecimiento de las algas a un ph de 8.0.

En un acuario típico los niveles de dióxido carbónico pueden ser insuficientes para el máximo crecimiento de las algas. La adicción de este gas puede ser usada para aumentar el nivel hasta el rango necesario para un buen crecimiento de las algas. En la mayoría de las situaciones la adicción de dióxido carbónico es innecesaria y el desarrollo de las algas sin este proceso es fácilmente posible. Las zooxantelas residentes en la piel de los corales no necesitan este dióxido carbónico debido a que los corales proveen todo aquel que es necesario para las algas.

Si queremos aumentar el crecimiento de las macroalgas existen unidades para que el control del dióxido carbónico que entra en el agua se base en mediciones de ph. Una caída de ph indica una cantidad excesiva de dióxido carbónico (N.T.: En realidad ácido carbónico) en el agua y entonces la unidad se para. La adicción de dióxido carbónico se reanuda cuando el nivel de ph llega a un nivel satisfactorio (usualmente alrededor de 8). Por esta razón es imperativo que la reserva de alcalinidad sea alta para que la gran cantidad de dióxido carbónico sea introducido en el agua sin provocar una drástica (N.T.: Y extremadamente peligrosa.) caída del ph. Cuando se realiza adecuadamente, la adicción de dióxido carbónico, un gas potencialmente nocivo, no debe tener ningún tipo de efecto sobre los peces e invertebrados del acuario. El dióxido carbónico no debe ser introducido cuando las luces están apagadas ya que las algas no necesitan de este durante la noche cuando la fase de oscuridad de la fotosíntesis el proceso es exactamente el contrario, las algas consumen oxígeno y expulsan dióxido carbónico. Esto implica que debemos de mantener una reserva de alcalinidad alta aun cuando no estemos utilizando inyectores de CO<sub>2</sub> durante el día, ya que este ácido carbónico que se produce en un acuario durante la noche va a provocar una caída de ph, (N.T.: Lo que se denominan "picos de ph").

La adicción de dióxido carbónico es también un medio usado para contener el incremento diario en el ph (alrededor de 8'6 ó más) que puede ocurrir en un acuario densamente plantado a última hora de la tarde debido a la absorción de dióxido carbónico debido a la fotosíntesis. Este ciclo de ph no ocurre en la gran extensión en el arrecife natural debido al gran volumen de agua agitada. Algunos animales del arrecife pueden verse beneficiados por el mantenimiento constante del valor ph en un sistema con control de dióxido carbónico.

## 5. IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES

Las algas y corales necesitan una gran variedad de nutrientes que pueden ser localizados en el agua. El elemento fósforo (como fosfatos) y el nitrógeno (como amonio y nitrato) son conocidos como nutrientes primarios y son extraído de los productos de desecho de los animales en el acuario. Las algas pueden, de hecho, utilizar amoniaco directamente e incluso consumir este con preferencia sobre el nitrato. Debido a la abundancia de fosfatos y componentes nitrogenados producidos por los desechos yo creo que no es necesario añadir soluciones de nutrientes primario al agua.

Los elementos traza (molibdeno, yodo, manganeso, cobalto, zinc, cobre y hierro) están presentes en muy bajas concentraciones, pero incluso en estas pequeñas cantidades son absolutamente esenciales para las algas para sobrevivir, estos elementos traza pueden estar perdidos en el sistema, e incluso resultar inaccesibles para las algas, debido a la adsorción física realizada por la grava y la base de roca y los que quedan incorporados dentro de las algas, las cuales son tremendamente efectivas en concentrarlos en su piel. Los elementos traza están presentes en el agua de mar artificial (apareciendo como un contaminante beneficioso), e incluso es parcialmente repuesto en cada cambio de agua. Ellos pueden también entrar en el agua vía desechos de los animales y por la ruptura de comida sin digerir. Existen soluciones comerciales de elementos traza que pueden ser utilizados si cae el crecimiento de las algas a pesar de tener suficiente luz y dióxido carbónico.

Las algas deben de tener una coloración verde uniforme (esto vale para la Caulerpa; otros tipos pueden tener una coloración natural diferente, como puede ser rojo ó marrón) Sin parches marrones ó piel muerta. El crecimiento de nuevas frondas y rizomas (los tallos por los que crecen las frondas) es indicativo de que hay condiciones favorables para el desarrollo de las algas. Faltas de crecimiento, con desarrollo de frondas mortecinas, es indicativo de un déficit de elementos traza, particularmente hierro. Demasiados peces pastadores pueden producir frondas fragmentadas con marcas obvias de bocados.

## 6. CALIDAD DEL AGUA Y POTENCIAL REDOX COMO FACTORES EN EL CRECIMIENTO DE LAS ALGAS.

Una mala calidad del agua, con una subida de nitratos, fosfatos y materiales orgánicos puede aumentar, favorecer el crecimiento de algas filamentosas y tapizantes a expensas de otras formas más deseables. Este proceso se conoce como “eutroficación”, y también ocurre en lagos polucionados y corrientes obstruidas por algas. Condiciones deterioradas ó cambios excesivos en la química del agua (tal como después de un gran cambio de agua) puede también causar que ciertos tipos de algas se reproduzcan, en cuyo caso pueden volverse de un color gris/marrón, desintegrarse rápidamente y lanzar numerosas esporas reproductoras.

Uno de los mejores indicadores de la caída en la calidad del agua es la medición del potencial de reducción/oxidación (redox) del agua. Es la capacidad del agua, medida indirectamente, de provocar la ruptura de materiales biológicos (incluidos desechos). Aunque el uso de un medidor de potencial redox no es absolutamente esencial está ganando en popularidad como una forma conveniente de comprobar la salud del sistema.

Si es posible un chequeo del potencial redox puede indicarnos la calidad de nuestra agua. Lecturas continuadas en el rango de los 300 a 375 mv son indicativas de buena calidad del agua, y, por tanto, de condiciones que promueven el crecimiento de algas deseables las cuales inhiben la proliferación de las filamentosas y tapizantes.

Las algas verde azuladas y las diatomeas marrones, que pueden formar espesas, atestadas matas sobre las rocas e invertebrados, tienen a proliferar cuando el potencial redox es excesivamente bajo (menos de 300 mv). Ambas de estas formas indeseables deben ser parcialmente eliminadas para establecer las condiciones necesarias que promueven un aumento del potencial redox. Las algas verdes filamentosas tienden a aparecer incluso a altos rangos y son más difíciles de eliminar incluso elevando el potencial redox.

Las algas indeseables pueden ser controladas mediante remoción física ó por la adicción de herbívoros como el pez ángel pigmeo, ciertos tangs (particularmente *Ctenochaetus*) erizos de mar y ciertos gasterópodos (como son los excelentes pastadores, los caracoles turbo). Los pastadores son un componente importante en los acuarios de arrecife y deben estar siempre presentes para ayudar en el control de las aguas filamentosas. Los pastadores apasionados pueden también comerse las macroalgas y entonces Vd. debe de encontrar un balance entre el número de pastadores y la cantidad de macroalgas que Vd. desea. La mejor estrategia es intentarlo con diferentes tipos de pastadores y determinar cuales son los que hacen el mejor trabajo en su acuario.

Muchos acuaristas de arrecife encuentran que, superando todos sus esfuerzos, las algas filamentosas pueden llegar a dominar el acuario durante los primeros meses de operación. Durante este periodo de ruptura excesivos niveles de nutrientes hacen imposible frenar el crecimiento de estas algas y la situación parece ser irremediable. Después de unos pocos meses, sin embargo, debido al aumento de la calidad del agua y de la actividad pastadora, las algas filamentosas deben tender a caer hasta niveles manejables tal como declinan los altos niveles de nutrientes. El uso de osmosis inversa ó agua desionizada durante los cambios de agua y la que se repone debido a las pérdidas por evaporación puede ayudar a mantener bajos niveles de nutrientes.

No es difícil mantener un potencial redox adecuado. Con un programa de cambios de agua regulares, acompañado con la asunción de los conceptos básicos de los sistemas de arrecife, un saludable potencial redox debe ser el resultado. La introducción de Ozono (O<sub>3</sub>) mediante un fraccionador de espuma puede también aumentar el potencial redox. La sobrepoblación, el aumento de elementos orgánicos y un excesivo material de desecho puede, en el otro extremo, tender hacia la reducción. Dado un saludable acuario de arrecife, con crecimiento de algas y corales. Vd. puede asumir que el potencial redox está dentro del rango deseado. Vd. no debe asumir que la medición del potencial redox es absolutamente esencial. Ello puede ser de gran valor, sin embargo, en determinar la razón del decaimiento del acuario de arrecife y en el ensayo de la estabilización del sistema. (N.T.: *Salarias fasciata* es un excelente gobio pastador de algas tapizantes marrones. Estas algas también pueden ser eliminadas mediante la adicción de clorafenicol puro, un antibiotico, al agua del acuario, poco a poco, sin presencia de luz y a razón de 1 gr. por cada 100 lts. Reales de agua, controlando los niveles de amoniaco y reanudando el tratamiento una vez vuelto a 0 Ppm.).

## 7. AÑADIENDO INVERTEBRADOS Y PECES.

Pasados dos meses, Vd. deben tener un sistema floreciente con un filtro biológico completamente funcional y un lozano crecimiento de algas. Ahora es el momento de comenzar a pensar acerca de la adición de invertebrados como son la enorme variedad de corales, gusano tubícolas, estrellas de mar, cohombros de mar y anémonas. Un número de generalmente pequeños, dóciles peces pueden ser también considerados estos peces no destructores juegan un rol menor en su acuario de arrecife, siendo el foco primario de la vista la proveída por corales y anémonas.

## 8. INVERTEBRADOS

Cientos de especies de invertebrados pueblan los arrecifes tropicales, de los cuales muchos son válidos para los acuarios de arrecife. Algunos como pueden ser muchas esponjas, tunicados y otros animales filtradores deberán ser evitados debido a que ellos necesitan fuertes corrientes de agua con una gran cantidad de plancton y puede ser difíciles de mantener con vida. Una plétora de otros tipos pueden prosperar en el acuario de arrecife debido a la comprensión de sus requerimientos básicos. Se encuentran numerosas libros sobre identificación y biológica de los invertebrados y deben ser consultados para una información detallada lo cual solamente puede redundar en aumentar sus posibilidades de éxito.

Muchos de estos invertebrados particularmente corales y anémonas, son extremadamente sensitivos ante la presencia de amoníaco y nitritos. Y nunca deben ser añadidos durante la fase de ruptura (del nitrógeno) anterior al establecimiento total del filtro biológico. Debe chequear siempre la presencia de amoníaco y nitritos antes de situar invertebrados en el acuario. Con un filtro de goteo que funcione suavemente y una alimentación mínima, niveles de Nitrato-N de 10 ppm. ó menores son fácilmente alcanzables. Para minimizar el crecimiento de algas perniciosas su objetivo debe ser la reducción de los niveles de nitratos a menos de 1 ppm. Solamente entonces Vd. comenzará a emitir las condiciones de los arrecifes de coral naturales, los cuales con actualmente unos medios muy pobres en nutrientes.

Los primeros invertebrados en ser añadidos deben incluir los de tipos relativamente duros, tales como algunas anémonas, gusanos tubícolas, estrellas de mar y pequeñas gambas. Si estos van bien, y la buena calidad del agua se mantiene, entonces Vd. puede comenzar a añadir piezas de coral. Rocas vivas, con variedad de invertebrados, algas, microcrustaceos y microorganismos, deben ser añadidos durante las primeras semanas después del acondicionamiento completo del filtro biológico. Ellas van a ayudar a sembrar el acuario con una variedad de microorganismos beneficiosos que de otra manera estarían ausentes.

## 9. ANTOZOOS : CORALES Y ANEMONAS

Corales pétreos (como los cerebros, burbuja y plato) corales blandos, corales cuero, anémonas seta (no es una anémona real, es un grupo emparentado conocido como coraliformes) y una amplia variedad de anémonas verdaderas pueden ofrecer un agradable centro de atención en el acuario de arrecife.

Un cuidadoso control de la supervivencia de los corales es crucial en el intento de mantener las condiciones de su acuario de arrecife. Cada vez que añadamos piezas nuevas debemos observar de cerca en busca de señales de deterioro causado por un manejo brusco durante la recolección y los numerosos transportes. La formación de penachos filamentosos sobre las piezas de coral es señal de que un daño importante se ha producido, y ocurre usualmente que la pieza debe ser descartada (aunque usted puede retirar esa capa de film mediante un cuidadoso enjuagado con agua de mar. Como último recurso un baño de un minuto de agua dulce (N.T. que debería tener un PH de 8'1 a 8'4) puede ser beneficioso para retirar parásitos protozoos que algunas veces crecen en la base de roca. Todos los corales deben ser sujetados con las manos con cuidado en orden a prevenir daños en su delicada piel. Los corales sanos deben presentar los pólipos extendidos, sin evidencia de crecientes áreas blancas que es debido a la pérdida de pólipos y la consecuente exposición del esqueleto calcáreo. En muchos casos Vd. lo estará haciendo bien si la pieza de coral simplemente se mantiene así misma sin pérdida de pólipos. Un crecimiento extensivo de los corales, con la formación de nuevos esqueletos calcáreos no siempre debe ser esperado. Dadas las debidas condiciones, sin embargo, Vd. puede encontrarse con que ciertos especímenes pueden actualmente prosperar e incrementar su tamaño.

Corales y zoanths (colonias de pequeños pólipos que recuerdan a los corales pétreos pero que no forman esqueletos duros) que contienen zooxantelas en el interior de su piel requieren todos los factores que promueven el crecimiento de las algas, particularmente una fuerte cantidad de luz. Este tipo de corales usualmente tienen los pólipos verdes o verde-amarronados. Los corales fotosintéticos de aguas profundas también poseen zooxantelas pero adaptadas a menores cantidades de luz debido a que incrementan sus capacidades de recolección de luz y eficiencia fotosintética. Ellos pueden ser dañados por una fuerte intensidad de luz a nivel de superficie. En general, los corales con coloración oscura están adaptados a menores cantidades de luz y deben ser inicialmente situados en la base del acuario para prevenir un choque luminoso. Estos pueden ser movidos gradualmente a regiones superiores del acuario. Un número de otros corales, como la Tubastrea (corales de pólipos naranja) y algunos corales blandos (N.T.: *Dendronephthya Rubeola*, *D. Aurea*, *Carotalcyon Sagamanium*, etc.) se encuentran en aguas profundas o zonas de sombra y no contienen algas simbióticas. Ellos deben estar situados en zonas sin iluminación directa.

Ciertas anémonas (como las anémonas alfombra) también requieren luz y pueden ser distinguidas por su color marrón o verde.

Una iluminación inadecuada se evidencia por la pérdida de pigmentos en las anémonas y es una señal de que el animal está en pobres condiciones. Se debe tener cuidado al elegir ciertas anémonas agresivas como compañeras de invertebrados, particularmente de corales pétreos, que no pueden retirarse de su camino y serán dañados por sus picaduras.

Muchos coraliformes (anémonas seta) contienen algas simbióticas y poseen una variedad de matices azules, marrones o verdes. Ellas generalmente requieren menos luz y movimiento de agua que los corales duros amantes de la luz y deben ser situadas en la mitad inferior del acuario.

Todos los corales y anémonas se beneficiarán de una corriente de moderada a fuerte. Por esta razón la línea de retorno desde la bomba del filtro debe estar situada directamente a lo largo del tanque y usted debe ver un movimiento vigoroso de todos los pólipos debido a la corriente. El control de la temperatura es también vital para la supervivencia de los corales.

Temperaturas superiores a los 84 ° Fahrenheit (N.T.: 29 ° C.) pueden estresar a los corales hasta el punto de que estos expulsan sus algas simbióticas. Conocido como la “decoloración de los corales”, da como resultado una pérdida de color y eventualmente la muerte. Puede ser necesaria una unidad enfriadora si este umbral de temperatura se excede regularmente. (N.T.: Aunque también puede deberse a un exceso de luz, que puede provocar la expulsión de las zooxantelas, este proceso se denomina “oxidación” y es reversible aunque muy lentamente).

Después de tener en cuenta las preferencias de luz, la situación de los corales es primariamente una elección estética. Utilice la base de roca como una estructura para encajar piezas de coral. Los grandes corales son el centro de atención del acuario. Las anémonas deben situarse en un trozo de roca desnudo, sobre el cual ellos puedan anclarse fácilmente. Ellas pueden tener tendencia a moverse si las condiciones son inadecuadas, particularmente si el movimiento de agua es insuficiente.

Una primera consideración en la ubicación de corales y anémonas es la de evitar puntos de contacto cuando sean posicionados. El contacto entre corales puede provocar el fallecimiento ó daños en uno ó ambos ejemplares, particularmente si alguno tiene potentes células urticantes. Recuerde que muchos pólipos pueden extenderse una vez situados en su posición, individuos que inicialmente no se tocan pueden eventualmente expandirse y entrar en contacto. Algunas especies están dotados con tentáculos de gran extensión, erizantes, con potentes nematocistos que fácilmente pueden matar a otros corales. El límite primario sobre el número de corales y anémonas que Vd. puede añadir es justo la cantidad de espacio que pueda fácilmente mantener a todos los individuos sin contactos.

Aunque los corales constructores de arrecife y muchas anémonas reciben mucho de su alimentación mediante la inducción desde las algas simbióticas situadas en el interior de su piel, que ceden varios productos fotosintéticos, ellos deben ser ayudados por alimentación suplementaria (particularmente pólipos de formas grandes). Una ó dos veces por semana Vd. debe ayudar a alimentarse a sus corales con gambitas de agua salada (adultas y recién nacidas) y/o alguna de las dietas para invertebrados. Los pólipos de los corales son usualmente demasiado pequeños para recibir grandes trozos de comida. Muchas anémonas, sin embargo, pueden aceptar pequeños trozos de comida tales como trozos de pescado, calamar y gambas que son situados sobre los tentáculos con unas pinzas para comida. Si las anémonas y corales parecen saludables y no presentan signos de contraerse, entonces estas alimentaciones suplementarias son innecesarias y solamente ayudan a un indeseable incremento de nutrientes en el acuario.

Los corales precipitan carbonato de calcio durante el proceso general del acuario. Los cambios de agua ayudan a elevar algo de esta pérdida de calcio. Esto puede no ser suficiente, sin embargo, siendo básico para conseguir que la colonia se expanda. Los suplementos de calcio líquido (usualmente soluciones de hidróxido cálcico, también conocidas como “Kalkwasser”) se utilizan para mantener el nivel de calcio alrededor de su natural concentración de 400 ppm. Dadas unas buenas condiciones del agua y una adecuada iluminación, el aumento de calcio puede ser todo lo que Vd. necesita para finalmente ver crecer nuevos corales en su acuario. Estos suplementos pueden también ayudar a las atractivas algas rojas coralinas y ciertas otras formas que requieren calcio. Otro importante componente del agua de mar, como es el estroncio, es también requerido para la deposición del calcio y puede quedar deprimido en el acuario. Pequeñas adicciones pueden también ayudar al crecimiento de los corales y debe ser añadido con el suplemento de calcio a razón de alrededor de 50 a 1 de calcio sobre el estroncio.

## 10. INVERTEBRADOS ADICIONALES

Un número de otros invertebrados puede prosperar en el acuario de arrecife. Estos incluyen cohombros de mar, estrellas de mar, cangrejos y gambas, gusanos tubícolas, moluscos bivalvos y algunas esponjas. Con excepción de ciertos bivalvos que tienen algas simbióticas (tridacna), estos invertebrados pueden ser situados sin respetar las cantidades de luz. Algunos de ellos, particularmente las esponjas, son actualmente situadas tan lejos como sea posible de la luz en orden a evitar el crecimiento de las algas tapizantes.

Los invertebrados filtradores sesiles (sedentarios) pueden sobrevivir mejor con movimientos moderadamente fuertes de agua. Las dietas líquidas para invertebrados pueden ser utilizadas como base semanalmente ó cada dos semanas. La bomba del acuario debe ser apagada alrededor de una hora si se usa un difusor ó una bomba interior sumergible para mantener el agua del acuario en circulación. Cada vez que Vd. use estos alimentos líquidos potencialmente incrementa la carga de nutrientes en el sistema, así que Vd. debe añadirlos con precaución.

Varios tipos de gambas (limpiadoras, arlequín, bandas de coral, etc.) pueden añadir un punto de actividad en el acuario. Ellas son, generalmente pequeñas y no destructivas, y pueden ayudar picoteando pequeños trozos de piel muerta. Los rincones y agujeros de la roca viva crean numerosos lugares para esconderse para estas tímidas criaturas. Muchos cangrejos y langostas, con la posible excepción de los tipos pequeños como el flecha, coral y cangrejo de las anémonas, deben ser evitados ya que ellos tienden a crecer en exceso y pueden comenzar a destruir partes de su arrecife.

Algunas de las estrellas de mar más pequeñas, tal como la Linckia, pueden añadir un toque de color. Las mayores, especies predatoras, deben ser evitadas debido a que ellas pueden intentar comerse alguno de sus corales, anémonas y bivalvos. Las frágiles estrellas actúan sigilosamente, manteniendo limpio el escenario. Pequeños erizos de mar y otros tipos de equinodermos pueden añadir alguna diversidad a su grupo de invertebrados y ayudar a mantener a las algas tapizantes controladas. Los individuos más grandes tienen una cierta tendencia a comer más cantidad de la que Vd. desearía. Los nudibranchios, aunque completamente llenos de color, usualmente deben ser evitados debido a que ellos tienen dietas tan especializadas que es difícil proveérselas en un acuario de arrecife.

## 11. PECES PARA EL ARRECIFE VIVO

En la acuarística marina típica es familiar encontrar tanques que albergan el usual surtido de cirujanos, mariposas, ballestas, ángeles y antias. Con pocas excepciones, estos son los tipos de peces que definitivamente nunca deben encontrarse en un acuario de arrecife. Los tangs (cirujanos) son notables por su amor a las algas, por lo que pueden sobrealimentarse y diezmar fácilmente sus esfuerzos en jardinería.

Los mariposas y algunos ángeles tienen una fuerte curiosidad hacia los corales y su intenso picoteo puede fácilmente dañar ó destruir estos frágiles invertebrados. Los ballestas, cofres y loros tienen poderosas mandíbulas y fuertes dientes y son capaces de destruir cualquier tipo de invertebrado. Muchas antias deben ser evitadas debido a que ellas son usualmente inocentes en sus formas juveniles pero crecen rápidamente hasta un tamaño excesivo y será entonces difícil de extraer sin provocar disturbios en la base de roca y los invertebrados.

Pero estas restricciones no deben causar desmayo al acuarista de arrecife. Una amplia variedad de pequeños, plenos de color e interesantes peces pueden incluirse en el acuario de arrecife. Muchos de ellos encontrarán un hogar feliz en el interior del laberinto de roca viva, y añaden un bienvenido punto de actividad y una chispa de color al acuario. Una ventaja adicional es su típico bajo costo comparado con los angeles, mariposas y cirujanos.

La abundancia de escondites, una baja densidad de peces y una buena calidad del agua provee un medio relativamente libre de stress. Bajo estas condiciones muchos peces aparecen libres de parásitos e infecciones bacterianas que aparecen como plagas en el típico acuario dominado por peces. Se debe ser prudente, sin embargo, mateniendo en cuarentena todos los peces recién llegados por, al menos, dos semanas en orden de reducir las causas de introducción de parásitos. Este periodo es el momento ideal para administrar tratamiento profilácticos. Recuerde que el sulfato de cobre, los antibióticos y otros medicamentos nunca deben ser añadidos al acuario de arrecife, ya que los invertebrados y las bacterias nitrificantes pueden ser muy sensibles a estas sustancias.

Debido a su pequeño tamaño muchos de los peces del arrecife son capaces de alimentarse de los microcrustáceos que habitan la roca viva aunque con ocasionales picotazos a algas e invertebrados. Muchos de estos pastadores comen continuamente en la naturaleza. La presencia de un constante suplemento de comida es muy beneficiosa para estos peces los cuales solo obtendrían alimento una ó dos veces al día en un acuario típico de peces. Ciertas especies de peces que regularmente aparecen macilentos en el acuario típico se ofrecen florecientes en el medio del acuario de arrecife. Como un suplemento, y para aquellos peces que tienen dificultades en encontrar comida por si mismos, Vd puede añadir artemia, comida congelada, ó calamar y gambas finamente troceados por lo menos dos veces por semana.

Esta lista incluye algunas de las familias de peces que son aceptables para un sistema de arrecife.

POMACENTRIDAE : Damiselas y payasos.

POMACANTHIDAE : Peces angel, limitados a las formas pequeñas como son los peces angel pigmeos ó enanos (genero *Centropyge*).

GOBIIDAE : Gobios como pueden ser el fuego, neón, dormilón y torpedo.

BLENNIDAE : Blenios como el cola de lira, dientes de peine, etc...

APOGONIDAE : Cardenales

CIRRHICHTHYIDAE : Halcones

LABRIDAE : Limpiadores, particularmente las especies pequeñas

CALLIONYMIDAE : Dragones, mandarines

SERRANIDAE : Solamente las formas pequeñas como las Anthias

GRAMMIDAE : Grammas, basslets

PSEUDOCROMIDAE : Dottybachs

PLESIOPIDAE : Beta marino

El sistema de filtración húmedo/seco ó por goteo puede también ser aplicado a acuarios que no sean de arrecife. Muchos acuaristas prefieren mantener un acuario dominado por peces angel, cirujanos, mariposas y ballestas, y el filtro de goteo es perfectamente utilizable para este tipo de sistemas. Los acuarios de agua dulce pueden también beneficiarse del uso de un sistema de goteo.

La mejora de la capacidad nitrificante del filtro es el resultado de la habilidad de romper amoníaco en una mayor cantidad, por tanto aumenta la habilidad del sistema para manejar una particular biocarga. Uno debe resistir la tentación, sin embargo, de sobrepoblar el acuario a pesar de que el filtro pueda manejar la carga. Aunque la calidad del agua pueda ser aceptable, las restricciones territoriales limitan el número de peces que pueden vivir confortablemente sin incrementar el stress debido a las susceptibilidades individuales. La intensa iluminación del acuario de arrecife no es necesaria cuando los corales amantes de la luz y las algas no están presentes.

- **MANTENIMIENTO DEL ACUARIO DE ARRECIFE**

A pesar de las exposiciones hechas por algunos defensores de los acuarios de arrecife, estos sistemas no deben ser considerados como libres de mantenimiento. Un número de factores deben ser atendidos en orden a mantener el sistema funcionando suavemente con un saludable grupo de peces e invertebrados.

### 1. CAMBIOS DE AGUA

La necesidad de cambios de agua en los sistemas de arrecife ha sido origen de variedad de opiniones. Algunos de los primeros creadores de los acuarios de arrecife vivo han opinado que el no hacer cambios de agua es una de las ventajas de este sistema. Si los nitratos fueran el único problema, entonces la desnitrificación que se produce en la roca viva debería ser suficiente y los cambios de agua podrían ser verdaderamente innecesarios. Otros productos de desecho, como es el fosfato y numerosos componentes orgánicos, pueden continuar acumulándose, y llegar a una caída gradual en la calidad del agua. Con una baja carga biológica y una eficiente extracción de elementos orgánicos mediante un fraccionador de espuma sería posible evitar el uso de cambios regulares de agua. Bajo condiciones normales, sin embargo, un plan regular de cambios de agua puede ser beneficioso para su acuario de arrecife. Es mejor cambiar pequeñas cantidades semanalmente (alrededor del 5%) mejor que los típicos cambios mensuales del 20 al 25%. Los cambios de agua también reponen el sistema “buffer” y los elementos traza.

Vd. puede necesitar añadir agua fresca periódicamente para compensar la pérdida debida a la evaporación. El filtro de goteo expone el agua a una gran cantidad de aire, resultando en un incremento de la tasa de evaporación. El agua del grifo puede ser usada, una vez esta ha sido declorada y está aproximadamente a la misma temperatura que la del agua del acuario. Un problema potencial, sin embargo, es la presencia frecuente de iones de cobre. Si un test de cobre señala niveles que superen las 0'05 PPM, entonces puede ser dañino para los invertebrados y debe ser usada otra fuente de agua. Algunas veces aparecen niveles de nitratos que exceden las 20 Ppm. Otro nutriente que es un gran problema potencial son los fosfatos que son añadidos por algunas compañías de aguas. En excesivo crecimiento de algas tapizantes y una pobre supervivencia de los corales pueden ser el resultado. Si Vd. detecta altos niveles de nutrientes ó cobre en su agua del grifo (los sistemas de agua de las ciudades usualmente entregan información sobre la química del agua, libre de costos) entonces Vd. necesitará otra fuente de agua. Los sistemas de osmosis inversa son probablemente, la forma ideal para conseguir agua limpia, libre de nutrientes, útil para reponer el agua de evaporación y fabricar agua de mar nueva.

## 2. LIMPIEZA DEL PREFILTRO

El prefiltro mecánico acumula rápidamente detritus durante el curso de su trabajo. Este debe ser enjuagado cada dos semanas, y preferiblemente semanalmente para minimizar la mineralización de los desechos. El filtro biológico en el filtro de goteo debe ser raramente enjuagado debido a que la población bacteriana puede ser dañada seriamente. Un funcionamiento apropiado del prefiltro debe eliminar la acumulación de excesivos detritus en el filtro biológico.

Después de muchos años, Vd debe detectar un corto pero continuo incremento de los nitratos. Esto ocurre debido a la indeseable acumulación de detritus en el filtro por goteo, lo cual lleva a una excesiva mineralización en el filtro debe ser cuidadosamente enjuagado en agua de mar. Los niveles de amoniaco deben ser controlados una vez realizado este procedimiento para asegurarse que el filtro biológico está operando efectivamente. Las esferas de plástico tienen como ventaja sobre los materiales de fibra que pueden ser enjuagadas por partes por lo que las restantes proveen suficiente actividad biológica filtrante mientras el material limpio es colonizado por las bacterias.(N.T.: Aunque ya existen masas filtrantes que poseen más espacio de anclaje para las bacterias que las biobolas, como pueden ser las Bio-Chem Stars (T.M.) o Syporax (T.M.), etc.).

## 3. CONTROL DE LAS ALGAS

Un acuario de arrecife que funcione con suavidad debe tener un crecimiento controlado de un número de diferentes tipos de algas. Sin una poda regular estas plantas pueden comenzar a irritar a los invertebrados sedentarios y también provocar una pérdida excesiva de elementos traza. Semanalmente Vd debe eliminar los nuevos crecimientos de algas, así como aquellas que Vd considere indeseables. La eliminación de algas es un componente del proceso de remoción del nitrógeno (junto con la denitrificación), que ellas incorporan dentro de su piel. Las algas filamentosas deben ser removidas con un cepillo de dientes, y a continuación sifonar el material extraído. Junto con la mejora en el crecimiento de las macroalgas, la iluminación intensa puede provocar el crecimiento excesivo de diatomeas y otras microalgas en los cristales. Aunque no son dañinas estos crecimientos son ciertamente antiestéticos. Cuando sea necesario Vd. puede necesitar frotar la parte interior del cristal para eliminar las algas, particularmente en el cristal que se encuentre entre el sistema de iluminación y el acuario (N.T. en el caso de que este exista, ya que son los arrecifes actuales no tapamos el acuario para dejar pasar la iluminación actínica y conseguir el máximo intercambio de gases entre el aire y el agua del acuario).

## 4. ELIMINACION DEL DETRITUS

De manera diferente a los típicos filtros bajo grava, la cama de arena de coral (N.T. ó sus sustitutos artificiales) de los acuarios de arrecife vivos no mantienen un flujo de agua a su través. El detritus puede ir acumulándose sobre su superficie, dando a la grava un color marrón antiestético. Los excesivos detritus pueden también ser mineralizados y provocar una subida indeseable de nitratos y fosfatos. Al agitar la grava algunas de las partículas de material puede ser atrapado por el prefiltro. En este punto, basado en su tolerancia hacia el detritus, Vd. debe practicar una mejor forma de limpiar el filtro.

Una manera es usar un limpiador de grava (hidrocleaner) y un sifón hacia una esponja filtrante situada en la reserva del filtro por goteo. De esta forma las partículas son capturadas cuando el agua permanece en el sistema. Vd. también puede usar un filtro exterior de bote, con la entrada conectada al limpiador de grava y la línea de retorno de vuelta al acuario. La mejor manera es el uso de un limpiador de grava (campana de lodo) cuando sifonea agua fuera durante un cambio de agua.

## 5. GUARDANDO UN CUADERNO DE MANTENIMIENTO

Para poder mantener un acuario en condiciones saludables Vd. debe de considerar la idea de llevar un registro de mantenimiento. En este Vd. deberá anotar todos los cambios de agua, limpiezas del prefiltro, eliminación de algas, test sobre la química del agua, mortandad de los especímenes, y cualquier otra información que Vd. considere importante. Este cuaderno también puede contener sus impresiones sobre el resto de las condiciones del sistema, como un excesivo crecimiento de las algas filamentosas, crecimiento de las macroalgas, y la salud de los corales y las anémonas. Unas anotaciones detalladas son el mejor camino para observar el progreso de su arrecife casero y determinar cuales de todos sus habitantes están prosperando. Fotografíar regularmente sus especímenes es una forma excelente de detectar cambios a largo plazo en los corales. Las adicciones de peces e invertebrados deben ser anotadas en orden a mantener el rastro de la evolución gradual de su arrecife vivo.

Uno de los items más importante en el mantenimiento que es fácilmente olvidado es la inspección regular de los animales y el sistema, chequeos diarios de la bomba y del difusor de agua son necesarios para asegurar que el filtro biológico se mantiene en buena forma. Una inspección semanal de todas las conexiones es una medida preventiva que reduce riesgos de mayor transcendencia.

Sin embargo la más crucial de todas las tareas de mantenimiento es la observación diaria de las condiciones de todos los peces, invertebrados y algas marinas. Una búsqueda cuidadosa puede también revelar la presencia de numerosas criaturas que entraron vía roca viva.

Verdaderamente somos afortunados que el más importante de los items de mantenimiento es también el más agradable. Después de todo ¿Para qué tener un acuario de arrecife vivo si Vd nunca lo va a mirar?

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

El acuario de arrecife vivo es un cambio dramático desde el típico acuario marino. La ciencia y el arte en el mantenimiento está avanzando continuamente y los sistemas de arrecife son comunmente considerados como la frontera en este campo. Pero esto no significa que sea el fin de la tecnología standard, como el filtro bajo grava. Los sistemas simples funcionan perfectamente cuando se comprenden sus limitaciones y vienen bien tanto para los novatos como para los aficionados avanzados. Para aquellos que quieren extenderse más allá del típico tanque de peces, sin embargo, el sistema de arrecife vivo puede proveer un cambio que puede solamente ayudar a mantener el interés en el hobby de los acuarios.

---

Resumen, traducción y aportaciones pesonales al documentos hechas por Paco (de Acuaterra).

El libro original en el que está basado este documento se llama "The Living Reef Aquarium Manual 2nd Edition", y está escrito por David Wrobel y Ray Meyers. Publicado por Aquarium Systems, Inc. 1989-1995