PUBLICACIONES TÉCNICAS

PATRONATO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA
«JUAN DE LA CIERVA»

3

ACUARIOLOGIA

por

PEDRO ARTÉ

Suplemento
INVESTIGACIÓN PESQUERA

PUBL. TEC. PATR. J. CIERVA, 3

Madrid, agosto 1974

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Don Pedro Arté Gratacós es Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona.

Integrante, en 1949, del grupo de becarios que constituyó el núcleo fundacional del Instituto de Investigaciones Pesqueras, pasó más tarde a Colaborador e Investigador Científico.

Iniciado en la investigación dentro de la ictiología y el cultivo de moluscos, los conocimientos adquiridos le situaban en el mejor lugar para entrar en la acuariología, por lo que en 1955 se le encargó la redacción del proyecto técnico del Acuario de Barcelona y más tarde la dirección de su ejecución, población y decoración ecológica, por lo que entró en contacto con los mejores acuarios europeos y americanos. Nombrado director del Acuario en 1963, sigue actualmente en el cargo y es uno de los mejores especialistas europeos en acuariología.

Profundo conocedor de las exigencias de los seres marinos ha puesto a punto diversas técnicas para su captura, transporte, adaptación y mantenimiento en cautividad, habiendo hallado sus diseños y métodos originales amplia aplicación, tanto en España como en el extranjero. Ha dirigido técnicamente la construcción de acuarios, cetáreas industriales, estaciones depuradoras de moluscos, parques de cultivo y tiene publicados numerosos trabajos. Está en posesión de la Encomienda con Placa de la Orden de Alfonso X el Sabio.

La presente obra, escrita en un lenguaje asequible a cualquier lector, constituye una recopilación de conocimientos básicos y experiencias personales, útiles tanto para el profesional como para el aficionado que desee emprender o perseverar en la captura, transporte, adaptación y mantenimiento en cautividad de los seres acuáticos, en especial los marinos, con conocimiento de causa.

SUMARIO

INTRODUCCIÓN 5

TEORÍA Y TÉCNICA DEL ACUARIO 7

Teoría del acuario 8
Técnica del acuario 13
El acuario equilibrado 22

CAPTURA DE ANIMALES DE ACUARIO 23

Artes de pesca 24
Uso de la electricidad 35
Venenos 36
Estímulos olfativos 37
Cuidados especiales 42
Ayuno 50
Descompresión 50

TRANSPORTE DE ANIMALES DE ACUARIO 51

Recipientes idóneos 52
Material accesorio 54

ADAPTACIÓN Y PERMANENCIA EN CONDICIONES ARTIFICIALES 55

Influencia de la iluminación 56
Influencia de la alimentación 61
Influencia de la oxigenación 64
Monitores 67
Incompatibilidades 68

ACUARIOLOGÍA PRÁCTICA 76

Condiciones generales 77
El agua de pozo 77
Salinidad del pozo 80
Oxigenación del agua de pozo 81
Temperatura del agua de pozo 83
Filtrado a gran escala 84
Acuarios de experimentación 88
Oxigenación por burbujeo de aire a escala industrial . 91

BIBLIOGRAFÍA 95

© Printed in Spain

Depósito Legal: M. 865 - 1958

IMPRENTA JUVENIL. Tel. 308 23 44

A mi Padre, como homenaje póstumo.

Publ. Técnicas Patr. «J. Cierva»	3	Págs. 5-96	Agosto 1974

Acuariología

por

PEDRO ARTÉ

INTRODUCCIÓN

La acuariología como tal es, en Europa, relativamente moderna. No podemos decir que, a pesar de las técnicas empleadas en la antigüedad, algunos de cuyos preceptos han llegado hasta nosotros a través de diferentes autores, se practicase una auténtica acuariología, porque ni los conocimientos ni las instalaciones lo permitían. Los romanos, por ejemplo, idearon la manera de mantener los seres marinos en viveros, que denominaban «piscinae» pero tales instalaciones estaban situadas sobre el roquedo costero, mejorando con pequeñas construcciones las zonas naturalmente aptas (viveros de la Gaillarde, St. André, Antibes, etc. en la costa francesa) o bien si la costa era baja, a corta distancia del mar, con el que se mantenían comunicados a través de una canalización a flor de agua (isla Margarita, frente a Cannes; villa romana de Altafulla, Tarragona, etc.).

En los países orientales sabemos que se mantienen en cautividad ciertas especies de peces desde épocas remotas, pero si bien por los resultados obtenidos debían practicar ya entonces una acuariología bastante perfecta, nada nos ha llegado de sus técnicas e instalaciones.

La acuariología europea nació en 1853 con la instalación de un acuario en el jardín zoológico del Regent's Park de Londres, llamado Fish House (casa de peces) y se perfeccionó en 1858 cuando el inglés Lloyd ideó un sistema de circulación del agua suficientemente eficaz para paliar los fracasos de la «casa de peces», dado que en ella la mayoría de acuarios funcionaban con el agua estancada y en los restantes cada 24 horas se cambia-

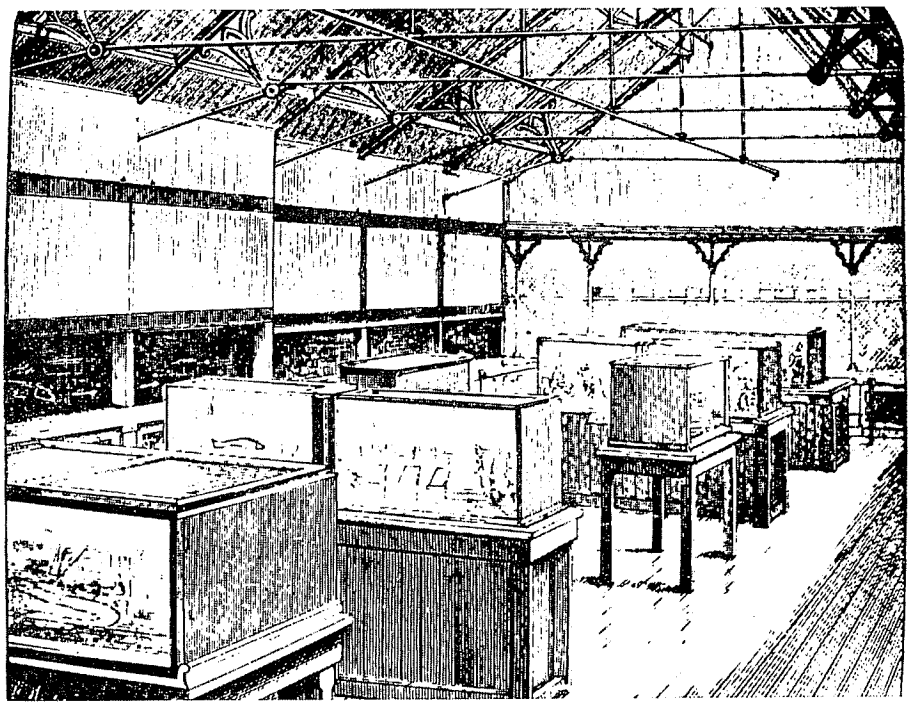

Fig. 1. — Sala de exhibición de la «casa de peces» de Londres (1853), primer acuario del mundo, según un dibujo de la época (WILSON, 1960).

ba tan sólo un tercio de la misma. El éxito del sistema Lloyd permitió abrirse paso a los acuarios.

La acuariología oriental que, como decimos, debió existir, obedecía a fines recreativos y se limitaba a especies de agua dulce. Los «peces de colores» son evidentemente bellos y las formas obtenidas por mutación o selecciones sucesivas, particularmente notables, tan distintas de las naturales que no pueden menos que llamar la atención, pero son formas muchas veces aptas tan sólo para vivir en cautividad, bajo muchos cuidados, que de ninguna manera podrían prosperar en el medio natural.

La acuariología europea es, en cambio, fruto del interés científico, nacida como una necesidad cuando al abandonarse las teorías clásicas empezaron a observarse directamente los fenómenos de la naturaleza. Fue entonces cuando se sintió el deseo de mantener los animales acuáticos en cautividad, en un intento de llegar a conocer el cómo y el porqué de su comportamiento.

Por lo que se refiere a los animales marinos el deseo de conocerlos fue avivado, sin duda, al darse a conocer, mediado el siglo XIX, los resultados de las campañas oceanográficas emprendidas por diversos países.

TEORÍA Y TÉCNICA DEL ACUARIO

Afortunadamente, cada día son menos los que siguen creyendo que la acuariología se limita al mantenimiento en cautividad de los seres acuáticos, en condiciones más o menos idóneas, porque la realidad es que ésta empieza en el mismo instante de su captura, continúa durante el transporte, período de aclimatación o ambientación a la cautividad y, finalmente, du-

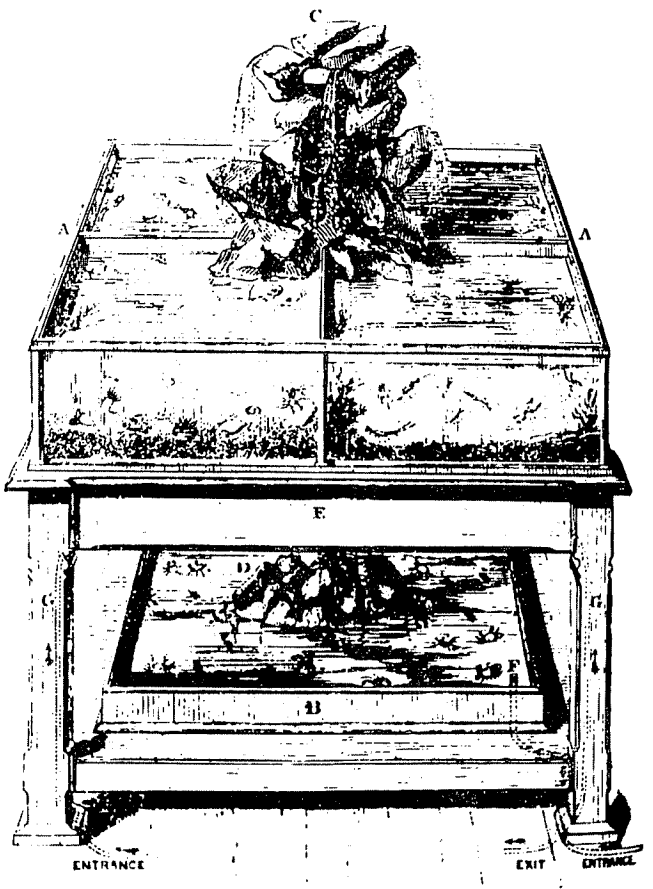

Fig. 2. — Sistema Lloyd de circulación de agua en los acuarios, tomado de un dibujo de la época (seg. WILSON, 1960).

rante el mantenimiento. Cuatro momentos del mayor interés, ninguno de los cuales puede olvidarse, aunque el último sea el más frecuentemente practicado y sobre el que, en general, se tiene mayor experiencia, pero es precisamente al echar en olvido los tres primeros, por lo que se tienen fracasos en el cuarto, cuya explicación no es fácil averiguar, a veces.

La presente obra, pretende poner de manifiesto la necesidad de atender a una serie de detalles cada uno de los cuales, en sí, puede tener poca importancia, pero cuyo conjunto reviste el mayor interés. También se hará especial hincapié en la necesidad imperativa de prestar la máxima atención a las condiciones ecológicas del medio artificial porque, el calificativo de acuario sólo podrá considerarse aplicado correctamente si el dispositivo, ideado para la supervivencia de los seres acuáticos, reúne las condiciones idóneas para la especie que lo habita, tanto biológicas como ecológicas.

Teoría del acuario

La construcción de todo acuario requiere una planificación previa del mismo porque, aunque existen muchos problemas de tipo general propios de todos los acuarios, cada uno en particular, de acuerdo con sus posibilidades puede tener ventajas que deberán aprovecharse e inconvenientes que será necesario resolver.

A la luz de los conocimientos actuales aparece claro, a nuestro juicio, que ningún acuario podrá funcionar correctamente si su montaje no está basado en la ecología, o si se carece de un conocimiento profundo de la biología y etología de las especies mantenidas en él.

Es por tanto necesario decidir, desde el primer momento, qué especies van a mantenerse en cautividad, para poder crear los biotopos adecuados en los que instalarlas. Tengamos en cuenta que, en el medio natural todo aparece perfectamente programado, guardándose celosamente los equilibrios. El hombre, que es el gran desequilibrador de la Naturaleza, sabe muy bien lo caro que a veces ha pagado el haber introducido en un medio biológico equilibrado, a una especie cuya acción desplazó el equilibrio de forma tal, que fue necesario buscar luego soluciones, a veces drásticas, para tenerla a raya. Entre los peces podemos citar los efectos de las gambusias *(G. affinis)* sobre ciertas faunas indígenas, o los derivados de la introducción de grandes depredadores, como por ejemplo el lucio *(Esox lucius)* en ciertos lagos.

Queremos significar con ello que, aun dentro de una misma instalación, no todos los tanques sirven para mantener a cualquier especie, existiendo algunas que, evidentemente, tan sólo pueden convivir con otras determi-

nadas o, al revés, que es indispensable de todo punto mantener aisladas. Dentro del equilibrio en que está organizada la Naturaleza cada ser ocupa un determinado nivel; en lo que hemos dado en llamar cadenas alimentarias, a partir de su inicio a nivel de la vida vegetal, cuya capacidad fotosintetizadora le permite aprovechar la energía luminosa para transformar en materia orgánica las sales inorgánicas, cada forma de vida se nutre de

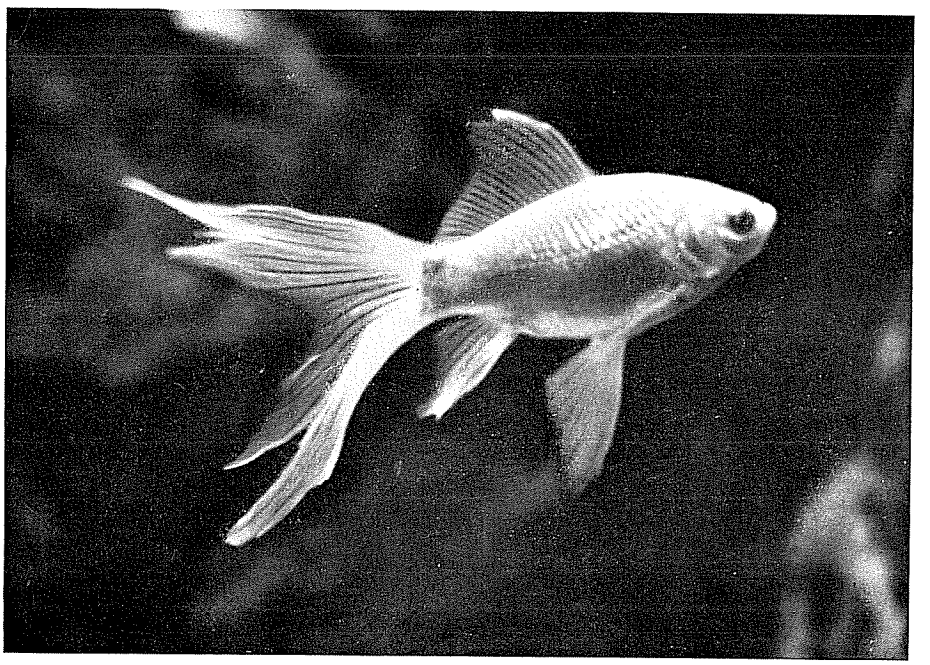

Fig. 3. — Carpín dorado o Pez rojo *(Carassius auratus),* posiblemente la especie que lleva más tiempo en cautividad.

otra, animal o vegetal y a su vez es devorada por la que ocupa un eslabón superior. Cuando se trata de mantener animales en cautividad, privados de la posibilidad de poner en práctica, por sí mismos, medios naturales de defensa tales como el desplazarse a otras áreas, o bajar a mayores profundidades, pongamos por caso, y además buscar su alimento, de ninguna manera podemos esperar alcanzar el éxito si no procedemos adecuadamente. En primer lugar el biotopo ha de ser el adecuado a las exigencias de la especie, sería inútil pretender mantener a los peces que se entierran en la arena, pongamos por caso, (*Trachinus,* llamados arañas, o *Uranoscopus,* conocidos por ratas) dentro de un tanque cuyo fondo fuese duro, las

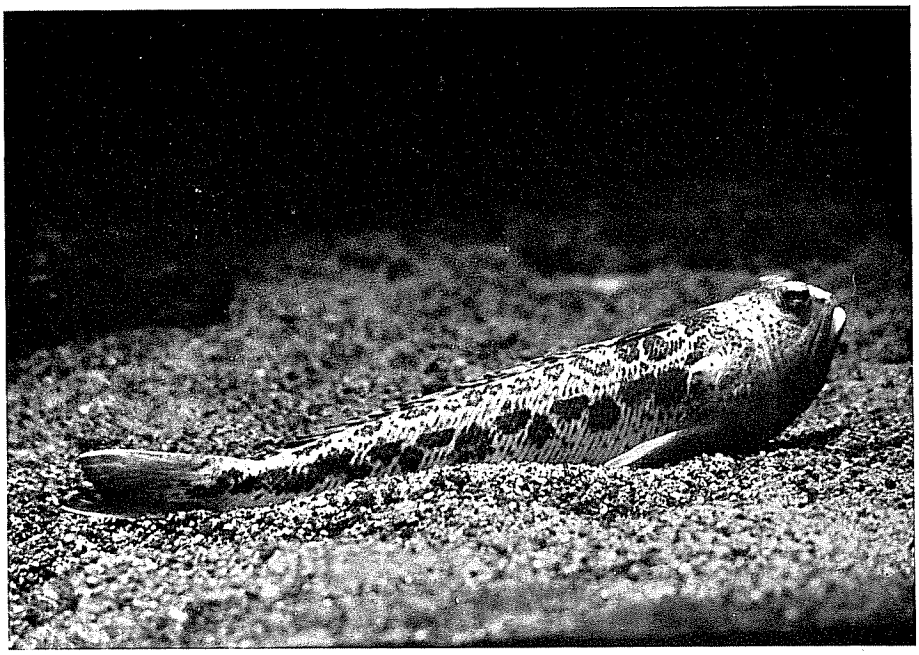

Fig. 4. — Araña de mar *(Trachinus draco)* en un biotopo artificial, reproducción del natural en que habita (fondos arenosos).

heridas que se producirían en su continuo hurgar, buscando el modo de enterrarse, acabarían causándoles la muerte, incluso en algunas especies (*Xirichthys novacula,* llamado vulgarmente raó y rosó) no basta con que dispongan de un fondo arenoso, si el grosor del mismo no es suficiente para permitirles efectuar la maniobra de enterramiento (que en esta especie es entrando de cabeza), sin tocar el fondo de cemento, contra el cual restregan el hocico produciéndose heridas mortales al infectarse. Las murenas *(Muraena helena)* y los congrios *(Conger conger)* exigen paredes rocosas en cuyas irregularidades puedan esconderse, pero así como los segundos prefieren las grietas dispuestas verticalmente, dentro de las cuales se alojan en una actitud muy característica, cabeza abajo, las primeras prefieren los agujeros y pequeños túneles a través de los cuales pasan con gran facilidad mediante los ondulantes movimientos de su cuerpo. Si se trata de peces territoriales, como sucede con algunas especies tropicales, cada ejemplar debe disponer de un escondrijo, lo más adecuado posible, alrededor del cual fijará su territorio de acuerdo con su fortaleza y con la de sus vecinos, ello nos obligará primero a que el tanque sea

suficientemente grande y además a que los refugios estén dispuestos de manera que cada individuo pueda rondar a su alrededor sin que le sea forzoso ver a su vecino más próximo, ello les permitirá vivir más tranquilos, sin continuas reacciones de violencia, lo cual indiscutiblemente resultará en su beneficio, no ya por evitarles las heridas que puedan inflingirse mutuamente al defender cada uno su territorio, sino también por el indiscutible «shoc» que supone el tener que estar adoptando continuamente actitudes de alarma y defensa capaces de producir un «stress» fisiológico agotador. Algunas especies grandes nadadoras, soportan muy mal la cautividad por falta de espacio en que moverse, ésta es la razón por la que las que alcanzan gran desarrollo, como por ejemplo los atunes *(Thynnus thunnus)* nunca se vean en los acuarios, en cambio, con las de pequeño porte como las caballas *(Scomber scomber)* si se procede adecuadamente puede alcanzarse el éxito. En el acuario de Barcelona, del Instituto de Investigaciones Pesqueras (ARTÉ, 1966) se ha logrado mantener caballas durante casi tres años, batiendo una verdadera marca, en un tanque (5,5 $\times$ 1,8 $\times$ $\times$ 1,6 m), cuyo volumen total es de $\simeq$ 16 000 litros y funciona en circuito abierto, e iluminación incluso nocturna, dentro del cual se movían cons-

Fig. 5. — Murena *(Muraena helena)* en un biotopo artificial, buscando protección en un agujero del roquedo.

tantemente en un desplazamiento perimetral, y cuya alimentación fue a base de sardina.

Hemos abogado, para obtener el éxito, por una base ecológica y un conocimiento profundo de las exigencias de la especie, lo segundo viene demostrado por el ejemplo que acabamos de mencionar en el que, bien es verdad, las bajas producidas en las primeras 48 horas fueron muy considerables, debidas especialmente a las heridas que los animales se producían al chocar contra las paredes del acuario o en los brincos fuera del agua (ARTÉ, P., tesis doctoral), pero una vez superado este momento, los que consiguieron adaptarse a la cautividad sólo pudieron sobrevivir gracias al conocimiento de sus necesidades. Téngase en cuenta que, que nosotros sepamos, sólo en el acuario de Nápoles se había logrado mantener caballas durante seis meses, y que las nuestras, de acuerdo con los trabajos de BAS, 1959 (tesis doctoral) pertenecían a un grupo de talla que no se ha registrado nunca en el Mediterráneo en libertad, por lo que estimamos que su pérdida se debió a que llegaron al límite de longevidad de la especie.

En cuanto a la necesidad de un profundo conocimiento de las exigencias tróficas nos parece indiscutible, téngase en cuenta que, como ya hemos indicado, cada animal ocupa además de un biotopo determinado, dentro de la biocenosis de que forma parte, un nivel o nicho ecológico, así pues, si bien la ausencia en la cautividad de aquellos que ocupan niveles superiores representa para él una gran ventaja, puesto que en general suelen ser sus depredadores, al faltar los que constituyen los niveles inferiores, o sea, aquéllos sobre los cuales él incide, su existencia puede verse comprometida si el hombre no cuida, con su acción, de suplir esta ausencia. Un ejemplo claro lo constituye lo ocurrido en el Acuario de Barcelona con el centollo *(Maia squinado);* la alimentación más generalizada en el acuario es el pescado azul, en general la sardina, pues bien, se observaba que los centollos prosperaban mal y se perdían indefectiblemente al llegar la muda. Sospechando que el problema estribaba en una alimentación poco adecuada, se hizo una revisión de la biocenosis habitante en el biotopo natural del centollo, excluyendo los peces que, evidentemente, no tratándose de cadáveres le ha de ser sumamente difícil alcanzar. Acto seguido se fueron colocando en su tanque, sucesivamente, algunos de estos seres; al llegar a la estrella de mar llamada de peines *(Astropecten aurantiacus)* se observó una rápida reacción del centollo que prontamente empezó a devorar un brazo de la estrella, empezando por su punta. A partir de este momento los centollos tienen constantemente en su acuario algún ejemplar de estrella de peines, además de recibir su alimentación a base de pescado, del

que toman lo que desean y valga decir que se han terminado los problemas de supervivencia y casi totalmente los de la muda.

He aquí algunos ejemplos que consideramos ilustran plenamente nuestras afirmaciones, pero en esta consideración no debemos olvidar aspectos tan fundamentales como son los materiales utilizados en la construcción del acuario y muy especialmente al agua, soporte de toda la vida y que si no goza de las condiciones adecuadas resulta inútil intentar nada, aquí es donde, con mayor insistencia ha de centrarse nuestra atención, porque los biotopos creados, una vez planificados y ejecutados de acuerdo con las exigencias de las especies que los habitarán, permanecen invariables, incluso se recomienda no cambiarlos, parece como si los animales acuáticos, en especial los peces, se acostumbrasen a su alojamiento hasta el extremo de que a veces, sobre todo si se trata de ejemplares muy viejos, que han permanecido años en un mismo tanque, el cambiarlos puede suponer su pérdida, casi con las mismas probabilidades que cuando se traen del mar a la cautividad. El conocimiento de las exigencias biológicas de la especie, una vez adquirido, tampoco variará. Si consideramos los materiales utilizados y los dispositivos de funcionamiento, siendo los adecuados y funcionando correctamente no es fácil que nos presenten problemas posteriores, pero en cambio el agua está, no diremos que en constante variación, pero es innegable que es, dentro de todo acuario, el componente que con mayor facilidad altera sus características; las variaciones de temperatura, salinidad, pH, oxigenación, contenido en urea, nitritos, iones metálicos, sustancias contaminantes, etc., pueden afectar profundamente a los moradores del acuario, y estos cambios son susceptibles de producirse con suma facilidad, puesto que muchos provienen de la propia actividad vital de estos moradores o tienden a compensarla. No se podrá pues, alcanzar el éxito sin un continuado control del agua en especial en los acuarios de circuito cerrado.

Técnica del acuario

Intencionadamente omitiremos en este capítulo, por no ser éste nuestro propósito, todo lo que se refiere a la construcción de los tanques (forma, dimensiones) porque en cuanto a la forma los pareceres son múltiples y muchas veces viene condicionada al espacio disponible y en lo referente a dimensiones, porque por un lado obligan las exigencias de la especie, según ya hicimos notar y por el otro variarán según el número de individuos que queramos mantener juntos, su tamaño y las condiciones de funcionamiento del acuario en lo referente a circuito (abierto o cerrado), ca-

pacidad de filtración, oxigenación, etc., incluyendo en ello los cuidados que se le prodiguen en cuanto a limpieza y alimentación, cosas todas que limitan hasta cierto punto las posibilidades, si se quiere tener garantizado el éxito, y poder decir que se practica la acuariología.

Referente a los materiales, nada descubriríamos que no esté recopilado en otras obras, además, es fácil resumir cuáles elegir en pocas palabras: deberán utilizarse materiales inertes, que no sufran oxidaciones y que no puedan ceder al agua iones metálicos peligrosos (Cu, Sn, Zn, Pb) o sustancias de otra índole que, como en el caso del cemento, produzcan variaciones de pH por alcalinización, o que acidifiquen el medio.

Actualmente existen en el mercado multitud de productos industriales que permiten resolver estos problemas, tales son, pongamos por caso, el acero inoxidable, diferentes componentes de la gran familia de los plásticos, resinas que permiten proteger hasta los más recónditos rincones evitando el contacto con el agua, masillas de silicona, hidrofugantes y vitrificantes del cemento, sin olvidar los tradicionales, como el cristal, la porcelana, etc. todos aptos incluso para acuarios marinos.

Con todos estos productos se pueden hacer maravillas estéticas, tanques en columna, en aparador, vitrina, o como sea, pero no debemos olvidar que si no cumplen las condiciones indespensables para subvenir a las exigencias de sus moradores, nunca podrán ser considerados como verdaderos acuarios.

Lo que no queremos pasar por alto, por ser a nuestro juicio, mucho más importante de lo que algunos creen, es hacer alguna consideración sobre el agua.

El agua es el soporte vital de los animales acuáticos, en ella se mueven y encuentran su alimento, pero también es a través de ella que respiran y en ella vierten los productos de excreción resultantes de toda su actividad vital así como los productos sexuales que deberán asegurar la perpetuación de la especie.

Si nos circunscribimos al medio artificial limitado que supone un tanque, sobre todo si es en circuito cerrado, no dejará de causarnos viva impresión el pensar que todo lo que acabamos de enumerar se produce en un espacio tan reducido y a veces simultáneamente.

Si se puede hacer funcionar el acuario en circuito abierto, los inconvenientes se palían con facilidad, pero siempre en el caso de que el agua utilizada nos llegue en las condiciones adecuadas, cosa por lo común nada fácil hoy, dada la gran contaminación que padecen los cursos de agua o las aguas distribuidas a través de las redes de agua potable, en las que la preocupación principal es eliminar las bacterias patógenas, aceptando, a veces

porque no hay otra posibilidad, determinados niveles de dureza o ciertas contaminaciones químicas (el propio cloro utilizado en la desinfección de las mismas, es una de ellas) del todo inadecuadas para los animales acuáticos. Si consideramos las aguas marinas, sucede otro tanto, muchas zonas marinas (en especial costeras) son ya totalmente inadecuadas para la captación de agua con destino a los acuarios.

Pero suponiendo que el agua goce de condiciones idóneas, en el circuito abierto, la oxigenación así como la eliminación de los productos de excreción contaminantes se producen de manera automática con solo mantener un flujo adecuado, es lo que sucede por ejemplo en los criaderos de truchas o de carpas, entre los de agua dulce, o de langostinos y de ciertos peces así como en algunas cetáreas, entre los marinos; en todos, mientras la comunicación con la red fluvial o con el mar pueda mantenerse abierta, no existe preocupación.

Desafortunadamente los acuarios tanto los de agua dulce como marinos y más las cetáreas industriales no pueden construirse todos junto al mar o en zonas de aguas adecuadas, y aunque así sea, siempre cabe la posibilidad de que por causas metereológicas adversas sea necesario cortar la entrada de agua, pasando del circuito abierto al cerrado. Éste es también, el modo de funcionamiento de la inmensa mayoría de acuarios de aficionado, domésticos o decorativos.

En el circuito cerrado el agua deberá utilizarse una y otra vez, a veces por espacio de meses; aparece pues de manera patente la indispensable necesidad de tenerla sometida a un continuado proceso de purificación, capaz de mantenerla constantemente apta. Este proceso tiene lugar a través de los filtros que, en realidad, han de poder cumplir varias funciones.

Algunos se preocupan mayormente de tener el agua del acuario totalmente transparente como si en ello residiese la solución de todos los problemas, y no es así, un agua muy transparente puede ser tan inadecuada como otra que no lo sea.

A la salida del tanque habitado, el agua lleva materiales en suspensión y sustancias disueltas, una vez retirados los primeros puede aparecer clara pero no por ello apta, precisamente el gran problema con el que tienen que luchar los filtros es la eliminación de los solutos, lo cual, como veremos, puede lograrse de dos maneras, por adsorción y biológicamente.

Como hemos apuntado, la misión del filtro es diversa, para devolver al agua su estado inicial de pureza, ha de poder retirar de ella los materiales en suspensión y las sustancias disueltas, pero además deben eliminarse las bacterias y cuidar de oxigenar el agua, devolverle su temperatura, con-

centración de sales, nivel de pH, etc., sólo así se asegurará un flujo de agua en buenas condiciones.

Enunciado lo anterior, aparece ya claramente la inutilidad de los filtros interiores, que utilizan como sustancia filtrante la propia arena que recubre el fondo del tanque. Tan sólo consiguen, a duras penas a veces, mantener el agua transparente, en una falsa sensación de que todo funciona a la perfección, porque a medida que se van taponando los pequeños canales que quedan entre los granos de arena, el agua deja de pasar y las bacterias empiezan pronto su labor. La materia orgánica disuelta no sólo no se elimina sino que puede aumentar peligrosamente, convirtiéndose en un buen soporte para muchas bacterias y enfermedades. Los filtros interiores, funcionando independientes, tan sólo consiguen ocupar inútilmente una parte del espacio que podrían ocupar los seres acuáticos, y muchas veces afear. Así pues, consideramos que sólo son verdaderamente aceptables los filtros exteriores, adosados o más o menos alejados del tanque, y aún siempre que estén debidamente compartimentados para que en ellos puedan realizarse a la perfección todas las operaciones conducentes a la total recuperación del agua. En general puede asegurarse que en los filtros se tiende a reducir en exceso tanto la superficie de filtración como su volumen, motivando en primer lugar una demasiado rápida circulación del agua a través de los mismos y en segundo una pronta colmatación con la consiguiente pérdida de rendimiento.

En general los filtros constan de un solo compartimento, máximo dos; evidentemente los de un solo compartimento, como veremos más adelante, no pueden de ninguna manera cumplir su misión adecuadamente, los de dos pueden cumplirla mejor, pero según cual sea el agente esterilizante utilizado, serán necesarios tres, veamos a continuación estos conceptos:

Los filtros considerados hoy como más idóneos, dejando aparte los llamados filtros biológicos que consideraremos también al final, constan de: fibra sintética y arena para la eliminación de las sustancias en suspensión, carbón activado para adsorver los solutos y un agente esterilizante, por lo común rayos ultravioleta, ya que son pocos los que se atreven a usar el ozono. Su colocación en el filtro, yendo contra la corriente de filtración, o sea, de abajo arriba, es: carbón activado, arena fina, arena gruesa y lana sintética, o una capa de espuma de goma o también espuma de poliuretano. Si no existe otro compartimento, es inútil introducir un agente esterilizante, porque el único lugar donde cabe es en el espacio lleno de agua situado sobre el elemento filtrante superior donde no hará gran cosa, porque el agua puede recontaminarse al circular a través del filtro. Si existen dos compartimentos, evidentemente el agente esterilizante deberá colocarse

en el segundo, para que actúe sobre las bacterias una vez el agua esté filtrada y liberada de solutos. Ahora bien, el agente esterilizante creemos merece una especial consideración; el de más cómoda utilización son los rayos ultravioleta, pero en general son pocos los que los utilizan de forma adecuada. Los rayos ultravioleta penetran muy poco en el agua, unos milí-

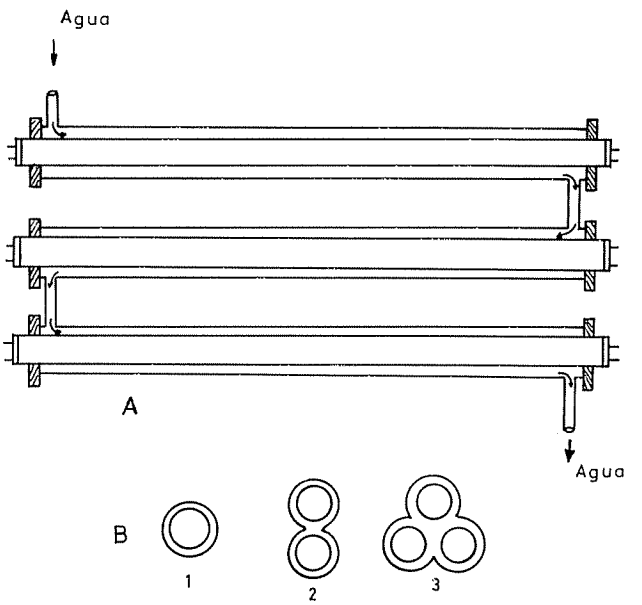

Fig. 6. — Esquema de un dispositivo de esterilización de agua por rayos ultravioleta. A = disposición de la batería de tubos; B = sección transversal del montaje de los tubos: 1, en sencillo; 2, doble; 3, triple.

metros tan sólo, de manera que las bacterias que no ocupen el volumen de agua inmediatamente en contacto con la lámpara productora no se verán afectadas.

Existen dispositivos (Fig. 6) para hacer circular el agua en una fina película alrededor de la fuente de rayos ultravioleta, utilizando tubos especiales, en montajes sencillos y hasta dobles o triples, a veces en batería que presentan la ventaja, sobre las lámparas, de permitir un mayor tiempo de contacto, pero su funcionamiento no siempre es correcto, especialmente cuando se trabaja con agua de mar, aunque cuando funcionan bien son de gran eficacia. Las lámparas colocadas simplemente dentro del compartimento adecuado del filtro, sirven mayormente para estropear los ojos, si no se evita mirarlas, y poco en cuanto a esterilización se refiere.

El ozono es, a nuestro juicio, el esterilizante ideal del agua, si bien tiene el inconveniente de que es tóxico a la larga, por lo que si no se cuida su eliminación puede causar bajas entre la población del tanque, ahora bien, por un lado su actividad es tal, que no es necesario tener el productor de ozono constantemente en marcha, ya que es sabido que el grado de peli-

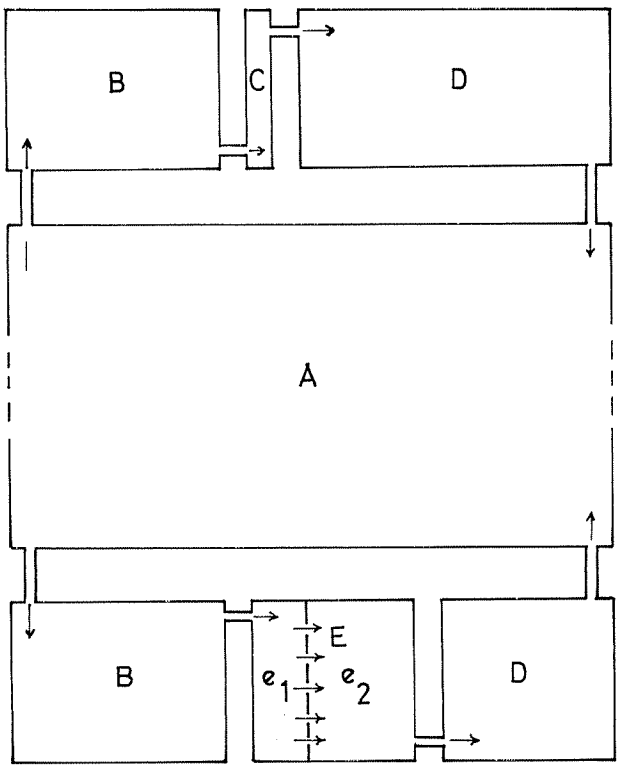

Fig. 7. — Esquema de funcionamiento de un acuario con instalación de regeneración del agua.

A = acuario; B = filtrado y absorción de metabolitos; C = esterilización por rayos ultravioleta; D = equilibración del agua (temperatura, salinidad, pH, saturación de oxígeno); E = esterilización por ozono (e_1 = ozonización, e_2 = liberación del ozono sobrante).

grosidad de las bacterias depende en gran parte de su concentración y con el ozono es fácil mantenerlas en niveles bajos, por otro lado, para eliminarlo basta con hacer borbotear aire a través del agua en el preconizado tercer compartimento del filtro, cuya utilidad en otros sentidos pondremos también de manifiesto a continuación.

Una vez ha pasado por los filtros cuyo tipo acabamos de considerar, y

dejando aparte los numerosos modelos existentes, el agua es generalmente devuelta a los tanques habitados por los seres acuáticos. Como máximo, si se trata de corregir el pH, algunos tienen el acierto de hacerlo en el mencionado segundo compartimento del filtro, o en el tercero, caso de existir, pero la inmensa mayoría se despreocupan de su oxigenación y temperatura puesto que tales condiciones se corrigen en el tanque, y ello es un error, porque con este proceder, constantemente llega al tanque un flujo de agua en condiciones desfavorables, cuya corrección, crea no pocas incomodidades.

Evidentemente los trenes de burbujas ascendiendo a la superficie constituyen una fuente considerable de ruidos, inexistente en la naturaleza.

Por otra parte, la corrección de la temperatura del agua en el propio tanque constituye otro error; cuando el termostato conecta la corriente eléctrica la fuente de calor, al funcionar, calienta el agua a su alrededor hasta una temperatura superior a la deseada y este agua al difundirse en la masa total del tanque va elevando paulatinamente la temperatura del mismo, pero es evidente que además cuanto más rato tarda el termostato en desconectar, la temperatura relativa de la fuente de calor va subiendo hasta un determinado nivel, de forma que el agua que está en contacto con ella en el momento de apagarse alcanza mayor temperatura de la que lo estaba recién encendido.

Sin duda pues, en el tanque la temperatura se mantiene pero por oleadas, lo cual no causa ningún beneficio a sus moradores. Bien es verdad que la cada vez mayor sensibilidad de los termostatos, palia en cierta manera este inconveniente, conectando y desconectando con mayor frecuencia, pero con todo, el calor específico del agua es grande y si bien el enfriamiento de toda la masa de agua hasta el momento de contacto será bastante lento y uniforme, sin duda el calentamiento no lo será tanto, porque el primero se produce por toda la superficie exterior del tanque, mientras que el segundo tiene lugar en una zona del interior relativamente pequeña desde la cual debe transmitirse a toda la masa de agua, y ello es menos grave siempre que la fuente de calor esté más o menos equidistante del exterior, ya que cuando está, como es tan frecuente ver, en una esquina del tanque o en el fondo, para que no afee, el problema es más grave.

En cuanto a la oxigenación, es evidente que la población animal del tanque consume una determinada cantidad de oxígeno que debe reponerse lo más rápida y uniformemente posible para que los niveles del mismo se mantengan constantemente en el óptimo, evitando los déficits y los gradientes en la masa de agua. Cuando existe la posibilidad de hacer funcionar los acuarios en circuito abierto por disponer de agua adecuada en can-

tidad suficiente, se suprime la inyección de aire por innecesaria, éste es el caso de todas las piscifactorías, pues bien, en acuariología, y especialmente cuando se intenta la reproducción de las especies, no se suele pensar en este hecho, considerándose que la inyección de aire suplirá, y de hecho lo consigue, pero a cambio de una turbulencia (no debe confundirse con un flujo) y de un nivel de ruidos muy poco adecuados.

Después de todas estas consideraciones creemos aparece claro, que las técnicas habituales aplicadas para mantener en condiciones un acuario que funcione en circuito cerrado, son totalmente insuficientes. Debe sustituirse definitivamente la idea del filtro, más o menos perfecto, por la del dispositivo de recuperación del agua capaz de devolver a ésta sus condiciones primitivas, de forma que, cuando llegue al tanque habitado, venga a representar un aporte perfectamente comparable al del circuito abierto.

Ciertamente es indispensable eliminar todos los materiales en suspensión, y éste consideramos debe ser el primer paso. Para ello lo mejor es hacer circular el agua a través de fibra sintética, arena, tierra de diatomeas activada, espuma de goma o de poliuretano, o una combinación de varios de estos elementos, a gusto de cada cual, pero esto será tan sólo el primer paso en la recuperación del agua y a esta parte del sistema, a la que perfectamente podemos llamar filtro, no le podemos pedir más.

Para la adsorción de solutos ya hemos indicado que el carbón activado es del mayor interés y de gran efectividad, pero en su utilización se incurre en errores que estimamos deben evitarse, en primer lugar el carbón suele incorporarse en el trayecto final de lo que hemos llamado filtro y a él con frecuencia llegan cantidad de materiales en suspensión (hemos visto filtros en los que únicamente se pone fibra sintética y carbón) olvidando que la acción del carbón es por adsorción en superficie y que, por tanto, al recubrirse ésta de tales materiales deja de ser activo. Estimamos que el agua debe llegar al carbón totalmente transparente sin la menor partícula en suspensión, sólo así podrá éste cumplir perfectamente su función.

Otro de los errores que suelen cometerse es hacer circular el agua a través del carbón activado a una velocidad excesiva, que no le da tiempo de efectuar su trabajo a fondo. Hemos apuntado antes que, en general, se tiende a reducir excesivamente la superficie de los filtros, lo cual no se compensa bien con un aumento de espesor, porque al colmatarse los poros, la velocidad de circulación del agua por los que permanecen abiertos aumenta y como ésta busca siempre circular por el camino más fácil, puede resultar que el filtro se convierta en una red de canales de circula-

ción rápida muy poco eficaz. En el filtro lo que se busca es, a base de desviar el agua por mil y un caminos, reducir su velocidad de circulación para que las partículas en suspensión se depositen además de que, según el tamaño del elemento filtrante (arenas o burbujas de aire en la espuma) las mayores no puedan pasar, son pues acciones puramente mecánicas, pero la adsorción es mucho más delicada, una molécula puede ser adsorvida física o químicamente, según que su afinidad con la del adsorvente sea por homología o por existir entre ellas fuerzas de atracción semejantes a las que conducen a la formación de los enlaces químicos, y ello requiere un tiempo de contacto adecuado, así pues si además no existiese esta homología o fuerza de atracción entre las moléculas, el carbón no actuaría. Es fácil comprender, dicho lo que antecede, que el agua debe llegar al carbón libre de materiales en suspensión y circular lentamente, porque la concentración de sustancias disueltas a medida que van siendo adsorvidas las moléculas es cada vez menor y por tanto, más difícil para el carbón adsorver las que quedan, a menos que permanezcan más tiempo junto a él.

Actualmente algunas sustancias como la urea, pueden separarse directamente mediante dispositivos adecuados, llamados separadores de urea, de los que existen varios modelos y que resultan bastante eficaces. El mejor sitio para colocarlos es el primer compartimento del filtro, no en el acuario.

Hemos mencionado los filtros biológicos cuya utilización, si bien puede ser eficaz no resulta demasiado práctica, se trata de hacer actuar a organismos vivos, bacterias muchas veces, para la eliminación de los productos de excreción.

Para utilizarlos no debemos olvidar que: las bacterias son difíciles de controlar; requieren condiciones adecuadas para que actúen en el óptimo, las cuales a veces difieren mucho de las de los acuarios; los cultivos se contaminan y que en caso de que mueran pueden representar una biomasa considerable, capaz de aportar tanta o más materia orgánica que la que intentábamos eliminar.

Suponiendo ya el agua clarificada y liberada de metabolitos, nos es necesario comprobar su dureza (la que se evapora es agua pura, las sales quedan en disolución) para dejarla en las condiciones adecuadas, el pH, y finalmente eliminar las bacterias, oxigenarla y ponerla a la temperatura idónea para que regrese al acuario en las preconizadas condiciones iniciales y en un flujo suficiente para asegurar el aporte de oxígeno indispensable según el número de habitantes del acuario, cantidad de vegetación y luz. Sólo así las cosas irán a la perfección.

Después de todas estas consideraciones aparece clara, creemos, la ne-

cesidad del dispositivo de recuperación del agua, además de la imposibilidad de efectuar todas estas operaciones en dos compartimentos. Consideramos indispensables 3 como mínimo, ya que en caso de utilizar ozono, el compartimento de esterilización está dividido en dos (fig. 7, E).

No quisiéramos terminar este capítulo sin hacer mención del problema de las entradas del agua en los tanques habitados, máxime cuando preconizamos la eliminación de las burbujas de aire en ellos. Realmente sin la turbulencia que suponen los trenes de burbujas ascendiendo a la superficie, con las convecciones que crean y por ende el movimiento del agua, las entradas de la misma han de ser más numerosas, y efectuarse por puntos estratégicamente dispuestos de manera que no queden zonas sin renovación o se produzcan estratificaciones, pero el decir dónde deben colocarse estas salidas es aventurado, porque su situación dependerá de la decoración, forma del tanque, etc. Sólo el buen sentido indicará, en cada caso, dónde habrá que situarlas; ahora bien, lo que sí puede afirmarse es que deben estar colocadas de forma que pongan en movimiento toda la masa de agua, y a este respecto hay que tomar muy en consideración a las especies que pueblen el tanque, algunas de las cuales, entre los llamados peces tropicales, son de aguas estancadas o de corriente muy lenta; quiere ello decir que no soportan con facilidad el esfuerzo continuado de mantenerse en unas aguas demasiado turbulentas. Para estas especies precisamente, la entrada de agua por múltiples lugares representa una ventaja, ya que de esta manera se consigue una eficaz oxigenación con un movimiento tan lento del agua, como jamás se lograría con trenes de burbujas, cuya misión es, por definición, crear movimientos del agua rápidos que permitan entrar a toda la masa en contacto con el chorro de burbujas en un corto espacio de tiempo.

El acuario equilibrado

Mucho se ha hablado del acuario equilibrado como el ideal. Realmente en su idea es el que funciona de una manera más parecida a la de la Naturaleza, puesto que en él, al menos teóricamente, existe una autocompensación. Pero aquí es precisamente donde radica la dificultad, que se autocompense indefinidamente. Que la vegetación no acabe dominando sobre la vida animal o viceversa, que la luz sea cada día la necesaria, de acuerdo con la cantidad de superficie fotosintetizadora, ya que es a este nivel donde empieza todo. Pero las plantas crecen y por tanto la cantidad de oxígeno que producen en presencia de la luz varía, y ello no es inconveniente, pero el caso es que en esta actividad el consumo de sales minerales aumenta

y aumenta la producción de anhídrido carbónico en la oscuridad, y la vida animal es sabido que se desarrolla a un ritmo inferior a la vegetal, por tanto la compensación por parte de la población animal se irá desfasando, así pues un acuario que durante una temporada pudo funcionar muy bien, empezará a ir mal.

En realidad, consideramos que los acuarios en los que se busca, podríamos decir, un equilibrio natural sólo funcionan bien con una gran desproporción entre la cantidad de agua y la vida que albergan, en comparación con los otros. Creemos, pues, que es mucho mejor partir de la idea que expusimos al principio, darnos cuenta de que trabajamos en un medio descompensado que sin nuestra intervención continuada se desequilibra rápidamente, no olvidar que dentro del ecosistema artificial que nosotros hemos creado, trabajamos a un determinado nivel, por así decir, saber que lo tenemos montado «en el aire», sin base ni tejado, y que sea precisamente nuestra acción la que sustituya estas deficiencias, lo cual supone un conocimiento profundo de la biología, etología y ecología de las especies. Por esta razón decíamos al empezar que no se entiende una acuariología científicamente soportada sin esta base, es probar al azar. No podemos esperar que las especies, fijadas desde miles de años y cuya biología responde exactamente a las condiciones del medio, porque las que no fueron capaces de adaptarse sucumbieron, vayan de pronto a modificar toda esta impronta, marcada a veces genéticamente, para amoldarse a nuestro hacer. Bien es verdad que en algunos casos las especies toleran variaciones del medio, a veces amplias, aunque nunca de manera brusca, pero siempre existe un óptimo, que es el que debe buscarse. Así pues, lo más lógico es que nosotros nos amoldemos a ellas, si queremos disfrutar de su compañía y muy especialmente si lo que se busca es su reproducción. Imitar el medio natural, claro que sí, pero en el que ya esté prevista nuestra intervención, esto será acuariología.

El acuario equilibrado presenta, pues, muchas más limitaciones que ninguno, porque precisamente nuestra incidencia en él es mínima, lo cual puede resultar una comodidad, pero a cambio de una enorme merma de posibilidades.

CAPTURA DE ANIMALES DE ACUARIO

Hemos hecho notar en el capítulo anterior que algunos de los problemas de la acuariología provienen ya del momento de la captura de los animales, dado que no sólo se les somete a un «shock» violento, sino

también al consiguiente «stress fisiológico». Ahora podemos puntualizar más, haciendo notar que existen grandes diferencias entre los diversos seres, según la clase zoológica a que pertenezcan, y el dominio ecológico que ocupen, además de cómo se capturen y cuándo. Todo ello resulta de capital importancia, por lo que no debe extrañar al lector que a continuación hagamos especial mención de algunos métodos de captura utilizados en nuestro país o no, así como del comportamiento de nuestras especies, por considerar que la información que reciba además de proporcionarle un conocimiento de los problemas de la captura, le será de utilidad práctica, puesto que puede encontrar con facilidad los animales considerados. Desafortunadamente cuando lo exótico llega a su poder la posibilidad de actuar adecuadamente ya ha pasado.

Refiriéndonos al mar, según que los seres sean planctónicos, nectónicos o bentónicos y dentro de éstos que vivan sobre el fondo sin posibilidad de desplazamiento (sesiles) o que sean capaces de efectuarlo (móviles) ya sea lenta (pivotantes) o rápidamente (libres), los modos de acción han de ser fundamentalmente diferentes, al igual que los artes, aparejos, trampas o instrumentos a utilizar. Por esta razón los ejemplares provenientes de pescas comerciales, según ya hizo notar PERCIER (1960) sólo son aceptables si los métodos de trabajo de la embarcación proveedora resultan aptos para la especie que deseamos obtener, lo cual limita considerablemente la ayuda que pueden proporcionarnos, confiriendo mayor importancia a los equipos idóneos suficientemente entrenados y provistos de medios adecuados para cada caso.

Artes de pesca

Entre los artes de pesca cabe considerar: los de arrastre remolcados por una embarcación a motor, los llamados «a mano» porque son cobrados a mano ya sea desde tierra (arte de playa, jábega) o desde una embarcación fondeada (boliche, camión); los de cerco, especialmente aptos para la captura de peces pelágicos y nectónicos y los trasmallos utilizados para la captura de ciertas especies.

Excepto en los trasmallos los animales atrapados quedan en el último momento dentro de grandes bolsas de red cuyas mallas son tan estrechas que el enmalle es imposible, lo cual consideramos como condición indispensable para que, especialmente los peces, tengan posibilidad de sobrevivir a la captura, razón por la cual omitimos intencionadamente cualquier consideración sobre las redes denominadas de enmalle: anchoeras, sardi-

nales, boleros, soltes, etc., totalmente inadecuadas para nuestros fines.

En los trasmallos dada la especial disposición de los paños de la red, los animales capturados quedan retenidos desde el primer momento en una estrecha bolsa dentro de la cual se debaten hasta agotarse si la calada es demasiado larga, o bien se producen heridas que los inutilizan para nuestros fines, con todo, los provenientes de caladas cortas o atrapados en el último momento, haciendo la natural salvedad según la resistencia de cada especie y que sean de tamaño suficientemente grande para que una parte del cuerpo no pase por malla a través del paño central (lo que produce heridas las más de las veces fatales) resultan todavía aptos para la cautividad.

Artes de arrastre

Los artes de arrastre capturan especialmente seres bentónicos componentes de la epifauna móvil y libre así como aquellos componentes del necton que se encuentran cerca del fondo. Su campo de acción se centra sobre los fondos arenosos o fangosos de la región superior de la plataforma continental o de la litoral inferior, puesto que en los rocosos o coralinos se engancharían produciéndose roturas a través de las cuales escaparían los animales capturados, ya que la corriente que se origina a través de las mallas por efecto de la tracción, tendiendo a pasar por el camino más fácil, origina en los desgarros una succión que prácticamente vacía la red.

Esta corriente de succión gracias a la cual entran los animales capturados dentro de la red, si las caladas son demasiado largas, representa para los peces un grave inconveniente puesto que su natural tendencia a nadar contra la misma intentando escapar, según nos muestra la televisión submarina, hace que a veces se fatiguen tanto que ello sólo bastaría para causarles la muerte. Otros peces entran fácilmente dentro del copo, pero según ha podido comprobarse en las películas obtenidas por el FISH AND WILD LIFE SERVICE norteamericano y el FISCHERIES LABORATORY de Aberdeen (Inglaterra), a continuación intentan con todas sus fuerzas pasar a través de las mallas con lo cual también se hieren notablemente (PERCIER, 1960). Los que son vencidos sufren, dentro del copo, la acción de las corrientes que en su interior se originan o bien son proyectados contra el fondo y retenidos allí bajo la presión que sobre ellos ejerce el agua que filtra a través de las mallas. Teniendo en cuenta que la velocidad mínima a que suelen trabajar los arrastreros es de unas 3 millas/hora, nos daremos cuenta del esfuerzo a que están sometidos y las dificultades

que encuentran para sobrevivir luego. Así pues, las pescas de arrastre efectuadas normalmente con fines comerciales son poco útiles para la obtención de especies de peces aptas para sobrevivir en cautividad, tan sólo cuando tales artes se utilizan con miras a dicho fin, efectuando caladas de poca duración y a la menor velocidad a que el arte sea capaz de pescar en buenas condiciones pueden resultarnos de alguna utilidad. Bien es verdad que en estas condiciones el rendimiento en número de las capturas disminuye pero, en cambio, los animales sobreviven más fácilmente. Hasta tal punto resulta importante la compresión que los peces sufren contra la red, que PERCIER (1960) atribuye a la diferente forma del copo (recto en su borde posterior o semicircular), el hecho de que unos lotes de pageles llevados al Acuario de Biarritz fuesen capaces de adaptarse a la cautividad, sobreviviendo durante largo tiempo en el primer caso, o pereciendo rápidamente después de haber sido comprimidos dentro de un fondo de saco semiesférico.

Los invertebrados sufren, en general, mucho menos los efectos nocivos que acabamos de enumerar por cuanto muchos están provistos de caparazón duro, son capaces de retraerse dentro de la concha, o simplemente poseen un tegumento suficientemente resistente. Las formas sesiles sólo resultan capturadas por este sistema cuando, fijadas sobre un cuerpo duro (piedra, concha, etc.), éste penetra dentro de la red.

Debido al largo recorrido efectuado por este tipo de redes en un corto espacio de tiempo y a la gran cantidad de material que recogen, haciendo una rápida selección de aquel que se encuentre en buen estado, todavía resultan aptas para la recolección de muchos invertebrados (sólo el buceo las supera) y de algunos vertebrados entre los constituyentes de la biocenosis propia del biotopo sobre el cual actúan.

ARTES «A MANOS»

Arte de playa

Es un arte que se hala desde la orilla y cuyas características coinciden con las de los denominados jábega en muchos lugares de España. Actúa sólo en la región litoral superior arenosa o arenoso-fangosa, capturando las especies de la epifauna móvil y libre propias de esta biocenosis. Los de la epifauna pivotante son raros y los de la sesil prácticamente faltan igual que los de la infauna. También son capturados los componentes del necton que nadan cerca del fondo.

El arte se cala a diferentes distancias de la costa que pueden oscilar entre 300 y 1300 m.

Es extraordinariamente útil para la captura de peces destinados a ser mantenidos en cautividad, por su modo de acción, muy lento, ya que desde el inicio de la recuperación hasta que llega a tierra transcurren de una hora y media a dos, lo cual permite además una descompresión paulatina. Pescan a profundidades relativamente pequeñas y en el copo suele haber una gran variedad de especies. PERCIER (1960), considera que con este método la supervivencia de los individuos alcanza del 30 al 50 % de los capturados, nivel que, de acuerdo con nuestras experiencias, se supera ampliamente.

El mayor inconveniente estriba en que la mayoría de peces que se capturan son pequeños, que si bien se aclimatan mejor que los grandes son poco vistosos. No obstante en algunas caladas afortunadas entran a veces bandadas de adultos de talla considerable.

Las especies más representativas de la zona donde trabaja este arte y más comúnmente capturadas, entre las de nuestra fauna, son mayormente cefalópodos y peces, por ejemplo: sepias, pulpos, tembladeras, águilas marinas, caballitos de mar, lisas, sargos, mojarras y raspallones, doradas, herreras, pageles, chuclas, jarretes, jureles, raós, arañas, lanzones, rodaballos, lenguados, etc.

Boliche

El Boliche, conocido también por artet o artó, puede considerarse como un arte de playa de dimensiones menores (RUBIÓ, 1955) que además ofrece la variante de ser calado desde una embarcación a cierta distancia de la costa y luego cobrado desde la misma embarcación fondeada. Actúa en los mismos biotopos y sobre las mismas biocenosis que el arte de playa, gozando de sus mismas ventajas e inconvenientes en cuanto a la variedad de especies capturadas y sus posibilidades de supervivencia, pero en relación al tamaño captura pocos ejemplares pequeños, tanto menos cuanto más lejos de la costa se trabaje. Captura las mismas especies que el arte de playa.

Camión

Bajo esta denominación, a todas luces arbitraria, conocen los pescadores de Barcelona y Tarragona un arte de cerco que por estar provisto de copo, puede considerarse como una transición entre los artes de cerco y los de arrastre. Quizá podría representar una adaptación local del lamparo italiano (RUBIÓ, 1955), tan utilizado por los atuneros para la captura de cebo vivo. Con él puede trabajarse de noche utilizando incluso luces

para atraer a los peces como en el caso del cerco, o bien de día efectuando lances a ciegas siguiendo una técnica parecida a la del boliche.

Trabajando de noche los componentes de la captura son especialmente peces pelágicos (sardina y jurel), en general de menor talla que los que se capturan con el arte de luz, por trabajarse más cerca de la costa. Las capturas diurnas en cambio están compuestas por seres del necton y en ocasiones por alguno del bentos móvil y libre.

Es un arte que funda su eficacia en la rapidez con que se efectúan los lances que, si bien capturan un pequeño número de individuos en cada uno, al final consiguen resultados importantes. Esta circunstancia, adversa hasta cierto punto para la pesca comercial, es en cambio sumamente favorable cuando se trata de animales destinados a vivir luego en cautividad porque quedan retenidos en una amplia bolsa dentro de la cual siendo además pocos, no sufren heridas. Tan sólo a veces dada, como decimos, la rapidez del lance aparecen en algunos peces capturados en las pescas diurnas síntomas de mala descompresión que pueden resolverse favorablemente practicando la descompresión artificial. Con él pueden capturarse las mismas especies que con los dos anteriores.

ARTES DE CERCO

Entre los varios artes de cerco conocidos en nuestras costas, algunos están en franco desuso, por tanto, nos limitaremos a considerar el llamado arte de luz conocido también por mamparra y traiña, que es el único que sigue en pleno uso.

Es un arte rectangular con los extremos embebidos para que termine en punta. Mide unos 175-225 m de longitud por 30-50 m de alto (RUBIÓ, 1955). Con él se trabaja sobre los fondos fangosos y arenosos de la zona litoral inferior o los superiores de la plataforma continental de igual naturaleza. Su modo de acción estriba en rodear los bancos de peces describiendo a su alrededor un círculo con la red que, por su altura, llega desde la superficie al fondo. Dada la forma especial empleada para cobrarla, todos los peces que quedan en el cilindro de agua que ella limita, son capturados.

Resulta de gran utilidad para la captura de peces pelágicos en especial sardina, aunque en menor escala se capturan también boquerones, caballas, jureles, bogas, doradas que si bien no son los perseguidos, singularmente en verano suelen acompañar a los bancos de sardina (RUBIÓ, 1955).

Dado lo frágil de estas especies y la facilidad con que pierden las escamas o se causan heridas entre sí, especialmente cuando se capturan

jureles cuya línea lateral está provista de fuertes escudetes, los peces capturados con este arte sólo resultan aptos si la pesca ha sido poco abundante, de manera que al concentrarse en el «matador» estén suficientemente claros para no rozarse entre sí, y además han sido sacados de la red mediante salabres adecuados. Con todo, tanto las caballas como los juereles, muy activos los primeros y demasiado espinosos los segundos, raramente consiguen sobrevivir, de manera que el arte prácticamente sólo resulta de utilidad para la obtención de sardina, boga y dorada.

TRASMALLO

Los artes reseñados hasta aquí son denominados activos, porque para que su acción resulte efectiva deben moverse, en cambio el trasmallo es un arte pasivo, que se cala por la tarde o al anochecer para cobrarlo después de la amanecida.

Está formado por tres paños de red, dos exteriores de malla clara y otro central de malla tupida y de dimensiones a veces dobles o triples a las de los exteriores, lo cual permite que se formen bolsas dentro de las cuales quedan retenidos los peces, con los inconvenientes que ya hemos apuntado.

Actúa sobre los componentes del necton si bien en ocasiones también se capturan peces bentónicos como por ejemplo lenguados y otros peces planos así como ejemplares de raya, chucho y muy especialmente langostinos.

Mucho más interesantes resultan los trasmallos destinados a la captura de crustáceos, fabricados con hilo bastante más grueso que los anteriores (RUBIÓ, 1955), pues gracias a la resistencia que les proporciona el caparazón y a lo poco que la descompresión les afecta, permite, aunque se cale a mayores profundidades, obtener ejemplares en muy buen estado. Tan sólo resulta un inconveniente la dificultad que, muchas veces, entraña el desenredarlos, cosa que algunos solucionan cortando algunos hilos de la red que, si bien luego debe repararse, supone un ahorro de tiempo.

DRAGAS

Las dragas sólo resultan útiles para la captura de la infauna del substrato blando. Son utilizadas en la zona litoral inferior o en la superior de la plataforma continental y permiten obtener especialmente moluscos lamelibranquios así como algunos equinodermos y también gusanos.

El material obtenido sube a la superficie en buenas condiciones, salvo en el caso que las púas que se clavan en el fondo hayan producido alguna lesión en las conchas o caparazones.

APAREJOS

Bajo esta denominación se reúne a todos aquellos instrumentos de pesca que fundamentalmente constan de un cordel con un anzuelo en su extremo.

Entre las innumerables variantes que la imaginación de los pescadores ha concebido a lo largo del tiempo, consideraremos tan sólo tres de ellos: curricán, volantín y palangre.

El curricán y el volantín como representantes de la pesca que podríamos llamar «activa» puesto que el primero es remolcado por una embarcación y el segundo pende directamente de la mano. En ambos casos el pescador nota la «picada» del pez y actúa en consecuencia. La tercera modalidad, palangre, representa una pesca pasiva, ya que una vez calado se deja en el mar el tiempo conveniente, cobrándolo luego aún ignorando si ha pescado o no hasta que llega a la superficie.

Curricán

Sin ninguna clase de cebo, fundando toda su efectividad en la excitación visual a causa del movimiento que el desplazamiento imprime a las plumas de gallo, hojas de la panoja de maíz, a una pieza de metal cromado (cucharilla) o a un pez artificial que disimulan el anzuelo, el curricán se muestra particularmente útil, con miras a la posterior supervivencia, para la captura de aquellas especies pelágicas que al hablar de los artes de cerco hemos considerado como muy activas (caballa) o demasiado espinosas (jurel), razón por la cual su supervivencia es difícil. Tengamos en cuenta que con el curricán los peces se capturan de uno en uno, resolviendo así el problema de los rozamientos en el «matador» y además actuando según indicaremos a continuación, no son tocados ni con las manos, lo cual evita la destrucción de la capa mucosa protectora y la pérdida de escamas.

También se capturan al curricán aquellas especies propias del dominio pelágico oceánico que, según ya hicimos notar, no son aptas para vivir en cautividad, razón por la cual las omitiremos.

Usando el procedimiento habitual de los profesionales que pescan al

curricán, pero utilizando anzuelos con la lengüeta rebajada para evitar heridas grandes y facilitar el desenganche, efectuado sin tocar el pez, que una vez sacado del agua suspendido del anzuelo es liberado del mismo tomando a éste por la caña y haciéndolo girar 180°, con lo que el pez cae dentro de un depósito adecuado sin haber estado en contacto más que con el aire, ARTÉ (1966) ha conseguido obtener caballas y jureles en tan buen estado que su supervivencia en cautividad (2 años y 5 meses) ha superado todas las marcas anteriores. TARDENT (1960), indica que las caballas capturadas con artes de cerco y debidamente manipuladas consiguen vivir en el acuario de Nápoles durante períodos que no sobrepasan los 6 meses, muy inferiores a los de ARTÉ pero considerando que la adaptación a los 6 meses está más que superada, serán otras causas las que condicionarán la pérdida.

Volantín

El volantín es un aparejo de anzuelo que, como tal, no es demasiado recomendable por las heridas que produce en los peces capturados, además la mayoría de las especies que en él se obtienen pueden también capturarse con nasas y garbitanas, o artes a manos mucho más adecuadas a este efecto. Consta de un sedal lastrado con un plomo que, cerca de su extremo, lleva varias hijuelas con un anzuelo en cada una. Manteniendo el hilo tenso, con el plomo reposando en el fondo, las carnadas quedan a cierta altura sobre el mismo y atraen a los peces, produciéndose a veces varias capturas simultáneas. En este tipo de pesca una de las operaciones más comúnmente utilizadas para atraer a los peces es el macizado que se practica de diferentes maneras: arrojando al agua pescado machacado (en general azul), o diferentes mezclas en cuya composición entra hasta el queso, a veces mezclándolo todo con arena para facilitar el descenso de las partículas o simplemente colocándolo dentro de un saco de arpillera que se sumerge en el agua cerca del lugar donde se pesca.

Palangre

El palangre es un aparejo de anzuelo utilizado para capturar peces bentónicos aunque a veces se prenden en él otras especies incluso de invertebrados (estrella de mar, etc.).

Está formado por una larga cuerda de cáñamo denominada «madre» de la cual penden de trecho en trecho unas pernadas de cordel denominadas «brazoladas» (RUBIÓ, 1955).

Como todos los aparejos de anzuelo, presenta el inconveniente de la herida y además muchas veces la imposibilidad de liberar al pez del anzuelo si lo ha tragado profundamente. Es pues poco apropiado para la captura de animales que más tarde deban vivir en cautividad. Además su modo de acción es lento. Para que haya capturas abundantes debe permanecer largo tiempo en el agua y dada su gran longitud no cabe la posibilidad del macizado.

TRAMPAS

Consideramos como trampas aquellos dispositivos utilizados para capturar animales marinos que atrayéndolos mediante cebos colocados en su interior consiguen que éstos entren voluntariamente dentro de ellas y los retienen sin causarles herida alguna ni inmovilizarlos en mayor o menor grado (son totalmente comparables con las ratoneras de jaula).

Mencionaremos dos, sumamente efectivas y de gran valor para obtener peces nectónicos que más tarde deban vivir en cautividad.

Nasas

Dejando aparte los materiales que entran en su construcción (junco, mirto, grando, olivo o plástico) su forma troncocónica terminada en un casquete esférico o cilíndrico (nasa langostera), tamaño y manera de calarla, todo lo cual describe RUBIÓ (1955), las nasas son de sumo interés para la captura de animales vivos que más tarde deban permanecer en cautividad por cuanto nos proporcionan un material de extraordinaria calidad, sin heridas ni fatiga y las más de las veces de notable tamaño, el cual convenientemente manipulado resulta especialmente apto para el posterior mantenimiento en cautividad.

Garbitanas

De construcción parecida a la de las nasas (utilizando los mismos materiales excepto el junco), pero de malla más estrecha por cuanto se destinan a la captura de especies menores, las garbitanas dan también excelentes resultados para la captura de peces que posteriormente deban mantenerse en cautividad, teniendo además la ventaja de que, por calarse a menores profundidades los fenómenos de la descompresión que en el caso

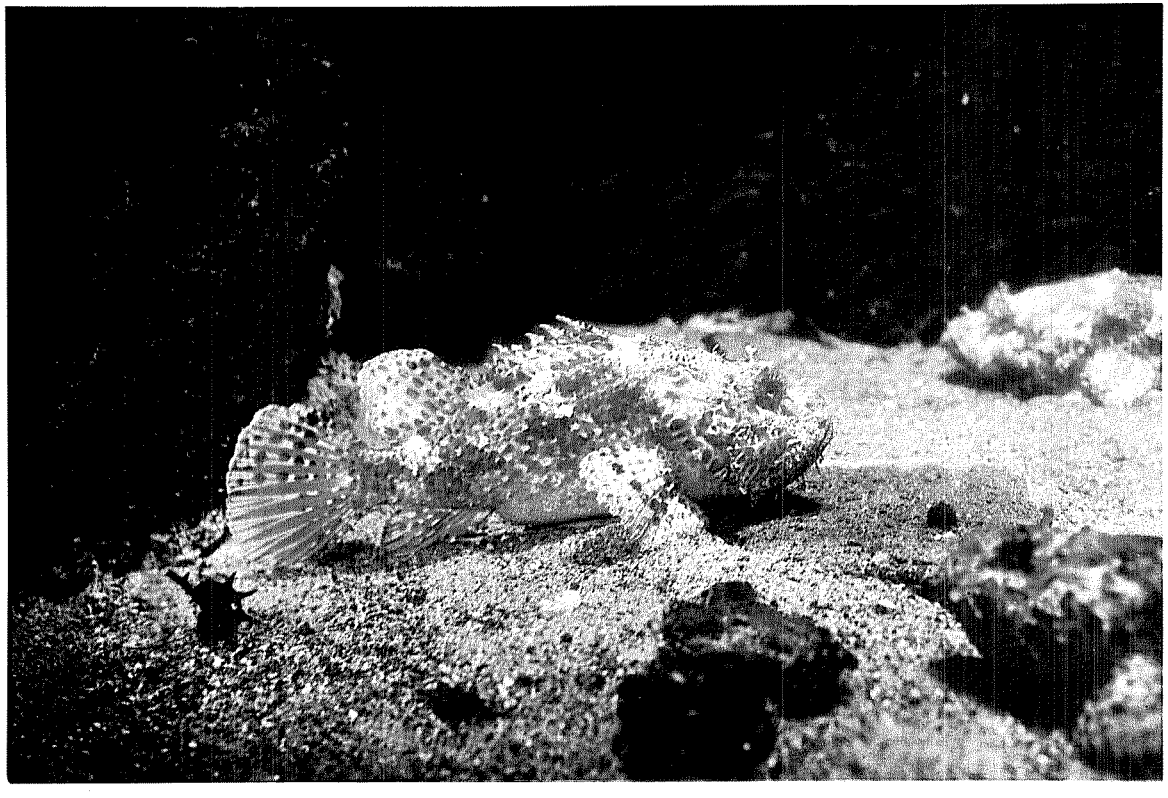

Fig. 8. — Cabrachos *(Scorpaena scrofa)* en un biotopo artificial idóneo por su analogía con el natural, aunque a la inversa, aquí se trata de una «mancha» de arena entre las rocas.

anterior obliga a ciertas manipulaciones no exentas de peligro, no se manifiestan.

Una modalidad de garbitana de gran tamaño, es la salpera, utilizada como su nombre indica para capturar salpas. Se ceba con algas, en general Enteromorfas, y a veces efectúan capturas numerosas pero como las salpas se hartan de alimento, toda manipulación posterior resulta peligrosa si antes no se les ha hecho ayunar.

En los mares tropicales pueden aplicarse los mismos criterios que acabamos de exponer, si bien cambian los nombres de los dispositivos empleados.

Recolección a mano

Es evidente que el material que ha sido posible recolectar a mano, suele estar en excelentes condiciones. En las aguas tropicales no debe olvidarse, no obstante, el tomar siempre las medidas de seguridad adecuadas, como es el uso de guantes fuertes, puesto que son muchos los peces, corales, caracoles, etc. altamente venenosos. Recordemos al dragón de fuego *(Pterois volitans)*, al coral cuerno de alce *(Gorgonia alcicornis)*, uno de los que producen el llamado envenenamiento del coral, o a los numerosos caracoles del género *Conus*, capaces de producir, incluso en el hombre, lesiones graves sino mortales por inoculación de su veneno.

Aguas dulces

En las aguas dulces se utilizan también las trampas, representadas por los garlitos y buitrones, así como diversos tipos de redes, excepto las de arrastre. Para la pesca en aguas dulces, la imaginación de los pescadores a fin de adaptarse a las exigencias de los cursos de agua, asociada al conocimiento práctico del comportamiento de las especies, conduce a la puesta a punto de diversos dispositivos de captura y a la utilización de los materiales más diversos. En general, los peces de agua dulce capturados, incluso por los profesionales, están siempre en buenas condiciones, dado que como decimos, no se utilizan redes de arrastre y las de enmalle suelen estar prohibidas.

Especial interés tiene la captura de los peces de agua dulce propios de las zonas tropicales, los famosos peces de acuario, tan extendidos hoy en cautividad por todo el mundo. La captura de peces en estas zonas presenta grandes problemas de manipulación, en primer lugar porque suelen ser capturados por nativos, con poca o ninguna especialización, que utilizan medios y métodos muy rudimentarios. En dichas zonas, debido a la

elevada temperatura de las aguas, la solubilidad del oxígeno es poca, de forma que pronto aparecen los problemas de la anoxia, en especial cuando se reúnen gran número de individuos en un recipiente pequeño, tan sólo los que poseen órganos respiratorios accesorios, además de las branquias (como por ejemplo los Labiríntidos), consiguen respirar normalmente subiendo a la superficie a tomar aire atmosférico.

Hoy con la facilidad de comunicaciones por vía aérea, es fácil hacer llegar a los mercados internacionales peces recién capturados, no siempre en buenas condiciones fisiológicas, por lo que luego aparecen fracasos cuyas causas es difícil precisar. Para la compra de estas especies debe recurrirse a comercios solventes, que se sepa someten los ejemplares que venden a los debidos períodos de adaptación a la cautividad y cuarentena.

Uso de la electricidad

No podemos silenciar al hablar de las aguas dulces las grandes posibilidades que en la captura de especies acuáticas, en especial peces, que luego deban mantenerse en cautividad, ofrece la pesca mediante el uso de la electricidad, poco practicada por lo costoso de los equipos y porque su manejo requiere personal muy especializado, pero que, debidamente utilizada da un gran rendimiento, en especial cuando se trata de inventariar poblaciones o eliminar una parte de ellas, tal como los ejemplares de gran tamaño. Por lo que al posterior mantenimiento en cautividad de los animales se refiere, es indispensable trabajar con los potenciales mínimos suficientes para que éstos no rebasen la electrotaxis (potencial necesario para que naden hacia el ánodo) o como máximo la electroforesis (potencial de paralización) de las cuales pueden recuperarse posteriormente. Potenciales bajos hacen que los peces se alejen o que su cuerpo solamente entre en vibración, y los demasiado altos producen la muerte por electrocución. Así pues, cada especie y sobre todo cada talla, requiere la utilización de potenciales adecuados ya que como a causa de la caída del mismo que se produce junto al ánodo, las líneas isopotenciales aparecen más cercanas entre sí junto a él, que en la periferie del campo eléctrico, y dado que el potencial del cuerpo (diferencia de potencial entre la cabeza y la cola, estando el pez orientado radialmente hacia el centro del campo eléctrico) es muy importante para que se produzca la electrotaxis o la electronarcosis, los peces pequeños sólo alcanzan estos potenciales estando más cerca del ánodo que los mayores, con lo cual, aunque parezca paradójico, para la captura de peces pequeños que suelen ser los más aptos para su posterior mantenimiento en cautividad, debe trabajarse con potenciales más

elevados que para los grandes, que están a igual distancia lo cual constituye una dificultad, por entrañar mayores peligros para el operador.

Como tanto de la electrotaxis como de la electronarcosis, se recuperan posteriormente sin haber sufrido ningún daño y dado que además tales estados, en especial el segundo, permiten una cómoda manipulación por no existir reacciones de huida, se evitan muchas heridas y posteriores pérdidas.

Venenos

A veces, para capturar fácilmente peces, en especial en los ríos de algunas zonas de Asia y Sudamérica, se utilizan venenos obtenidos pulverizando ciertas raíces y esparciendo el polvo en el agua. Unas de las más usadas en Asia son las papilionáceas del género *Derris* (por ejemplo, *Derris eliptica)* cuyo principio activo es la rotenona, obtenida hoy también por vía de síntesis. En Europa se usan desde antiguo los cocimientos de flores de gordolobo, una escrofulariácea del género *Verbascum,* o el jugo del ciclamen, primulácea del género *Cyclamen.*

Los peces capturados con venenos deben rehusarse para su posterior mantenimiento en cautividad, no sólo porque dichos métodos están prohibidos por la ley, sino porque pueden sufrir intoxicaciones que ocasionen su muerte con posterioridad.

Muchas veces, cuando los peces viven en charcas, los recolectores recurren, durante la estación seca, al desecado de las mismas, estos peces suelen resultar muy aptos, no sólo porque no sufren heridas dentro de los artes de captura, que suelen ser simples palanganas o incluso las manos, cuando queda poca agua, sino también porque al ser esta estación la genéticamente desfavorable, están en un régimen de poca actividad, lo cual favorece las posteriores etapas según veremos más adelante.

El caso en que estas circunstancias revisten el mayor interés, es el de los peces pulmonados o Dipnoos, cuya vejiga natatoria funciona como un verdadero pulmón. Al final de la estación lluviosa, cuando el barro del lecho del río empieza a desecarse, se entierran, a veces hasta 50 cm de profundidad, dejando un fino conducto que comunica directamente el exterior con su boca; como quiera que el moco segregado por su cuerpo se endurece, quedan como dentro de una bolsa apergaminada en la que resisten la desecación. Las aberturas de los tubos delatan la presencia del pez que puede ser sacado fácilmente de su medio natural dentro de una pelota de barro que lo preserva de sufrir daños y facilita el transporte; así será llevado a su nuevo destino.

Gran interés tiene, para el posterior mantenimiento en cautividad, cuando se capturan las especies en relación con su maduración sexual. A lo largo del año todos los animales acuáticos sufren notables variaciones fisiológicas relacionadas, en especial, con la época de reproducción, ello les obliga a pasar sucesivamente por períodos de gran actividad trófica durante los cuales sus órganos de reserva almacenan dichas sustancias (grasas, proteínas, glucógeno, etc.) alternando con otros en los que tal actividad disminuye o incluso desaparece, pero en los cuales la actividad genética se ve considerablemente activada, desembocando en la reproducción, tales períodos no son taxativos, vienen a ser, como ondas, más o menos amplias cada una de ellas, según las especies, cuyos máximos y mínimos aparecen más o menos desfasados. Veamos a continuación un ejemplo: supongamos una especie que, como tantas, frece durante el invierno (febrero, marzo). Tal sería el caso por ejemplo de la sardina, por nombrar un pez bien conocido, aunque no sea precisamente muy apto para su mantenimiento en cautividad. Es bien sabido que en esta época las sardinas están flacas, pero que sus gónadas aparecen repletas de elementos sexuales, en cambio, «por San Juan la sardina unta el pan», dice el adagio popular, porque en aquella época, pasada la explosión primaveral de plancton, durante la cual comieron en abundancia, y no necesitando transferir sus reservas a los órganos reproductores, dado que ya terminó la época de freza, y todavía no se ha iniciado una nueva maduración sexual, engordan considerablemente. Éstos serían los peces ideales para ser capturados con vistas a un posterior mantenimiento en cautividad, con las exigencias genéticas reducidas al mínimo, menos propensos a sufrir traumas internos durante su manipulación y capaces de soportar incluso un ayuno inicial, más o menos prolongado, sin sufrir ninguna consecuencia, cosa que permite aguantar el período de adaptación mucho mejor. Así pues vemos que, el conocimiento de la biología de las especies puede ayudar mucho, e informarnos sobre cuál sea el mejor momento para efectuar la captura de ejemplares en buenas condiciones.

La experiencia nos ha demostrado, en efecto, que los ejemplares capturados en épocas de reposo sexual, cuando sus órganos de reserva están repletos, se adaptan mucho mejor a la cautividad. (Ver adaptabilidad.)

Estímulos olfativos

Al hablar del curricán lo hemos considerado como un aparejo de anzuelo activo, por la excitación visual que los dispositivos que enmascaran

al anzuelo al ser remolcado producen en el pez a causa del movimiento ondulante que adquiere, imitación del de los peces al nadar. Pero en un intento de aumentar el rendimiento de este aparejo y como consecuencia de las numerosas pruebas efectuadas sobre el comportamiento de los animales marinos cautivos, durante la distribución del alimento, ideamos un procedimiento cuyos resultados consideramos altamente satisfactorios y mediante el cual conseguimos aumentar la captura de caballas con destino al acuario. Con su utilización a gran escala, sin duda podrían aumentarse también las capturas comerciales de todos aquellos peces pelágicos propios del dominio oceánico o del litoral.

Las sensaciones olfativas son muy importantes para los seres marinos que se sirven de ellas en alto grado para la búsqueda de alimento. Basta introducir unos trozos de sardina en un acuario para que inmediatamente los peces empiecen a nadar alborotados, de un lado para otro, aún sin haberla podido ver por cuanto muchas de las veces en que hemos efectuado esta prueba la sardina estaba dentro de un cilindro de plástico totalmente opaco, por el cual circulaba el agua de renuevo del tanque; los crustáceos empiezan a mover rápidamente el extremo pectinado de las anténulas orientándolo a un lado y otro en busca del lugar donde se encuentra el alimento, las actinias despliegan sus tentáculos y las estrellas de mar (estrella de peines) salen de debajo de la arena empezando a pasear por el fondo. Es indiscutible que la presencia del alimento ha sido detectada por vía olfativa.

Por otro lado en nuestras múltiples salidas para capturar caballas comprobamos que en un momento determinado todas las líneas remolcadas empiezan a pescar; incluso en aquellas que llevan dos anzuelos, muchas veces se prende un pez en cada uno, señal evidente de que habíamos pasado junto a una bandada de peces que de conseguir mantener en la popa iríamos capturando. De pronto se deja de pescar, los profesionales dicen entonces que «han perdido la mola» la cual navegando por la zona describiendo círculos son capaces de volver a encontrar iniciándose de nuevo las capturas. Si los cardúmenes abundan, se pueden ir encontrando varios y capturando en cada uno diversos ejemplares, pero como estos animales nadan muy rápidamente y a menudo los cardúmenes giran de pronto tomando otra dirección, se pierden con facilidad por lo que a menos que haya gran número de ellos en el área, las capturas nunca son demasiado abundantes.

Considerando cuanto acabamos de enumerar, llegamos a la conclusión de que si éramos capaces de crear en el mar, dentro de los niveles a que nadan las caballas zonas que llamaremos de «atracción olfativa», cuando

dichos peces abundasen no sólo dejaríamos de depender de la casualidad de toparnos con un cardumen sino que, la posibilidad de reencontrarlos sería mucho mayor por cuanto en el ardor de la busca del alimento (mantenido en la pesca con cebo vivo, por ejemplo, arrojando peces por la borda) si éramos capaces de mantenerlos en una zona restringida fácilmente daríamos con ellos. Creando «zonas de atracción olfativa» la excitación de todo el cardumen sería simultánea en cuanto penetrase dentro de ella. No habría pues que esperar que el frenesí por la presa se comunicase de alguna manera a los peces que van detrás y que no pueden haber visto aún el señuelo, por cuanto todos olfatearían simultáneamente y al salir de esta zona, serían ellos los que la buscasen de nuevo, regresando al lugar donde el barco de pesca estaría actuando con sus líneas a remolque.

Para crear estas zonas en el mar hemos utilizado una emulsión de aceite de sardina en agua de mar, prescindiendo de cualquier emulsionante por considerar que podría interferir en la producción de los efectos deseados. Debido a que su utilización es inmediata, no hay tiempo suficiente para que se separen de nuevo las dos fases, de manera que las finas gotas de aceite, una vez introducidas en el mar a la profundidad deseada tienden a subir a la superficie, muy lentamente dada su pequeñez, cumpliendo así su misión. Esta emulsión es enviada al mar a través de un tubo de plástico, suficientemente lastrado y largado por la popa de la embarcación. Simultáneamente y por otro tubo paralelo a éste se inyecta una suspensión de carne de sardina fresca y finamente triturada.

Para iniciar la operación se espera el momento en que empiezan a «entrar» las caballas, claro indicio de la presencia de un cardumen, navegando luego en círculos a fin de crear un área no demasiado grande para poder recorrerla fácilmente.

El método se ha revelado altamente satisfactorio, procediendo de estas pescas los mayores contingentes de caballas capturados que luego pasaron a la cautividad.

Al mencionar el volantín dejamos anotada la acción del macizado, la cual cesa rápidamente si no se van arrojando al agua periódicamente puñados de la mezcla utilizada para ello, o no se agita el saco que la contiene. Pescando con anzuelo ello no es un defecto importante por cuanto el pescador ha de permanecer junto al aparejo para ir cobrando los peces que se vayan prendiendo pero en el caso de los trasmallos que permanecen calados durante horas, solos en el mar, no era posible efectuar un macizado cuyo valor es indiscutible y sumamente interesante para nosotros por cuanto nuestras caladas deben ser cortas a fin de evitar que los peces se agoten al debatirse en la red muriendo por efecto de la fatiga. Nuestro

interés está pues en capturar el mayor número posible de peces en un corto espacio de tiempo.

Experiencias efectuadas en el acuario nos permitieron comprobar el efecto que, sobre los peces, ejerce la inmersión dentro de un tanque de una bolsa de plástico con dos pequeños agujeros, uno arriba y otro abajo, conteniendo el caldo obtenido al cocer, en agua de mar, diferentes lamelibranquios utilizados comúnmente por los pescadores como cebo, juntamente con sardina. La coagulación de las proteínas disueltas en el agua hace que el caldo se torne blanquecino y estando recién hecho desprenda un agradable aroma; también las grasas fundidas por el calor quedan flotando en la superficie aportando el suyo. A medida que el líquido va escapando por los agujeros de la bolsa, difundiendo por el tanque el «aroma» los peces van mostrando señales evidentes de actividad moviéndose de un lado a otro del tanque igual que hacen cuando se les distribuye el alimento y es suficiente introducir en el agua algo, sea natural o artificial, forme o informe, incluso una mano, para que excitados se dirijan a ello haciendo acción de abocarlo.

También la inmersión en la alberca central del acuario del I.I.P. a 2,5 m de profundidad, de las mismas bolsas pero conteniendo una solución de azul de metileno, nos mostró el lento escape de un chorro de agua teñida, por los agujeros (comprimida dentro de la bolsa por la presión exterior) durante un período de casi dos horas, tiempo más que suficiente para nuestras necesidades.

Así pues, disponíamos de un líquido cuyo atractivo olfatorio era evidente (puesto que la introducción en los tanques de prueba, de bolsas conteniendo agua de mar sola o en caso de utilizar el caldo atrayente perfectamente cerradas y lavadas, no producían sobre los peces reacción alguna) y que además podíamos dispersarlo en el agua lentamente, manteniendo una acción prolongada.

La cinematografía submarina nos muestra que en numerosas ocasiones los tramallos calados en el agua están completamente vacíos mientras que a su alrededor pululan numerosos peces, se trataba pues de añadir al trasmallo algún excitante del olfato de los peces que desencadenara su entrada en actividad.

Colocadas bolsas del caldo antes citado en la relinga inferior lastrada de los trasmallos, los resultados no se hicieron esperar, las capturas fueron mucho más abundantes.

Es evidente que el método para la práctica de la pesca profesional es engorroso pero para acuariología tiene gran aplicación ya que convierte al trasmallo, una red de captura podríamos decir lenta, en un dispositivo

de captura rápida permitiendo así salvar muchos más ejemplares ya que su fatiga es menor al ser recogidas las redes más pronto.

BUCEO

Tanto los artes de pesca como los aparejos y trampas descritos hasta aquí, resultan de gran utilidad para la captura de seres integrados en la epifauna móvil libre, tanto planctónicos como bentónicos o del necton pero, en cambio, dan poco rendimiento si se trata de capturar constituyentes de la epifauna móvil pivotante y prácticamente ninguno con los sesiles y los propios de la infauna y criptofauna. Tan sólo los artes de arrastre suben a la superficie animales pivotantes y, a veces, en tan mal estado que deben desecharse.

El buceo, en cambio, es el método ideal para la captura de todos estos seres fijos sobre el fondo o enterrados en él y de aquellos cuyo desplazamiento es lento. Los animales no sufren daño alguno y manipulados luego convenientemente resultan muy aptos para ser mantenidos posteriormente en cautividad.

No obstante, al intentar obtener seres acuáticos mediante lo que podríamos llamar «recolección a mano» debe tenerse en cuenta la metodología a seguir en primer lugar. Si se trata de animales fijos o de movimientos lentos, su obtención es sumamente fácil y pueden conseguirse especies muy difíciles de capturar de otra manera en especial trabajando en zonas rocosas o coralinas y, además, en excelente estado.

Si se trata de animales que naden activamente las cosas varían mucho, resulta imposible perseguir a un pez y muy difícil meterlo en una red, pero en cambio pueden calarse a mano y directamente desde el fondo, redes en lugares estratégicos (alrededor de una roca, delante de una cueva, etc.) en los que hacerlo desde la superficie es imposible o bien que recuperar la red sin alguien que la vaya desenganchando de los accidentes del substrato, sería imposible.

Desde este punto de vista, pues, el buceo puede representar una formidable ayuda para el abastecimiento de los acuarios.

También en el caso de tener que efectuar una descompresión cuyos métodos expondremos más adelante, el buceo puede resultar de la mayor utilidad porque permite una descompresión artificial progresiva, durante el ascenso, que evita a los peces el trauma que, sin duda, supone el tener que llegar a la superficie con una gran distensión de la vejiga natatoria

comprimiendo todos sus órganos, para ser sometidos después a una descompresión rápida.

En algunos casos el buceo permite también el arponeado de ejemplares de peces, como recurso último para efectuar una captura, utilizando arpones especiales. Este sistema debe desecharse totalmente porque las heridas producidas suelen ser importantes y a menos que no hayan interesado algún vaso u órgano vital los animales perecen, con todo, aunque se salven, las heridas tardan en curar, por ser de consideración, en especial por la salida del arpón y aún los animales muestran después cicatrices. En caso de ser indispensable arponear, siempre el mejor lugar para clavarlo es el tercio anterior de la región dorsal a partir de la cabeza, de forma que éste pase entre la columna vertebral y la base de la aleta dorsal.

Al recolectar material buceando debe tenerse cuidado con las picaduras o mordeduras de algunos animales, que pueden ser muy dolorosas, si bien afortunadamente en nuestras latitudes es difícil que las consecuencias vayan más allá.

Cuidados especiales

En la captura de especies que deban permanecer en cautividad han de guardarse ciertas normas de tipo que casi es ocioso consignar. Debe procurarse que los seres capturados tanto vertebrados como invertebrados, permanezcan fuera del agua el menor tiempo posible, así como la fatiga, los roces con cuerpos duros incluidas las manos, la pérdida de escamas si se trata de peces, la permanencia en aguas mal ventiladas, etc., pero además en ciertos casos deben tomarse precauciones especiales dadas las particulares circunstancias de captura o las relativas a la especie. Pasaremos pues rápidamente revista a dichos cuidados.

Contacto con la atmósfera

El contacto con la atmósfera no sería peligroso en sí mismo si no fuese por la consiguiente asfixia que se produce al quedar expuesto a la desecación el aparato respiratorio, dispuesto especialmente para efectuar el intercambio gaseoso en un medio acuoso. Por esta razón los animales que poseen las branquias bañadas por abundante moco o encerradas en cavidades cuya comunicación con el exterior se efectúa a través de orificios pequeños (Ápodos) resisten mucho mejor la permanencia fuera del agua

con posibilidades de recuperación, durante más tiempo, cuanto más baja sea la temperatura ambiental, sin descender más allá de los 6-8°C.

Los crustáceos, cuyo aparato branquial se encuentra bajo el caparazón calcáreo, en una cámara bien protegida de la desecación, consiguen también supervivencias fuera del agua de varias horas con posibilidades plenas de una posterior recuperación. Transportes de langostas y bogavantes efectuados desde África del Sur o Irlanda a Barcelona en avión con permanencias del material durante 17-24 horas fuera del agua, dentro de simples cajas de cartón y acondicionados entre virutas humedecidas, han proporcionado resultados ampliamente satisfactorios sin pérdida notable de los animales transportados, siempre que la temperatura haya sido la adecuada durante todo el tiempo que permanecieron fuera del agua.

Manipulación

Aunque quizás a primera vista no se conceda gran importancia a la manipulación en relación con la posterior supervivencia en cautividad, la experiencia viene a demostrar el gran valor que tiene. Los vertebrados, debido a su gran movilidad, con frecuencia se producen heridas graves durante su manipulación. Todos los peces, pero en especial los recién capturados, se alborotan e intentan escapar dañándose las aletas o perdiendo escamas, lo cual abre las puertas a posteriores infecciones bacterianas o micóticas que, de no evolucionar favorablemente pueden causar la muerte del animal. Las tortugas al estar protegidas por su grueso caparazón no sufren a este respecto, salvo en los ojos que expuestos a una desecación prolongada, a consecuencia de una larga permanencia fuera del agua, sufren irritaciones que pueden producir posteriores inflamaciones causantes de la pérdida del ojo o que degenerando en infecciones graves pueden causar hasta la muerte del animal. Para evitarlo es indispensable envolverles la cabeza a nivel de los ojos con un algodón que se mantiene empapado con agua de mar.

Los invertebrados al no debatirse, sufren menos en general por efecto de la manipulación pero también deben guardarse ciertas normas indispensables para asegurar su supervivencia especialmente en aquellos que carecen de caparazón duro. Las esponjas pueden ser obtenidas básicamente por dos procedimientos, artes de arrastre y recogida a mano. Puede apreciarse una gran diferencia, en cuanto a su posterior supervivencia, entre las obtenidas por uno u otro sistema, aunque las condiciones de transporte, oxigenación, temperatura, etc. hayan sido perfectamente comparables y sólo haya existido diferencia en lo referente a la manipulación; rodadas

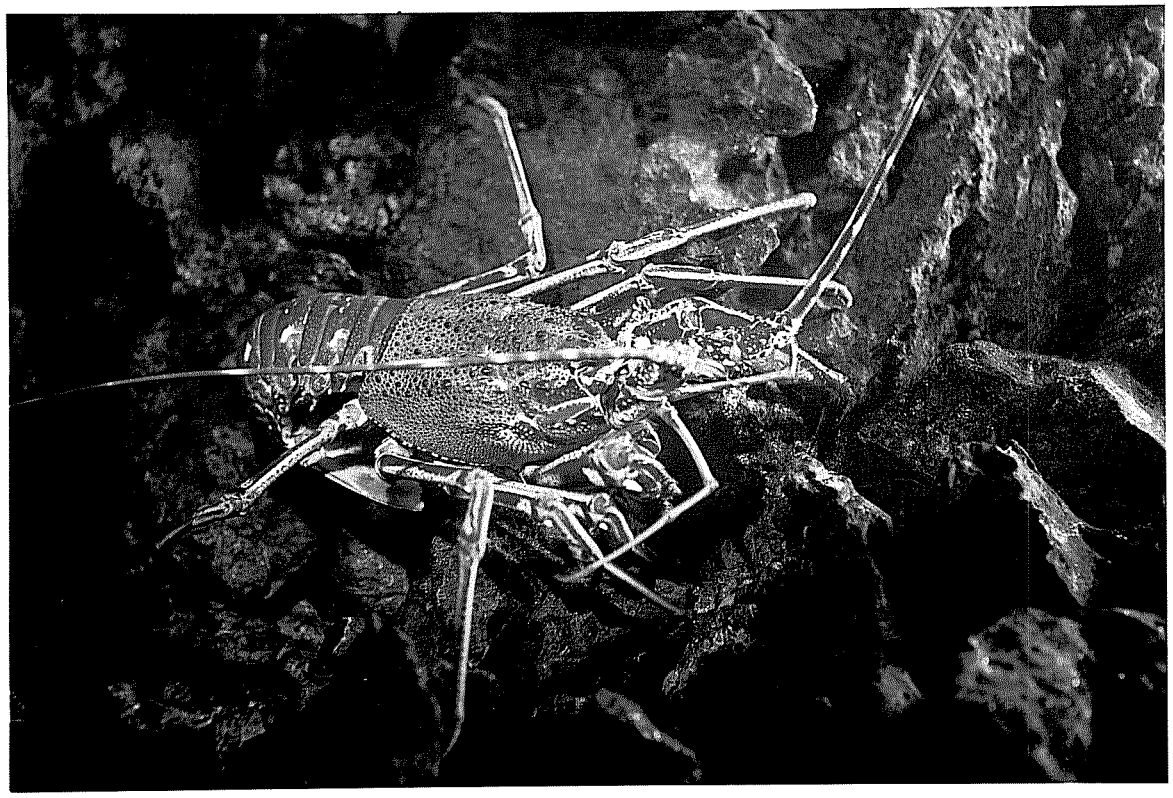

Fig. 9. — Langosta roja *(Palinurus elephas)*. Una perfecta ambientación y alimentación, permite a las langostas vivir largo tiempo en cautividad, efectuando sus mudas normalmente.

dentro del copo las capturadas con artes de arrastre y tomadas cuidadosamente las obtenidas en inmersión. También existen diferencias en relación con la permanencia fuera del agua: las obtenidas por arrastre permanecen fuera del agua todo el tiempo durante el cual la red es izada a bordo, abierto el copo y seleccionado el material sufriendo un verdadero escurrido del agua que llena los canales que surcan la esponja mientras que las obtenidas a mano en inmersión, en ningún momento han quedado en seco. Posiblemente además de las lesiones externas que pueden producirse y que sin duda influirán en la supervivencia, el escurrido del agua motiva la penetración de aire dentro de los canales, el cual, al no ser expulsado posteriormente deja las células de ciertas zonas sin contacto con el agua lo que causará su muerte, descomposición y por ende la pérdida del ejemplar. Lo cierto es que tales esponjas se recubren pronto de una película de bacterias y entran en descomposición mientras que las otras permanecen en buen estado.

Los celentéreos también deben ser manipulados con cuidado, cosa no siempre posible por cuanto algunos, por vivir en la plataforma continental tan sólo son obtenibles con artes de arrastre lo que evidentemente les causará ciertos perjuicios, tal es el caso de las manitas *(Alcyonum)*, las plumas *(Plumula)* y a veces veretilos *(Veretillum)*. Debe procurarse volverlos al agua tan pronto como sea posible y mantener ésta bien ventilada. Otros pueden ser recolectados a mano practicando la inmersión con escafandra autónoma, tal es el caso de las gorgonias y también los veretilos, anémonas, actinias y ceriantos. Las medusas constituyen un caso realmente especial ya que siendo tan sumamente frágiles sólo pueden ser capturadas en buenas condiciones mediante un gran barreño dentro del cual se les hace penetrar para izarlas luego a bordo dentro del mismo, lleno de agua. Como no cesan ni un momento de mover los bordes de la umbrela, a pesar de todo se rompen con facilidad dentro de tan pequeño recinto pero, con frecuencia, se consigue que lleguen a la cautividad enteras o con pequeñas roturas pudiendo vivir así todavía algunos días.

Los equinodermos a pesar de que muchos gozan de la protección de un caparazón calcáreo erizado de púas, viven poco en cautividad, ya que dejando aparte el problema de la alimentación y sus exigencias de aguas limpias y bien oxigenadas, sufren traumas mortales a nuestro juicio, si pierden agua.

Dejemos aparte a las comátulas cuya gran fragilidad es el principal escollo para su manipulación, sobre todo porque casi siempre los ejemplares obtenidos provienen de pescas de arrastre comerciales. Las estrellas de mar suelen aguantar bien la captura pero la llamada «pie de pato»

(Anseropoda) por ser muy delgada es sumamente frágil. La «estrella roja» y aún más la «estrella de capitán» provienen casi siempre de capturas en inmersión o a mano por lo que sufren poco. Entre los equínidos, las tabaqueras *(Dorocidaris)* sufren bastante durante la captura por provenir siempre de pescas comerciales con lo que cuando llegan a la superficie el daño ya está hecho quedándonos sólo, para no empeorar las cosas, la posibilidad de que permanezca fuera del agua el menor tiempo posible. Igual sucede con los demás erizos de gran tamaño.

En cuanto a los erizos costeros que viven en la zona litoral superior, siendo recolectados siempre a mano, sufren poco debido a que sus largas púas los protegen, pero, en cambio, fuera del agua se ven afectados tanto como los demás equínidos puesto que posiblemente el aire penetra en su interior y al no poderlo expulsar luego causa su muerte. Otro detalle sumamente importante y en el que hay que poner mucha atención es que al recolectarlos nunca debe tirarse con fuerza de ellos sino irlos despegando paulatinamente con paciencia a fin de que los pies ambulacrales vayan despegándose del sustrato sin romperse. Haciendo trepar erizos de mar por un cristal se aprecia claramente la utilidad de los pies ambulacrales sin los cuales el animal de ninguna manera lo conseguiría, también se aprecia como las ventosas de su extremo se van soltando a medida que por efecto del desplazamiento del animal se ejerce sobre ellas una determinada tracción; pues bien, repetidas experiencias nos han demostrado que tirando suavemente del animal las ventosas se despegan y los finos pies ambulacrales no se parten, en cambio, una tracción brusca intentado arrancar al animal del sustrato, hace que las ventosas no tengan tiempo de soltarse o quizá que el animal intente mantenerse firme con más fuerza, partiéndose el pie que durante un cierto tiempo permanece fijo sobre el cristal colgando de la ventosa. Si sumamos las roturas de pies que se producen en cada arranque brusco (hemos contado hasta 16) y las multiplicamos por el número de veces que ha habido necesidad de «arrancar» el animal del sustrato, desde que lo capturamos hasta que lo aposentamos definitivamente, comprendemos que puede quedar seriamente afectado, lo cual explica por qué a pesar de haber cuidado la temperatura y oxigenación del agua se produzcan tantas bajas en la manipulación de esta especie, ya que los que sobreviven mientras permanezcan en un tanque donde encuentren alimento abundante, se mantienen en el acuario durante largos períodos.

Las holoturias no ofrecen mayores dificultades, tan sólo debe evitarse el manipularlas mucho toda vez que aquellas que llegan a expulsar el aparato digestivo pueden darse por perdidas en cautividad. Entre todas, la que

resulta más difícil es *Stichopus regalis*, ya que proviniendo de pescas comerciales de arrastre sufre roces dentro de la red que le producen escoriaciones que luego se infectan fácilmente, no obstante, las que llegan en buen estado pueden sobrevivir algún tiempo e incluso exhibir a las zurriacas *(Fierasfer)* que viven en su interior.

Los gusanos ofrecen por lo común pocas dificultades en cuanto a su manipulación, la gusana común *(Nereis)* puede sobrevivir fácilmente entre un paquete de algas húmedas y el roce con las manos no le afecta sensiblemente.

Las palmeretas *(Spirographis)* sérpulas *(Serpula)*, viven dentro de tubos que los protegen, cerrados en algunos por un opérculo de forma que su manipulación entraña poco peligro para el animal.

Las sanguijuelas marinas viven parásitas sobre las rayas y torpedos de forma que al manipular estos peces también ellos se trasladan. El desprenderlos mientras el pez vive no resulta fácil sin dañarlos, ya que la ventosa se adhiere fuertemente y el pez se mueve, en cambio después de muerto el pez se desprenden solos. *Bonellia* es difícil de sacar del interior de los agujeros donde vive, pero en caso de conseguirlo no sufre daños en una manipulación normal.

Los crustáceos son posiblemente los seres marinos de más fácil manejo, lo cual sumado a su resistencia fuera del agua hace que su manipulación no ofrezca dificultades. Cierto que unas especies son más delicadas que otras, pudiendo tomar como referencia la dureza del caparazón. Cuanto más grueso sea, mayor es la resistencia del animal y más fácil su manipulación. Así pues entre los de difícil manipulación encontramos en primer lugar el langostino, quisquilla, galera, etc., mientras que los más fáciles de manipular serán: bogavante (guardándose de las quelas como es lógico), las langostas, cangrejo de felpa, cangrejo real, etc.

Entre los moluscos todos los que poseen concha espiralada (Gasterópodos) son sumamente fáciles de manipular, sin ningún peligro para el animal. Los Lamelibranquios sufren durante la manipulación tanto más cuanto peor cierra su concha, sin que tenga gran cosa que ver el espesor de la misma, así la nacra *(Pinna)* es el que debe manejarse con más cuidado debido a que si sale del agua ésta se escurre fácilmente por entre las valvas. En cambio aún para aquellas especies capaces de cerrar bien la concha, lo que tiene mucha importancia es la fortaleza del músculo aductor. Algunas especies como por ejemplo *Mactra* se abren con facilidad lo cual les afecta profundamente. Otras en cambio, ostras, mejillones y aún la ostra de can cuyas valvas son finas, al ser capaces de mantenerse bien cerradas sobreviven mucho mejor por lo que su manipulación resulta fácil,

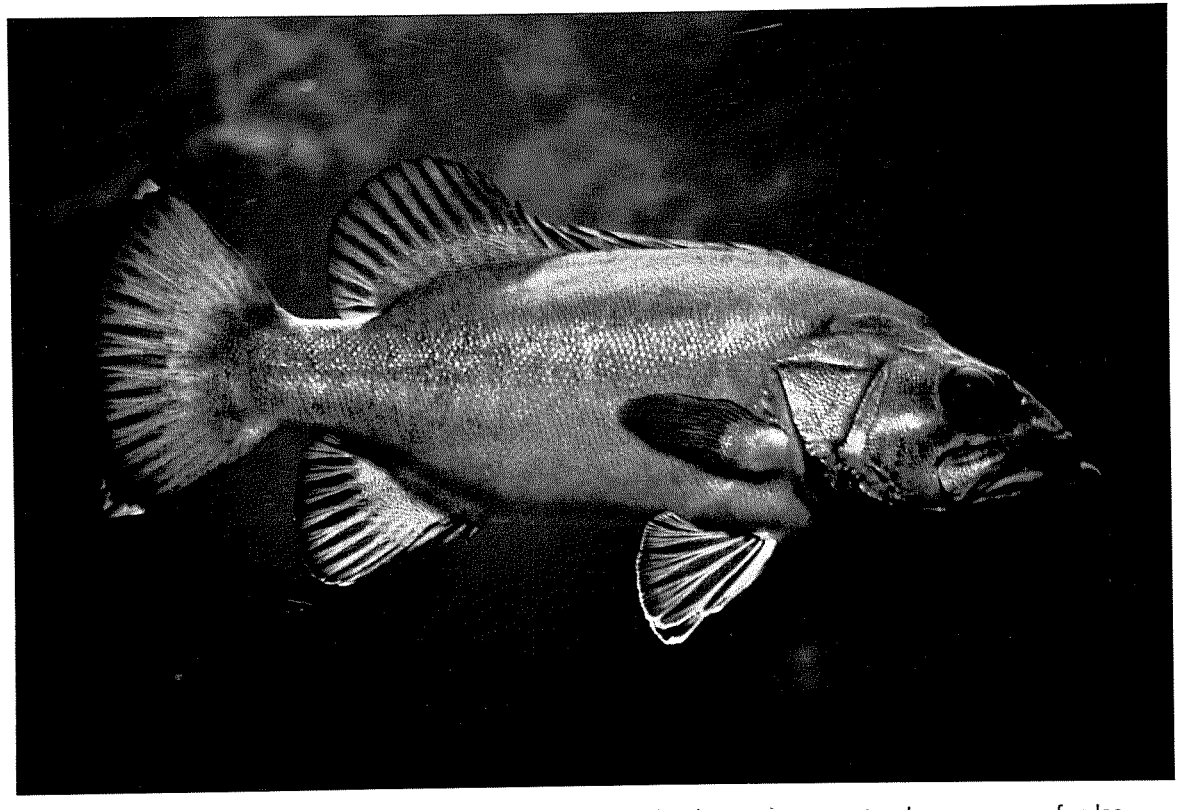

Fig. 10. — Cherne *(Polyprion americanum).* Biotopo artificial en el momento de «aguas profundas».

aún en seco, sobre todo si la temperatura ambiental es suficientemente baja (6-8°C).

Los Cefalópodos resultan de difícil manipulación unos, porque con facilidad se producen heridas (sepia, calamar), pero otros (pulpo) en cambio se pueden manipular bien.

Los Procordados son de fácil manejo y la permanencia fuera del agua no parece afectarles por cuanto cierran los sifones y protegidos por su gruesa envoltura pueden aguantar bastantes horas. Los más delicados son sin duda las ascidias del género *Ciona* que pierden agua con facilidad.

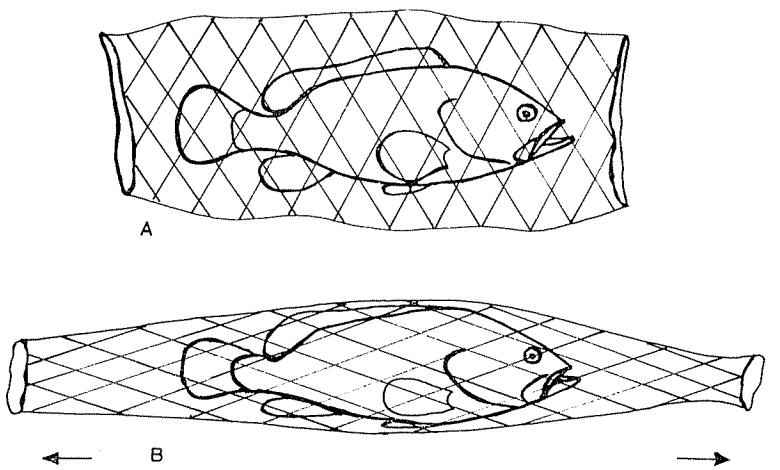

Fig. 11. — Posiciones del dispositivo de inmovilización mediante un cilindro de red, A = flojo, entrada del animal; B = tensado para inmobilizarlo.

Los Peces son, en conjunto, muy delicados. La manipulación debe hacerse con mucho cuidado evitando en todo momento que queden en seco, utilizando en lo posible un salabre especial con el fondo de lona o plástico. Ciertamente algunas especies pueden resistir bastante tiempo fuera del agua (Ápodos) pero ninguna sobrevive a la pérdida de gran parte de la capa mucosa protectora o de escamas en cantidad. Las infecciones que se producen sobre las partes escoriadas, con frecuencia se agravan y llegan a ser mortales. El simple traslado de un ejemplar de un tanque a otro puede producir escoriaciones en las aletas y cuerpo que a veces tardan en curar.

A fin de inmovilizar los peces, sin necesidad de tocarlos con las manos, impidiendo que coleteen, hemos ideado el siguiente sistema que nos da muy buenos resultados: tomando una red de mallas muy finas e hilo suave,

cosida formando un tubo se acorrala al pez y se le introduce dentro, luego tirando suavemente de las puntas de la red (fig. 10) las mallas se estiran en sentido longitudinal comprimiéndose sobre el animal que de esta manera queda inmovilizado y puede ser manipulado con relativa facilidad. Este dispositivo se muestra también muy adecuado cuando se han de efectuar curas a los peces, salvando el peligro de inflingirles nuevas heridas.

El uso de tranquilizantes tipo MS 222 (Sandoz, metilsulfonato de tricaína) según ya hizo notar GOSSINGTON (1957) resulta de gran utilidad en la manipulación de los peces, en especial si se trata de ejemplares de tallas grandes. Dicho anestésico tiene además la ventaja de poderse utilizar a muy bajas concentraciones. CLARK (1960) lo utiliza en soluciones de 0,1 % para tranquilizar a los grandes escualos.

Ayuno

Al hablar de los artes de pesca, hemos hecho mención de las garbitanas entre las cuales las denominadas salperas, cebadas con algas efectúan grandes capturas de esta especie. Pues bien, los ejemplares capturados ahitos de algas, no están en buenas condiciones para ser sometidos a las inevitables manipulaciones que exige el transporte. En estas condiciones cualquier manipulación por cuidadosa que sea, produce entre los cautivos gran cantidad de bajas. Es preferible dejar la salpera en el lugar donde fue calada, durante 4 ó 5 días, aún a riesgo de que un golpe de mar la arruine, o la entrada de un pulpo en su interior acabe con las salpas, hasta que efectuada la digestión se encuentren en condiciones idóneas.

Descompresión

A pesar de que las nasas sean el arte idóneo para la captura de peces que deban mantenerse luego en cautividad, caladas a según qué profundidad (40-60 m), nos proporcionan un material en buenas condiciones pero que, como es lógico, al ser izado a la superficie sufre los efectos de la descompresión, los cuales hacen correr a su vida un riesgo evidente. Sin duda el procedimiento más lógico para subirlas a bordo sin que los animales capturados sufriesen daño alguno sería el de izarlas lentamente para dar tiempo a la reabsorción del exceso de gas de la vejiga natatoria, pero ello requeriría largas horas de espera a barco parado y para los trabajos en el mar, siempre cambiante, no se dispone en general de tanto tiempo. Así pues para evitar este defecto hemos puesto en práctica el siguiente método, teniendo en cuenta que la vejiga natatoria ocupa una po-

sición dorsal en relación con las demás vísceras, estando materialmente pegada a la columna vertebral, que su longitud es tal que casi siempre alcanza el nivel del ano, si no lo rebasa y que además en estas ocasiones está enormemente distendida, siendo así más fácil de localizar, actuamos de la siguiente manera: el arte de pesca (nasa o red) es izado a bordo rápidamente, lo cual, si bien provoca una rápida distensión de la vejiga natatoria, en la mayoría de los casos si actuamos con presteza no es fatal. Seleccionamos el ejemplar, tomamos una aguja hipodérmica estéril y cuidando de no atravesar ninguna escama sino deslizándola oblicuamente por debajo de ellas, la introducimos en el cuerpo del pez algo por delante del ano, más abajo de la línea lateral (que puede servir de referencia) y oblicuamente en relación al eje longitudinal del pez. El haber atravesado la pared de la vejiga natatoria se nos anuncia con un tenue silbido del gas al salir al exterior, inmediatamente la hinchazón del vientre desaparece y el pez puede mantenerse en su posición normal en vez de con el vientre hacia arriba, recuperándose a continuación. Valga decir que todas estas operaciones deben realizarse a ser posible, estando el pez dentro del cilindro de red descrito para inmovilizarlo, en el cual es fácil hacerle entrar dado el estado en que se encuentra. Toda la operación puede efectuarse bajo el agua, si bien la abertura de la aguja es mejor que esté fuera de ella.

A veces la vejiga natatoria queda demasiado vacía lo que hace que el animal, excesivamente pesado, vaya al fondo pero ello no representa mayor inconveniente ya que se recupera igual.

Si esta punción se ha efectuado en inmersión y en aguas profundas, el escape de gas tendrá lugar durante el ascenso, produciendo una descompresión gradual y progresiva sumamente beneficiosa para el animal.

TRANSPORTE DE ANIMALES DE ACUARIO

El transporte en condiciones adecuadas de los animales que deban permanecer en cautividad, constituye un capítulo sumamente interesante, por cuanto los animales capturados y manejados de acuerdo con las normas establecidas, o sea, en las mejores condiciones, pueden perderse a causa de un transporte inadecuado. Antaño, cuando los medios de comunicación aérea no existían, las dificultades para efectuar transportes largos eran enormes, mientras que para pequeñas distancias las posibilidades de supervivencia eran mucho mayores. Desde la aparición de la aviación comercial, con su gran rapidez de desplazamiento, los transportes largos han mejorado enormemente, en cambio los transportes a corta distancia

siguen padeciendo casi los mismos defectos; el bidón de agua o la cuba a remolque del automóvil continúan prestando, en estas condiciones, servicios extraordinarios. También los isotérmicos han supuesto una notable mejora por la posibilidad de climatización.

Recipientes idóneos

Evidentemente los materiales plásticos con su suavidad al tacto (tacto de cera), ligereza y resistencia, así como la permeabilidad al oxígeno de algunos, han contribuido no poco a la solución de estos problemas. Los bidones metálicos son de difícil conservación ya que el agua de mar los corroe, por lo que requieren cuidados continuos y un riguroso control de los elementos utilizados para protegerlos (pinturas o recubrimientos de otra índole) cuya toxicidad puede matar a los seres transportados. Los recipientes de cristal tienen el incoveniente de la fragilidad y además del volumen, ya que los que habitualmente se encuentran en el comercio resultan de formato demasiado pequeño para transportar en condiciones adecuadas a gran número de especies o a ejemplares de gran talla.

Dentro de la familia de los plásticos son numerosos los que dan buenos resultados, entre ellos podemos citar el P.V.C., uno de los primeros que aparecieron en el mercado y también el polietileno atóxico, cuya resistencia al agua de mar es buena y grande su flexibilidad (normas Plasticform), no obstante a causa de que debe moldearse no siempre se encuentran en el comercio recipientes de las dimensiones adecuadas, por lo que para grandes formatos debe recurrirse a procedimientos de estratificación con fibra de vidrio y poliéster en los cuales los moldes son baratos y la calidad suficiente, habida cuenta además que el contacto con el depósito por parte del agua que contiene los peces es prácticamente inexistente según reseñaremos más adelante.

Es importante considerar al hablar de los recipientes, además de lo que acabamos de consignar, su forma y volumen. Colocando los animales directamente dentro del recipiente, aquellos que no tengan rincones, es decir, los de forma circular, resultan mucho más adecuados, y ello no porque varíe el número de bajas durante el transporte sino porque la recaptura al llegar a destino resulta mucho más fácil.

Al intentar encontrar un medio que nos facilitase la recaptura, ideamos colocar dentro de los recipientes unas bolsas de plástico que, al término del viaje y después de parcialmente vaciadas, nos permitiesen sacar el material sin necesidad de someterlo a los peligros de la recaptura evitando de esta manera el herirlos. La idea partió del trabajo de VERHEI-

JEN (1956) quien estudiando Clupeidos y Escómbridos en el laboratorio de Nápoles ideó un sistema de captura de los peces, una vez dentro del cerco, por medio de sacos de plástico de forma rectangular con la boca reforzada por un marco de metal sujeto a un mango, de este dispositivo el material era transferido, sin tocarlo para nada, a otro saco de plástico de forma circular dentro del cual era transportado al acuario, consiguiendo así obtener períodos de supervivencia relativamente largos (TARDENT, 1960).

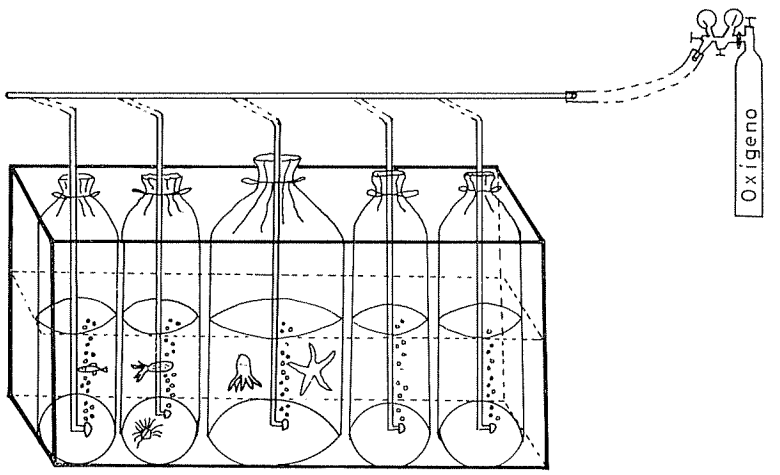

Fig. 12. — Esquema del dispositivo de transporte de animales acuáticos en bolsas de plástico, dentro de un recipiente común.

La colocación de bolsas de plástico dentro de los recipientes de transporte, solucionó pues una parte del problema: las manipulaciones excesivas y una eficaz aireación.

Pero los factores determinantes de la mortalidad durante el transporte son diversos: exceso de individuos, desencadenamiento de los medios de defensa, luchas, variación de la temperatura. Para evitar estos inconvenientes habíamos estado utilizando recipientes pequeños pero durante los meses en que el calor aumenta (en pleno verano evitamos los transportes) y a causa de atascos en la carretera, las pérdidas por calentamiento del agua aumentaban considerablemente pasando del 3-5 % que habíamos venido sufriendo y que considerábamos normal, hasta el 20-22 %.

La solución se encontró recurriendo a un sistema mixto, un gran depósito (800 l) dentro del cual se van colocando perfectamente ordenadas las bolsas de plástico (fig. 12) de forma que al estar llenas queden ocu-

pando la totalidad del volumen del depósito. Como por fuera de las bolsas también se inunda de agua, el resultado final es un gran volumen de agua compartimentado en tantos pequeños volúmenes como bolsas de plástico, cuyas variaciones de temperatura son mucho más lentas y por tanto menores que la que tendría cada pequeño volumen por separado. Así las especies están separadas evitando el exceso de individuos dentro del recipiente o su acantonamiento, se deja el material a cubierto por ejemplo de las descargas de tinta de los cefalópodos que ensuciaban toda el agua, el que los grandes ataquen a los pequeños o que los depredadores aprovechen la ocasión del amontonamiento para devorar a los otros y además que suba excesivamente la temperatura, todo ello con sólo tomar la precaución, en el momento de cargar el material de distribuirlo adecuadamente dentro de las diferentes bolsas. La aireación de cada bolsa es independiente.

Material accesorio

El material accesorio para todo transporte en condiciones está constituido además del depósito que acabamos de mencionar, con sus bolsas de plástico y el botellón de oxígeno, con su reductor, por tubos de plástico y difusores cerámicos para conducir el oxígeno y producir un aumento de la superficie de contacto con el agua. Salabres, bidones de plástico donde colocar las bolsas mientras se trasladan del vehículo o del barco al acuario. Todo este material debe mantenerse escrupulosamente limpio a fin de evitar al máximo las posibles infecciones de las heridas que se produzcan los animales.

Para evitar que al ser trasladados de un recipiente a otro los animales se produzcan heridas, así como para efectuar el «copeo» después de ceñir los cardúmenes de peces con los artes de cerco, es de gran utilidad usar un tipo de salabre cuya mitad superior es de red mientras que la inferior está formada por un cono o semiesfera de plástico o tela impermeable. De esta manera los animales nunca quedan en seco sino dentro de un pequeño volumen de agua que hace más difícil que se hieran.

No es menos importante que el material, el agua, que en este caso puede considerarse como un elemento más entre el material utilizado; un elemento del mayor interés por cuanto está en contacto directo con los seres transportados, siendo el medio a través del cual siguen respirando. Todo lo que acabamos de enumerar en este capítulo pierde su valor ante un agua en malas condiciones. Así pues si el transporte se efectúa a bordo de una embarcación, la renovación del agua es fácil y con ella simultánea-

mente la aireación adecuada, pero la temperatura, salinidad y contenido en oxígeno del agua deben controlarse periódicamente en especial al acercarse a los puertos cuyas aguas, sobre todo en el Mediterráneo que carece de mareas, suelen estar fuertemente contaminadas con residuos orgánicos y muy particularmente residuos de combustibles líquidos y lubricantes. En tales circunstancias, es mejor cortar el suministro de agua y funcionar en circuito cerrado con una buena ventilación.

Nuestra experiencia a este respecto es la siguiente: los barcos langosteros que transportan desde Canarias la langosta verde efectuaban la travesía sin novedad pero al llegar a su destino se producían bajas hasta del 25 % según los días de llegada. Sometido el problema a estudio y aplicando los criterios expuestos, los análisis del contenido en oxígeno demostraron un descenso del mismo (hasta el 60 % del normal) debido a que al fondear el barco, el agua circula mal. Se ordenó la inyección forzada de oxígeno al llegar a puerto, con ello la mortalidad descendió al 10-12 % como máximo. En posteriores envíos se procedió de la siguiente manera pensando que además del oxígeno la mayor temperatura de las aguas del puerto y su polución podrían también influir en cierta manera. Por tanto se cerraron las entradas de agua tres millas aguas afuera del puerto iniciando ya una activa ventilación por aire, mediante un compresor instalado a bordo. Llegado el barco a puerto se sustituyó esta ventilación por otra mediante oxígeno (a fin de evitar en lo posible la inyección de aceite proveniente del compresor) de unos botellones dispuestos al efecto sobre el muelle. La mortalidad descendió al orden del 5 % que puede considerarse como normal. Evidentemente la falta de oxígeno por circular mal el agua al estar el barco fondeado en puerto y la polución de las aguas eran causa de las pérdidas. Efectuando al día siguiente la distribución del material a los viveros donde debe quedar estabulado, llega a los mismos en excelentes condiciones de sobrevivencia que compensan sobradamente el gasto producido por la ventilación.

ADAPTACIÓN Y PERMANENCIA EN CONDICIONES ARTIFICIALES

Efectuada la captura y el transporte de los seres acuáticos, en condiciones adecuadas, para que su permanencia en cautividad sea dilatada, nada conseguiremos si no son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones. Porque ya hemos hecho notar que ocupando cada animal, dentro del ecosistema a que pertenece, un nicho ecológico o lugar que representa tan sólo un eslabón de la cadena, o parte del mismo, que sirve de unión entre la fracción de la cadena trófica que le precede con la que le

sigue, es evidente que nuestra intervención altera el equilibrio natural y que por más que nos esforcemos el biotopo puede que lo imitemos con bastante exactitud, pero hemos de partir de la convicción que de ninguna manera podremos mantener una biocenosis, ni de lejos, comparable con la natural. Así pues desde el momento en que pasen a formar parte del ecosistema artificial estarán en franca dificultad para sobrevivir si, mediante una intervención continuada y eficaz, como ya indicamos, no conseguimos suplir las deficiencias, aportando al sistema artificial como mínimo los elementos del natural que sean indispensables a cada especie para su supervivencia y prosperidad.

La ausencia de los componentes de niveles tróficos superiores, suele representar un beneficio para los seres mantenidos en condiciones artificiales, por cuanto comúnmente resultan ser sus enemigos naturales cuya ausencia les favorece en alto grado. Todo individuo que por alguna causa (enfermedad o vejez) pierde facultades, es más fácilmente presa de sus enemigos habituales que aquel que se mantiene en buena forma. Cortada la cadena a nivel del individuo cautivo, este peligro no existe. En cambio, aparece la dificultad de la adaptación a la cautividad. Los diferentes autores (ARTÉ, 1966; PERCIER, 1960; RUBIÓ, 1966; TARDENT, 1960; WILSON, 1960) no están de acuerdo sobre la capacidad de adaptación a la cautividad de las especies que han estudiado, posiblemente porque ninguno ha actuado de igual manera, de forma que los resultados en realidad no son comparables, pero evidentemente los que han obtenido adaptaciones más rápidas, sin lugar a dudas, son los que han actuado de forma más adecuada.

En lo que todos los autores coinciden es en que los animales jóvenes son mucho más capaces de adaptarse que los adultos, hecho que, por otra parte, se produce en toda la escala animal.

Así pues, en el presente capítulo, donde se recogen las experiencias de años, pasaremos revista al comportamiento de algunas especies comparando, cuando ello sea posible, los resultados con los obtenidos por otros autores.

Creemos necesario hacer, en primer lugar, algunas consideraciones sobre una serie de hechos observados que, posiblemente pasarían inadvertidos de otro modo, los cuales en muchas ocasiones resultan vitales para la supervivencia de los animales cautivos.

Influencia de la iluminación

Las radiaciones luminosas penetran poco en el agua debido a que la transmisión de las ondas es menor que en el aire. Otro factor importante

Fig. 13. — Palmeritas *(Spirographis spallanzanii)* y buñuelos de mar *(Microcosmus sulcatus)* componentes de una misma biocenosis. Planctófagos ambos, conviven perfectamente en el biotopo artificial, su único problema es la alimentación.

a considerar en la transmisión de imágenes dentro del agua, es la materia suspendida. Ambas son del mayor interés cuando se trata de mantener animales en cautividad.

Téngase también en cuenta que según ha demostrado WALLS (1942), la visibilidad marina puede considerarse casi constante en una amplia gama de intensidades y para una misma cantidad de materia suspendida.

Así pues, de acuerdo con la iluminación habitual en su biotopo, los peces han debido adaptar sus ojos a las condiciones del medio para obtener la máxima eficacia, concentrando los conos en áreas determinadas como sucede en los peces sedentarios y pelágicos, de alimentación selectiva, en los que además se da una elevada agudeza visual para áreas muy restringidas (WOODHEAD, 1966).

En los peces que habitan la plataforma continental los conos suelen estar uniformemente diseminados o agrupados formando mosaicos bien definidos; tales concentraciones sugieren una agudeza relativamente uniforme sobre un amplio campo visual, muy apropiado para detectar el movimiento que, según BAYCOR y SHAW (1962), vería aumentada su percepción.

De todo ello deducimos que los peces no necesitan grandes intensidades de luz, las cuales más bien podrían resultar perjudiciales en especial durante los primeros días de cautividad, dada la imposibilidad por su parte de buscar zonas menos iluminadas.

La consideración de la intensidad de la luz, con frecuencia no es tenida en cuenta dado que los acuarios poco iluminados obligan a tener las galerías del público muy oscuras, por otra parte los autores que han publicado notas sobre el mantenimiento de especies consideradas incluso como difíciles, no suelen indicar el grado de iluminación del tanque.

A lo largo de nuestras experiencias, hemos podido comprobar la importancia que, para una rápida ambientación, tiene el colocar los animales en las condiciones de iluminación adecuadas. Ello no impide que más tarde y de forma paulatina, estas condiciones puedan ir variando dentro de ciertos límites volviendo a otras menos idóneas pero que sean tolerables por el animal que además se habrá ido habituando al confinamiento, al cambio de alimentación y a nuestra presencia.

Nos atrevemos a afirmar que si alguna diferencia ha de existir en la iluminación en relación con la natural debe estar en el sentido de una mayor oscuridad, en la cual la visibilidad, según vimos, será igualmente buena para el pez y sus ojos no padecerán.

Es sabido que el uso reiterado del flash fotográfico en los acuarios es causa de la pérdida de muchos ejemplares, víctimas de inflamaciones de

los ojos que se manifiestan produciendo exoftalmias que, con frecuencia, si no evolucionan favorablemente ya sea de una manera natural o después de intervenciones quirúrgicas, acaban siendo mortales.

Por otra parte con menos iluminación los peces están más tranquilos corriendo menos peligro de herirse durante este período en el que hay que evitar al máximo cualquier posibilidad de complicación y las heridas, golpes o pérdidas de escamas constituyen, en especial si se infectan, uno de los mayores peligros.

Si bien es verdad que durante la primera fase de la vida en cautividad una iluminación adecuada puede ser muy importante para los seres acuáticos, no por ello debemos olvidarla a lo largo de toda su permanencia en estas condiciones. Veamos un caso concreto: en el acuario del Instituto de Investigaciones Pesqueras vive un cherne *(Polyprion americanum)* desde junio de 1967. Es sabido que los jóvenes chernes llevan vida pelágica siguiendo a veces en grupos los objetos flotantes bajo los cuales se cobijan durante las horas en que la luz es más intensa, en cambio los adultos viven en aguas a veces muy profundas que algunos autores como LUTHER y FIEDLER (1961) consideran pueden llegar hasta mil metros. El ejemplar que nos ocupa ingresó en el acuario durante su primer año de edad o recién cumplido éste, presentaba la coloración característica blanco y gris de los jóvenes y medía unos 16 cm. A los tres años, más o menos (junio de 1970) de permanecer en cautividad dejó de alimentarse. Dado que su coloración era ya totalmente gris como corresponde al adulto y considerando la posibilidad de que necesitase un cambio de hábitat, por no ser posible variarle la presión y la temperatura sin efectuar instalaciones costosas, ante la reiterada negativa a tomar alimento durante tres semanas se pensó en la iluminación. Todas las variaciones indicadas guardan relación con un descenso a zonas más profundas. Una sencilla disminución de la iluminación que quedó reducida a dos bombillas de 100 W (para un tanque que mide en la base 380 $\times$ 90 cm y cuya altura es de 110 cm, o sea un volumen de 4100 l) fue suficiente, por cuanto el animal recobró su actividad y a los tres días empezó a alimentarse de nuevo. Parece pues que la iluminación influiría de alguna manera sobre el animal. De ahí la gran importancia de mantenerla adecuada en todo momento.

Otra experiencia importante en relación con la luz puede efectuarse con apogon *(Apogon imberbis)*. GARNAUD (1960) posiblemente el autor que más ha estudiado el comportamiento de los apogon del Mediterráneo, indica que el tanque que los alberga debe estar poco iluminado, poseer arena en el fondo y numerosas anfractuosidades. GARNAUD llega incluso a tapar la luna del tanque dejando sólo unos agujeritos desde donde poder obser-

var sin asustar al animal. La indicación «luz débil» es cuanto dice a este respecto.

En relación con este pez, por nuestra experiencia personal, podemos añadir que se niega casi en absoluto a alimentarse si el tanque está excesivamente iluminado. Sale de su escondrijo en la sombra de una roca o dentro de un agujero, come alguna pequeña partícula y vuelve a esconderse de inmediato, acabando por morir por falta de alimento si los restos que caen al fondo son retirados para que no pueda alimentarse de noche. En cambio toma el alimento si el tanque (175 × 120 × 80 cm) se ilumina tan sólo con una bombilla de 60 W colocada en el centro y a 40 cm sobre la superficie del agua.

Otras funciones fisiológicas, como es por ejemplo la reproducción, es sabido que están altamente condicionadas por el grado de iluminación, y no sólo por la intensidad sino también si se combina con la temperatura y el biotopo (fondos y plantas) es el adecuado.

No deben pues, perderse de vista estas consideraciones, cuando se trata de ambientar ecológicamente alguna especie, muy especialmente si lo que se pretende es su reproducción.

Es evidente, no obstante, que la iluminación adecuada, aun combinada con la temperatura idónea, puede no bastar para la correcta expulsión de los productos sexuales. A este respecto cabe consignar las siguientes observaciones.

Es sabido que los Ápodos (congrio, anguila) buscan sus lugares de freza en zonas profundas, totalmente afóticas, y que además la freza constituye para ellos una barrera infranqueable ya que inmediatamente después de expulsar los productos sexuales los progenitores mueren.

Los congrios viven bien en cautividad perdiéndose pocos si no es por canibalismo, pero a los 3-4 años de edad, después de permanecer 2-3 en cautividad, llegado el momento de la freza y antes de que consigan expulsar los productos sexuales, que hacen aparecer su vientre enormemente distendido, se pierden irremisiblemente.

Reproducir las condiciones de presión y temperatura de las zonas de freza, aun disponiendo de datos fidedignos resultaría costoso, por lo que no lo hemos intentado, en cambio su mantenimiento en la más absoluta oscuridad es fácil; pues bien, a pesar de ello, no hemos conseguido que expulsasen los elementos sexuales. Es evidente que otras condiciones son, además de la luz, de capital importancia.

Las doncellas *Coris julis,* durante las horas nocturnas se entierran en la arena del fondo, donde permanecen hasta la amanecida. Si durante las horas de día se mantiene el tanque que habitan en oscuridad, algunas salen

de su escondrijo para evolucionar y alimentarse, pero es evidente que con poca luz muestran una mucho mayor tendencia al ocultamiento.

De aquí pues, la gran importancia de la luz para una adecuada ambientación ecológica del acuario. La intensidad de la misma y el fotoperíodo no deben olvidarse si se quiere alcanzar el éxito y hay que tener en cuenta que la diferente exigencia de unas especies en relación con otras, puede llegar a ser el factor que imposibilite su convivencia.

Influencia de la alimentación

La alimentación de los seres acuáticos, por lo general es variada. Prácticamente ninguna especie toma una sola clase de alimento si bien la tendencia general hacia un tipo de alimentación es clara: planctófagos, herbívoros, carnívoros, son grupos claramente definidos de los que sólo los primeros y los últimos son estrictos mientras que entre los segundos figuran especies que más bien pueden ser consideradas como de régimen mixto, vegetal y animal.

Los planctófagos, vertebrados e invertebrados plantean, aún en aquellos acuarios que toman el agua directamente del mar, en lucha abierta con los seres incrustantes, verdaderos problemas por cuanto han de trasegarse cantidades de agua muy importantes.

En los de circuito cerrado o de aguas filtradas, el problema llega al máximo. La producción artificial de plancton no es fácil y aún del producido, los animales aprovechan una mínima cantidad perdiéndose el resto con el agua de circulación o al caer al fondo. Téngase en cuenta que nos referimos al fitoplancton porque los problemas se multiplican si se intenta obtener zooplancton hasta límites que hacen prácticamente imposible su producción de una manera regular y continuada. A este respecto sólo las larvas de artemia nacidas de huevos obtenidos en el comercio ofrecen una solución aceptable. También los pequeños copépodos del grupo de los Arpáctidos de los que algunas especies en ocasiones y de manera espontánea proliferan en gran cantidad (género Tigriopus) o las dafnias en las aguas dulces representan una considerable ayuda.

Sin embargo, este alimento es indispensable para los jóvenes y para el mantenimiento prolongado en cautividad de numerosos seres. Muchos de los invertebrados no artrópodos son planctófagos y la dificultad de su mantenimiento estriba precisamente en la imposibilidad de proporcionarles el alimento adecuado, de aquí la gran influencia de la alimentación. Algunas Esponjas, Celentéreos, Gusanos y todos los Moluscos lamelibranquios además de las Ascidias ven comprometida su existencia en condiciones arti-

ficiales precisamente por la dificultad de alimentarse adecuadamente. Ello no quiere decir que algunos no consigan vivir en cautividad incluso meses, pero siempre es a base de ir consumiendo además del poco alimento que pueden obtener, sus propias reservas. Las disecciones postmortem ponen siempre de manifiesto cuerpos depauperados.

Experiencias emprendidas para paliar estos inconvenientes nos llevaron hasta poner a punto un dispositivo que nos permitió proporcionar algún alimento más a varios animales de los grupos indicados. Hay que hacer notar, no obstante, que dichas experiencias fueron abandonadas porque el tal dispositivo por un lado no puede estar a la vista del público, por ejemplo, que visita un acuario quedando sólo la posibilidad de establecer una rotación entre los animales haciéndolos pasar una semana en la exhibición, sufriendo las consiguientes dificultades y el resto del mes en el dispositivo de mantenimiento. Por otra parte el gasto que el dispositivo ocasiona hace que sea más barato resignarse a que mueran los animales y adquirir otros luego.

No obstante, dado el interés que puede tener para quienes efectúen trabajos de investigación y por las aplicaciones que podría hallar en el cultivo artificial para engorde de lamelibranquios, lo describiremos.

Dentro de un tanque de grandes dimensiones que, al modo del dispositivo descrito para el transporte de animales marinos servirá para evitar las variaciones de temperatura y a la vez el agua que contiene será el soporte de las bolsas de plástico, se colocan algunas de estas bolsas. Inyectando agua y aire independientemente dentro de tales bolsas se crean microambientes adecuados, dentro de cada uno de los cuales es posible introducir cantidades de alimento sin que se disperse en la masa general de agua, de esta manera los animales tienen tiempo de tomarlo ya que el burbujeo del aire crea una corriente que una y otra vez lo levanta del fondo (que tiene una suave pendiente) para hacerlo rodar. Al mismo tiempo oxigena una masa de agua que al ser menor recibe cantidad suficiente de oxígeno para el consumo de los animales. Un chorro de agua consigue a la larga la renovación suficiente de la misma para eliminar las materias en suspensión y los metabolitos que pasan al depósito general y son eliminados por el desagüe.

Como alimento básico hemos utilizado un batido finísimo de hojas de lechuga junto con pequeñas cantidades de carne de sardina y gamba y un polvo de harina de maíz finamente molida, tipo maizena.

Los animales herbívoros plantean también en cautividad no pocos problemas. Cuando en realidad su alimentación es mixta, como sucede en los sargos *(Diplodus sargus)* y mojarras *(D. vulgaris)*, por ejemplo, basta

con mantenerlos en tanques dentro de la zona mejor iluminada del acuario para que, entre el alimento que se les proporciona (sardina en nuestro caso) y las algas que espontáneamente se producen, su dieta resulte adecuada. Pero cuando son más estrictos, como sucede con las salpas la producción natural de algas no les basta y es indispensable proporcionárselas recogiéndolas en el mar. Pero si bien la recogida de algas es fácil durante el verano, no así en invierno.

Considerado el problema llegamos a la conclusión de que la captura de salpas en cantidad, por parte de los pescadores y en aguas costeras, se efectúa durante finales de primavera y en verano, época en que abundan las algas que son el cebo que se coloca en las masas denominadas «salperas», como indicamos. Durante la estación fría las salpas desaparecen de esta zona. Suponiendo que el cambio de biotipo lleve emparejado un cambio de alimentación, decidimos alimentar las salpas durante el invierno con sardina y gamba. En efecto, llegado el otoño empezamos a suministrarles juntamente con algas, algunas cantidades de sardina o gamba que poco a poco van tomando, en especial si con ellas conviven algunos monitores (chucla, raspallón). Todo el invierno y el inicio de la primavera lo pasan así y a finales de primavera se introducen de nuevo y poco a poco las algas en su alimentación, las cuales consumen durante el verano para, en otoño, volver a cambiar. De esta manera hemos logrado mantener varios ejemplares de salpa durante años y aquellos que, a modo de prueba fueron privados de su ración de algas durante la primavera, en ningún caso pasaron del mes de julio.

Otra experiencia interesante a este respecto, ha sido efectuada con el centollo según indicamos. Los ejemplares trasladados al acuario morían habitualmente al cabo de unos meses y era evidente que el alimento suministrado (sardina) no era de su agrado por cuanto comían poco y a veces nada. Ensayado el mejillón como alimento (muy del agrado de otros crustáceos) tampoco se observó mejoría. Hecha la consideración ecológica correspondiente, se llegó a la conclusión de que la biocenosis de la cual el centollo forma parte es la propia de los fondos arenosos de la plataforma continental, así pues se colocaron en el tanque ocupado por él diferentes animales propios de tal nicho ecológico a fin de ver si alguno de ellos formaba, como parecía lógico, parte de su dieta alimenticia normal. Efectivamente, en cuanto se introdujo en el tanque una estrella de mar, la «estrella de peines» *(Astropecten aurantiacus)*, los centollos empezaron inmediatamente a devorarlas mutilándolas en varios de sus brazos que es lo que de preferencia comen sin tocar nunca la parte central, de forma que después de consumidos todos los brazos la abandonan. Dada la gran vita-

lidad de las estrellas de mar, permanecen vivas durante muchos días mientras van siendo devoradas poco a poco y de forma discontinua.

De esta manera hemos conseguido mantener unos mismos ejemplares de centollo durante años.

Estimamos que las experiencias que acabamos de reseñar son suficientemente demostrativas de la gran importancia que una alimentación adecuada en calidad tiene para la supervivencia en cautividad de estas especies.

Influencia de la oxigenación

Acabamos de ver algunos casos en los que quedan bien patentes la influencia que para los seres marinos cautivos tienen la iluminación y la alimentación, nos parece lógico exponer a continuación algunas experiencias en las que la oxigenación juega un papel capital.

En el capítulo correspondiente se consignarán los volúmenes de aire que a nuestro juicio son necesarios para el mantenimiento en buenas condiciones de los seres marinos así como los renuevos de agua necesarios, pero en toda instalación, aún a veces no por vía de ensayo, se producen alteraciones capaces de afectar profundamente a los seres cautivos, o bien bajo determinadas circunstancias puede interesarnos salvar un animal capturado o transportado en malas condiciones.

A lo largo de los años de experiencias que se resumen en este trabajo, hemos tenido que luchar repetidas veces con la anoxia. Sucede que a veces un animal sacado del agua antes de llegar a puerto, permanece largo rato fuera de la misma sufriendo las consecuencias correspondientes por la imposibilidad de incorporar, en estas condiciones, el oxígeno al torrente circulatorio. Si bien el animal es susceptible de ser salvado, el simple hecho de devolverlo al agua aunque esté bien ventilada puede no ser suficiente. Bajo los efectos de la falta de oxígeno, por un lado los movimientos respiratorios son poco amplios y por otro el efectuarlos supone al animal una fatiga que retrasa su recuperación, si es que llega a producirse. En tales circunstancias hemos llegado a producir en los peces (únicos animales sobre los que hemos ensayado) lo que podríamos llamar una respiración artificial que en varias ocasiones nos ha permitido recuperarlos.

Nuestro método consiste en introducir dentro de la boca del animal un tubito de vidrio (cuyo tamaño varía con el del pez) en forma de Y e inyectar a su través agua bien ventilada. El agua entra por la rama inferior de la Y y sale por las superiores en dos chorros dirigidos hacia las branquias haciendo pasar de esta manera por entre ellas una corriente de agua capaz

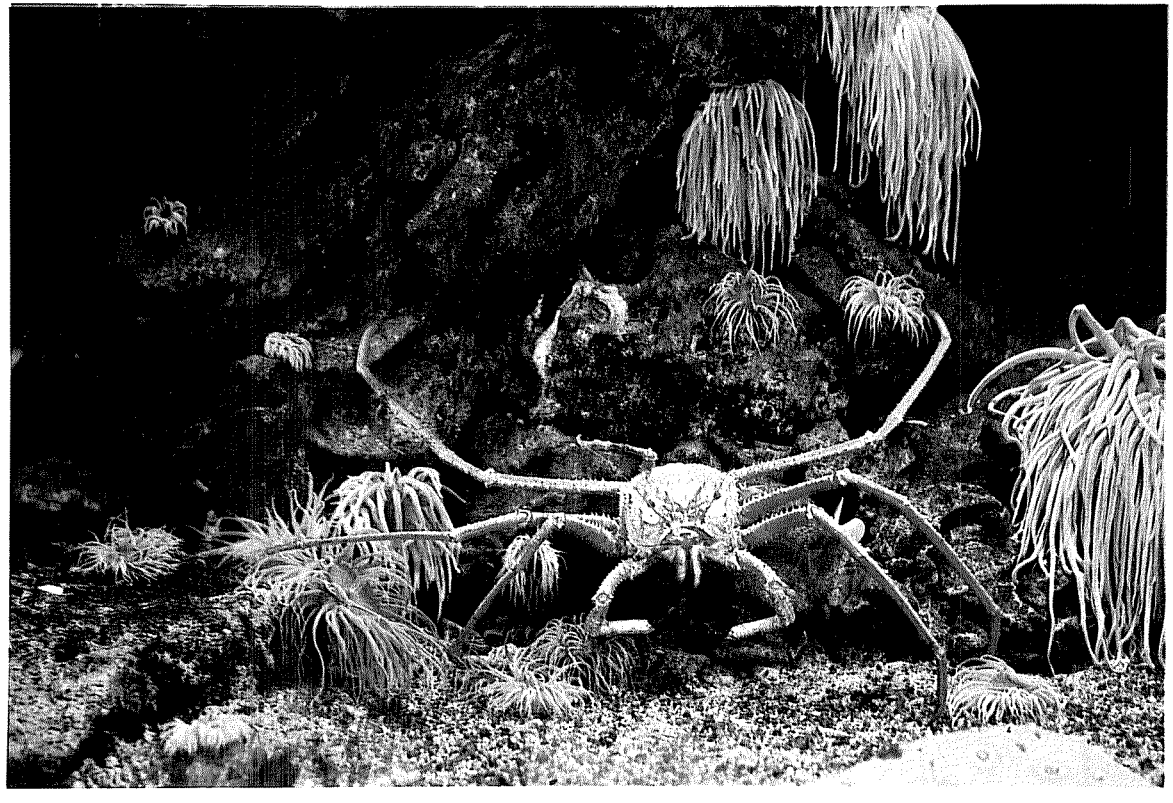

Fig. 14. — Gran cangrejo del fondo *(Paramola cuvieri)* y anémonas *(Anemonia sulcata)* propias de la zona costera. Pertenecientes a dos ecosistemas muy alejados, constituyen dentro del biotopo artificial un conjunto de la mayor belleza, en el que las cosas acaban mal. En cautividad, el cangrejo resulta ser un depredador de las anémonas.

de ceder a la sangre la máxima cantidad de oxígeno. Para un animal en estas condiciones el peligro está en que la sangre circule despacio por la casi paralización de los latidos cardíacos y la menor amplitud de los movimientos operculares. Es un hecho conocido también, que el corazón reacciona frente a los estímulos mecánicos, pues bien, si lo que acabamos de indicar se acompaña de suaves presiones alternantes sobre la región cardíaca, el corazón así estimulado acelera por unos momentos su latir haciendo fluir más sangre hacia las branquias.

Mediante este proceder hemos conseguido revivir después de largos ratos (media hora incluso) de paciente respiración artificial, varios ejemplares de pintarroja, torillo y cabrilla, mientras que los testigos dejados simplemente en el agua abandonados a su suerte, no consiguieron recuperarse.

También en ocasiones, cuando el flujo de agua de los tanques disminuye por algún hecho fortuito o avería el contenido de oxígeno del agua baja y se producen períodos de hipoxia durante los cuales se ve a los animales sufrir.

Durante los períodos de hipoxia el primer síntoma es el aumento de la frecuencia de los movimientos respiratorios que en algunos casos puede llegar a ser el doble del normal. En estas condiciones no todas las especies reaccionan de igual manera. Algunos como la pintarroja no tan sólo se posan sobre el fondo sino que además tienden a agruparse lo cual complica las cosas. Otros como las arañas y las triglas tienden a saltar fuera del agua con el consiguiente peligro de caer fuera del tanque si no está tapado. La dorada mostró, a este respecto, un comportamiento particular. En cierta ocasión, después del reparto normal del alimento el tanque de las doradas sufrió una avería quedando cortada el agua. La falta de oxígeno pronto se hizo notar, precisamente cuando con el estómago repleto los animales más lo necesitaban. La reacción de las doradas fue vomitar cuanto alimento habían ingerido, siendo precisamente el gran enturbiamiento del agua que este hecho produjo lo que nos hizo dar cuenta de la anomalía y permitió salvar todos los ejemplares al corregirla a tiempo. Igual hacen las langostas al volver al agua después de permanecer horas fuera de ella.

Otro accidente que puede producirse y que es capaz de ocasionar un gran número de bajas, es precisamente la hiperventilación. Cuando se inyecta aire en los tanques habitados, las burbujas deben ser de un tamaño tal que asciendan a la superficie rectamente; aquellas cuyo poder ascensional es demasiado pequeño y son arrastradas por los torbellinos del agua, son peligrosas si son muchas en número.

Hay que tener en cuenta que las branquias están cubiertas de moco sobre el cual pueden quedar adheridas las pequeñas burbujas de aire. La zona de contacto con la burbuja prácticamente es como si estuviese fuera del agua. Si las burbujas son tantas que el agua quede como lechosa, la respiración se hace totalmente imposible porque al quedar muchas fijadas sobre el moco de la branquia resulta haber más superficie de ella en contacto con el aire que con el agua.

Así pues cuando en un acuario se ha producido una anoxia, es de todo punto inoperante intentar corregirla aumentando de pronto el burbujeo de aire. Aparte de las circunstancias que acabamos de anotar, un aumento del tren de burbujas comporta un aumento de la turbulencia obligando a los peces a una mayor actividad, precisamente cuando un esfuerzo suplementario será más peligroso.

En estas ocasiones el ozono da excelentes resultados. La molécula de ozono se desdobla fácilmente en O y O_2 con lo que rápidamente se alcanza la saturación del agua en oxígeno, aun manteniendo a los animales en aguas tranquilas. Tratándose además de períodos de tiempo cortos, no hay que temer a la toxicidad que se presentaría en caso de empleo continuado del ozono.

Monitores

Procedentes de sus hábitats naturales y poco o nada acostumbrados a ver al hombre, son muchos los seres que sufren una reacción de huida cuando son mantenidos en cautividad especialmente si se trata de ejemplares adultos. Esta reacción y el hecho de que forzosamente el alimento ha de ser diferente del habitual, ya que el suministrarlo es más difícil, lleva a algunas especies hasta perecer por falta de adaptación a las nuevas condiciones, mientras que otras acuciadas por el hambre acaban por tomar el alimento más o menos pronto.

Hemos observado a lo largo de nuestras experiencias, el importante papel que, a este respecto, juegan los ejemplares ya bien ambientados, puestos a convivir con los recién llegados, a veces incluso de otra especie siempre que no exista incompatibilidad.

Las arañas constituyen un caso claro en relación con lo que acabamos de indicar. No pudimos mantenerlas en cautividad por largo tiempo hasta conseguir que una empezase a alimentarse.

Los componentes de los diferentes lotes de arañas llegados a nosotros fueron pereciendo sucesivamente ya sea por saltar fuera del tanque durante la noche, ya porque una vez tapado éste no se alimentaban tampoco. En

el momento en que una empezó a comer, el ejemplo fue seguido por las demás que consiguieron alimentarse sin dificultad. Desde aquella fecha siempre hemos ido trayendo nuevos ejemplares cuando todavía quedan algunos de los viejos y es notable ver cómo, en las primeras distribuciones de alimento después de su llegada, los nuevos no se ponen en movimiento hasta que los viejos han empezado ya a abocar la comida.

Los serranos son animales bastante asustadizos que, en cautividad y aun después de largos períodos de permanencia en estas condiciones, buscan prontamente refugio detrás de algún objeto o roca sumergidos. No son especies que presenten grandes problemas en cuanto a la toma de alimento puesto que haciéndolo caer cerca de donde se esconden pronto lo toman. Pero es interesante comprobar cómo después de más de un año de cautividad sus costumbres varían, nadan libremente por todo el volumen de agua disponible y la reacción de huida se produce muy raramente. Colocando los recién llegados en el tanque de los viejos cautivos, las reacciones de los primeros en cuanto los segundos empiezan a comer, son totalmente diferentes. Comienzan por salir de su escondrijo lentamente para abalanzarse luego sobre el alimento aunque éste caiga relativamente lejos. El regreso al escondrijo es más lento y cada vez se cobijan menos en él.

Otra interesante experiencia llevada a cabo, pero con dos especies diferentes es la siguiente: en el lugar adecuado dejamos anotado el cambio de alimento al que es necesario someter a las salpas para poder mantenerlas en cautividad. Cuando a finales de primavera se efectúa paulatinamente el paso de la alimentación carnívora a la herbívora, no se observan dificultades en la toma de las algas puesto que siendo su alimento preferido las comen sin dilación, pero cuando a finales de otoño se reinstaura la alimentación carnívora (la sardina o la gamba) no es aceptada por las salpas más que con cierta dificultad y aún después de varios días de intentos vanos, cuando el hambre les aprieta. Pero si colocamos juntamente con las salpas algunos ejemplares de chucla que come bien estos alimentos, las salpas posiblemente excitadas por el hecho de verlas comer, toman inmediatamente la carne desmenuzada que va cayendo lentamente hacia el fondo.

Incompatibilidades

Muchas especies conviven perfectamente con cualesquiera otras, pero algunas no soportan la presencia de otros individuos, a veces ni aún de su propia especie. Parece pues lógico que en esta exposición dividamos las incompatibilidades en dos grupos: interespecíficas e intraespecíficas.

Interespecíficas

Las incompatibilidades interespecíficas son frecuentes dado que en la cadena alimentaria unos seres son depredadores de otros, si no en el estado adulto al menos en las fases iniciales de la vida, ya sea en el estado de huevo o en la fase larvaria. Éste es, precisamente, uno de los principales inconvenientes con que se topa para establecer en el medio artificial un ecosistema igual al natural, no se puede instaurar una biocenosis típica, dado que además el confinamiento en un volumen reducido agravaría todavía más el problema y los jóvenes en especial perecerían rápidamente.

Así pues, al montar un tanque han de considerarse muy atentamente las especies que han de convivir atendiendo además, aun en el caso de que no se ataquen mutuamente, al tamaño, los mecanismos de toma de alimento, agilidad, etc. porque puede suceder que el impedimento de convivencia radique en ello, puesto que si uno devora con presteza el alimento y los otros no, para que los segundos puedan alimentarse deberá echarse en tal cantidad que suponga al primero la oportunidad de hartarse hasta límites que puedan resultarle francamente perjudiciales.

Quizá, no obstante, el principal elemento de incompatibilidad radica en las diferencias de tamaño, puesto que aun especies capaces de convivir cuando adultas, devoran a los pequeños de la otra, respectivamente, cuando se ponen en el mismo acuario.

Bien es verdad que algunas especies sufren mucho más intensamente que otras los efectos de la depredación, nos referimos a las planctófagas, que por el nivel que ocupan en la cadena alimentaria están evidentemente destinadas a ser el blanco preferido de los depredadores.

En el acuario marino se observa una clara preferencia, por parte de casi todos los peces, si exceptuamos los fitófagos, por la sardina joven (parrocha) que comen con mucha mayor avidez que la adulta troceada.

La introducción en los diferentes tanques de sardina viva, midiendo 4-6 cm pone rápidamente en movimiento incluso a las escorpas, tardas habitualmente en la captura de alimento.

No es necesario decir pues, que existe una manifiesta incompatibilidad, las sardinas, en especial las jóvenes deben vivir aisladas.

Del estudio de estas incompatibilidades, podemos sacar grandes frutos si lo consideramos bajo el punto de vista que una mayor incompatibilidad, o sea: una mayor depredación de una especie sobre otra, representa un alimento de mayor preferencia, lo cual es de gran importancia para una adecuada adaptación a la cautividd y prolongada permanencia, ya que es

evidente que algunas especies en especial tropicales *(Balistapus, Pterois)* se adaptan mal y prosperan poco por no darse con la alimentación adecuada.

Otra incompatibilidad interespecífica, es posiblemente tan sólo fruto de la cautividad, se trata de la observada entre el cangrejo ermitaño *Dardanus arrossor* y su anémona simbionte *Calliactis parasitica.* Llegados a la cautividad los ermitaños, todos ellos con una o varias anémonas sobre la concha del caracol en la que habitan, pronto empiezan las anémonas a ser devoradas de forma que al cabo de un tiempo es raro encontrar una, y ello sucede más de prisa si en el tanque no existe un depredador del ermitaño (un pulpo por ejemplo). Quizá la simbiosis no sea tan profunda como se ha pretendido y la actinia sirva más para lograr una cripsis que una defensa. Actualmente se efectúan trabajos para averiguar estos extremos (MENGUAL, MERCADAL, CUADRAS).

Así pues al considerar las incompatibilidades, al montar un tanque, es del mayor interés tener en cuenta tanto las naturales, la mayoría de ellas conocidas, como las que puedan surgir como fruto del confinamiento, de ello volveremos a hablar también al considerar las intraespecíficas.

Intraespecíficas

Son las que aparecen aun cuando los individuos que conviven pertenecen todos a una misma especie. Quizá más interesantes que las interespecíficas, lógicas al fin y al cabo, son todavía las intraespecíficas.

Es un hecho conocido que los bogavantes *(Homarus gammarus)* no pueden convivir con otros individuos, ni aun de su misma especie, y que para paliar el inconveniente, en los viveros se hace necesario atarles las quelas con un bramante o un aro de goma. A este respecto queremos hacer notar una experiencia llevada a cabo involuntariamente por manos inexpertas. Introducido un bogavante en un vivero de langostas, en el término de 24 horas destrozó casi doscientas.

Si tuviésemos que hacer una reseña de incompatibilidades, la lista sería larga y sin duda incompleta, parece pues más lógico que anotemos algunos criterios a tener en cuenta para montar adecuadamente un acuario:

Consideración del nivel que cada especie ocupa dentro de la cadena alimentaria.

Tamaño de los individuos.

Agresividad de la especie.

Posibilidad de cambios de actitud por efecto de la cautividad.

Finalmente el sexo de los individuos. A este respecto quizás el ejemplo más aparente es el de los combatientes *(Betta splendens)* en los que

las luchas entre los machos son paradógicas. Pero existen incompatibilidades de sexo, menos conocidas, cuya exposición puede ayudar a hacerse cargo de la importancia que puede revestir este tipo de incompatibilidades.

La vigilancia del nido, y el ahuyentamiento de los otros machos, no pasa de ser, la mayoría de veces, un ataque rápido ya que no puede prolongarse si no es a cambio de abandonar la vigilancia, en el que, por otra parte, los demás evitan el enfrentamiento; obtener un nido con huevos no les interesa, en cambio sí que puede interesarles la consecución de las hembras. El lábrido conocido por señorita *(Labrus ossifagus* o *L. mixtus)* es hermafrodita proterogino, es decir, que en la primera edad todos los individuos son hembras que posteriormente por una regresión del ovario y desarrollo del testículo pasan a ser machos. Este cambio de sexo va acompañado de la aparición de caracteres secundarios que consisten en un cambio extraordinario de color, el cual pasa del rosa, con 3 manchas oscuras al final de la base de la aleta dorsal (coloración hembra) al azul y amarillo (corselete y cola azul, resto amarillo) del macho, que carece de manchas en la base de la aleta dorsal.

Llegada la época de la maduración sexual, cuando los colores aumentan de intensidad constituyendo la librea nupcial, suponiendo que se mantuviesen dos machos juntos con las hembras, es imprescindible sacar uno so pena de exponerse a perder los dos, por las luchas que entablan. Pero existe todavía un hecho más interesante, manteniendo un solo macho con las hembras, puede suceder que de pronto la emprenda violentamente contra una, de una forma que de ninguna manera puede pensarse sea un cortejo nupcial. Separada la hembra en cuestión, acaba sufriendo el cambio de sexo. Ello pone de manifiesto, bien a las claras; que aún a pesar de no haber aparecido los caracteres sexuales secundarios, única fuente de información para nosotros, el cambio de sexo se había iniciado ya y el macho fue capaz de averiguarlo de alguna manera que aún se nos escapa, pero que podría guardar relación con las fenohormonas, las cuales fácilmente detectaría, quizá por vía olfativa (CARRILLO, comunicación personal). Es pues de suma importancia en los hermafroditas considerar la posibilidad del cambio de sexo para evitar incompatibilidades.

Otro ejemplo que consideramos de interés es el de los congrios. Hemos dejado anotado ya, que en cautividad llegan perfectamente a alcanzar la maduración sexual, si bien no consiguen expulsar los elementos reproductores, pero nos llamaba poderosamente la atención el que, de todos los ejemplares estudiados, ni uno solo fuese macho. La explicación es sencilla, entre los congrios existe un gran canibalismo de suerte que los pequeños son siempre devorados por los grandes; para evitarlo los mante-

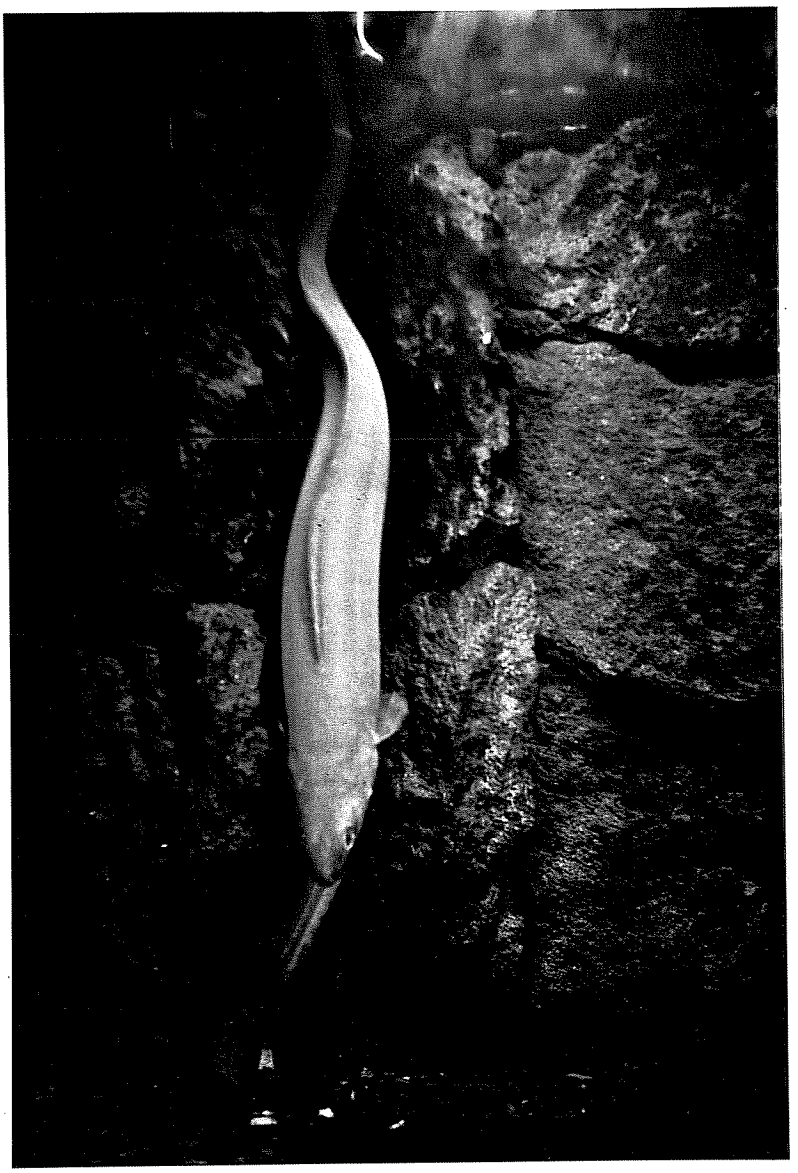

Fig. 15. — Congrio *(Conger conger)* alojado cabeza abajo en una grieta del roquedo. Una actitud muy característica de los congrios durante el día, de noche salen «a cazar».

nemos agrupados por generaciones anuales puesto que siendo de tamaño parecido si bien se atacan igual, difícilmente se devoran unos a otros. Dentro del grupo anual adquirido es habitual que unos individuos destaquen claramente de los demás adquiriendo un crecimiento más rápido, por lo que cuando la diferencia de tamaño alcanza un cierto grado son ya capaces de devorar a los que llevan un ritmo de crecimiento menor, pues bien, sucede que los de menor ritmo son los machos, por esta razón al cabo de los años, dentro de cada lote sólo quedan las hembras que son las que llegan a madurar sexualmente.

Considerando la incompatibilidad resulta por demás interesante ya que primariamente pueda aparecer como de sexo, siendo como es de tamaño y sin duda está altamente influenciada por el confinamiento, dado que cazando todos en un espacio limitado, con el tiempo forzosamente los machos, cada vez menores comparativamente, han de quedar antes de la maduración al alcance de las hembras, las cuales los devoran, como harían con cualquier otro animal que se pusiese a su alcance y les resultase apto como alimento.

Adaptabilidad

Evidentemente la cautividad supone para las diferentes especies un cambio brusco, al cual no todas se adaptan fácilmente. Es cierto que, según dejamos anotado antes, los individuos jóvenes se adaptan mejor que los adultos.

Los factores que influyen en la dificultad de adaptación son variados y provenientes unos del biotopo y otros de la biocenosis, especialmente por lo que se refiere al aislamiento de la especie del resto de la cadena alimentaria de la que forma parte.

Entre los factores propios del biotopo y supuesto siempre que el agua se encuentra en las condiciones adecuadas de temperatura, salinidad, oxigenación, pH, etc. figuran los fondos y las paredes que evidentemente se habrá procurado reúnan las características adecuadas. Pero quizás el factor más importante a este respecto, coincidiendo con PERCIER (1960), sea la limitación de espacio. El constante roce con las paredes puede producir heridas fatales muchas veces, por ello las especies más sedentarias, las que viven semienterradas en la arena o aquellas que habitan en biotopos confinados son, siempre que la acción del hombre aporte los niveles tróficos inferiores que falten de la cadena alimentaria, las que mejor se adaptan. Ello nos lleva a considerar el segundo punto, la biocenosis. En el reducido espacio de un tanque habitado fundamentalmente por una especie, nos es por completo imposible instaurar un ecosistema, a lo sumo

podemos aspirar a que el nicho ecológico correspondiente al animal esté lo mejor representado posible en lo referente al biotopo, no así en la biocenosis que forzosamente quedará mutilada, de forma que sólo en aquellos casos en que la presencia de una especie es indispensable para la vida de otra, las ponemos juntas prescindiendo de lo que en el apartado anterior hemos considerado como incompatibilidad interespecífica. La tendencia lógica es, precisamente la contraria, mantener juntas aquellas especies que sean compatibles.

¿Cuánto tiempo tardan las especies en adaptarse a la vida en cautividad? He aquí una pregunta difícil de responder. Podemos considerar que, en general un individuo se ha adaptado a la vida en cautividad cuando se desenvuelva normalmente, es decir, que se alimente, reproduzca y se comporte como en su biotopo de origen, viviendo semienterrado en la arena o sobre el fondo, ocupe los lugares preparados al efecto en el roquedo de las paredes o del fondo o bien nade entre aguas, según las especies. En estas condiciones debemos considerarlo adaptado, otra cosa sería errónea. El dato más demostrativo de una completa adaptación consideramos, coincidiendo con la opinión de PERCIER (1960), que es la reproducción, siempre que el animal sobreviva al esfuerzo que ella supone.

No debemos confundir la adaptación a la cautividad con la supervivencia, porque existen especies que consideramos de difícil adaptación y que, en cambio, sobreviven largo tiempo (torpedo, raya, pastinaca), estas especies difícilmente se alimentan, pero se da la circunstancia de que muchas veces en cautividad llegan a reproducirse expulsando los huevos encapsulados (las dos últimas) o las crías por ser vivíparos los primeros. Esta emisión no debe considerarse como una demostración de buena adaptación, es simplemente que se trata de animales con un largo ciclo sexual, fecundados ya en el momento de la captura. Precisamente en el caso de los torpedos hemos de hacer notar que siempre la expulsión de las crías ha sido seguida de la inmediata pérdida de la madre, lo cual ciertamente no sucede en el medio natural. RUBIÓ (1965) considera críticos los ocho primeros días de permanencia en cautividad, personalmente estimamos ser más dilatado y muy variable según las especies.

Será pues cuestión de considerar muy atentamente la especie a transportar al acuario en especial si ha de convivir con otras; como medida de precaución debe preconizarse, hasta que se tenga suficiente experiencia el aislamiento de las especies en sus primeros momentos de cautividad, acompañándolas si acaso tan sólo unos monitores para ayudarles a adaptarse.

Hay que hacer notar también que en la adaptación a la cautividad in-

fluyen sobremanera la edad de los individuos y el estado fisiológico de los mismos, en especial la maduración sexual.

Para la población de un acuario debe estudiarse muy bien cuál sea la época de reproducción de las especies que deseemos capturar. La época de freza y los momentos inmediatamente anterior y posterior a la misma son los peores porque, evidentemente, el momento fisiológico del animal

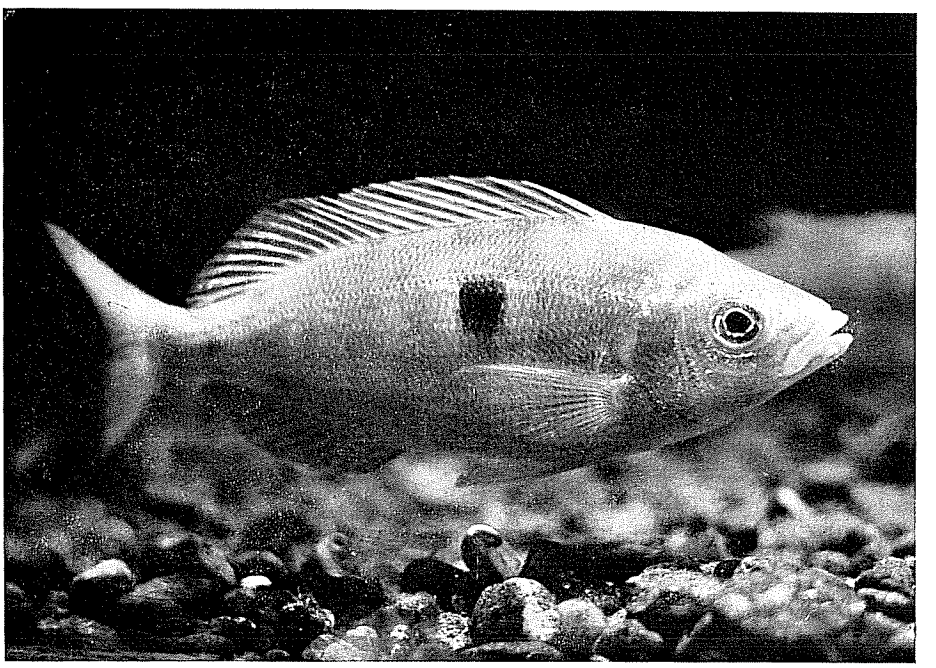

Fig. 16. — Chucla *(Spicara chryselis)* mostrando su librea normal, durante el reposo sexual.

es malo para someterlo a manipulaciones, se encuentra en las máximas exigencias de temperatura, salinidad, oxigenación, etc. lo cual le resta posibilidades de adaptación, ello aparte de la mayor facilidad de que se produzcan traumas internos por golpes, tanto más fáciles cuanto más avanzada esté la maduración.

Veamos un ejemplo capaz de ilustrar lo que antecede. La chucla *(Spicara chryselis)* es un animal de fácil adaptación a la cautividad, en cuyas condiciones adquiere su librea nupcial, y fabrica sus nidos en el fondo con toda normalidad. Procediendo adecuadamente casi todas sobreviven a la captura y transporte pero si las capturamos cuando presentan en libertad su

librea nupcial bien desarrollada, el número de bajas, aún en una especie tan resistente, aumenta considerablemente.

Estos criterios pueden servir también cuando se trata de adquirir especies de un expendedor, hay que considerar muy a fondo antes de admitirlas la época de freza natural de la especie y si los ejemplares están en las condiciones idóneas de reposo sexual para que los riesgos sean mínimos. Muchas veces al adquirir especies vivíparas, se nos ofrecen hembras a través de cuyo cuerpo transparenta la repleción de los órganos reproductores, bajo el señuelo de que pronto nacerán los pequeños. Son las que están en condiciones más difíciles y su adquisición debe evitarse, el esfuerzo al capturarlas, el transporte y evidentemente el shock que representa la llegada al nuevo acuario, pueden ser fatales para la madre y para la descendencia. A veces todo ello es causa de expulsiones prematuras que pueden comprometer seriamente los resultados.

Todo cuanto acabamos de enunciar hasta aquí, aparece como idóneo para conseguir luego una larga permanencia en cautividad, pero es éste un período sobre el cual es difícil opinar.

Depende en primer lugar de la longevidad natural de la especie, por lo tanto en ello juega un gran papel el momento de la vida del animal, en que lo hayamos adquirido. Los ejemplares viejos, con largas permanencias en cautividad estarán sin duda mucho mejor adaptados, pero en cambio estarán más cerca del fin natural de su vida, tendrán menos vigor reproductor y por otra parte al mudarlos de acuario pueden sufrir más fácilmente un shock. Los más jóvenes por simple lógica, si bien tienen mayor capacidad de adaptación, están sujetos a una más elevada selección natural por diferentes causas, algunas individuales, totalmente ajenas a los cuidados que se les prodiguen, por tanto, los más aptos parecen ser los animales de edad intermedia, y en reposo sexual, ya que han superado las primeras fases más difíciles, tienen todavía buena parte de su vida por delante, y mantienen vigor suficiente para una buena adaptación al nuevo acuario y posterior reproducción.

De aquí pues, la gran importancia de conocer todos estos extremos si se quiere proceder adecuadamente, evitando sorpresas desagradables.

ACUARIOLOGÍA PRÁCTICA

Los modernos conocimientos de la Biología de los seres acuáticos y la aplicación de los conceptos de la Ecología y Etología han hecho de la Acuariología una verdadera ciencia en la cual hallan aplicación y a la que la moderna tecnología presta un decidido apoyo, resolviendo los problemas

del automatismo, la corrosión de los materiales, la eliminación de sustancias tóxicas y muchos más.

Condiciones generales

El agua, soporte de toda la vida acuática, como ya hemos indicado debe reunir las condiciones adecuadas de temperatura, oxigenación, salinidad y pH exigidas por los seres que se deseen mantener, así pues toda la actividad se ha de encaminar a resolver los problemas planteados a fin de hallar soluciones adecuadas que permitan obtener aguas en buenas condiciones.

Tengamos en cuenta que el sistema de funcionamiento de toda instalación (circuito abierto, semiabierto o cerrado) agrava algunos de estos problemas de manera que, a lo largo de nuestra exposición iremos constantemente comparándolos entre sí. No cabe duda que el circuito abierto permite una entrada continua de agua en condiciones naturales, pero los otros dos (semiabierto y cerrado) debidamente organizados y controlados pueden suplirlo perfectamente y aún evitar sus inconvenientes según veremos a continuación.

Habitualmente la toma de agua se hace en los acuarios directamente del mar, ríos o lagos, ya sea de forma continua (circuito abierto) o periódicamente, estando próximos los períodos de toma de agua (circuito semicerrado) o muy distanciados (circuito cerrado). En los dos últimos casos puede elegirse el momento de la toma de manera que coincida con un período de aguas tranquilas y en condiciones adecuadas, pero en el primero, al ser continuo el flujo, cuando las aguas se revuelven, enfrían, calientan o ensucian, los inconvenientes que tales hechos plantean se trasladan de inmediato al acuario sin que sus moradores puedan, en razón de la cautividad, adoptar las medidas que en libertad les permitirían escapar de tales inconvenientes, viéndose así obligados a vivir en un ambiente que puede llegar a ser peligroso para su supervivencia.

El agua de pozo

Al proyectar un acuario, todos estos problemas aparecen candentes en relación con la ubicación del mismo y muy especialmente si existe polución, éste es el caso del Acuario del I.I.P. en Barcelona que tomaremos como ejemplo, en el que la proximidad del puerto suponía un serio inconveniente sin contar la proximidad de las cloacas de la ciudad (sometidas hoy a depuración sólo en parte) y la vecindad de los ríos Besós y Llo-

bregat que, en momentos de grandes avenidas, dejan sentir notablemente su influencia en la zona. La toma de agua lejos de la costa, haciendo la correspondiente conducción submarina iba a ser costosa y difícil de mantener libre de incrustaciones que la inutilizasen, por ello y debido a la peculiar configuración de la playa, aparecía claramente una nueva posibilidad, el pozo.

Consideramos que nuestra aportación a la obtención de agua para acuarios en circuito abierto supone, en este sentido, una verdadera solución por cuanto el agua proveniente de pozos, convenientemente tratada según veremos a continuación no sólo resuelve los problemas enunciados al principio de este capítulo sino que, en determinados momentos, mejora las condiciones de la misma en relación con la tomada directamente.

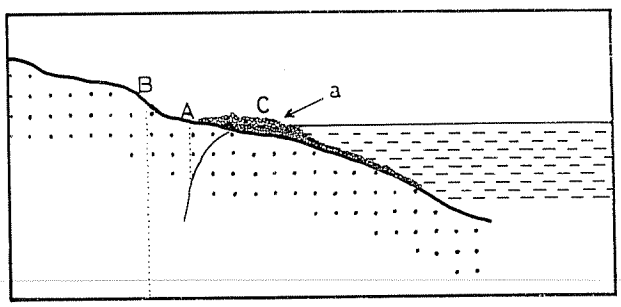

Fig. 17. — Penetración teórica del agua de mar. Un pozo construido en C, sobre las arenas aportadas (a), tiene las máximas posibilidades de aporte de aguas con una salinidad casi igual a la del mar.

Al proyectar un pozo deben tenerse muy en cuenta las aguas dulces subálveas que puedan reducir la salinidad. La curva teórica de penetración del agua de mar en el zócalo de los continentes puede considerarse como una rama de parábola, si bien la naturaleza de los materiales y la configuración geológica pueden hacerla variar notablemente. Un pozo construido en A (fig. 17) empezará dando agua dulce, al profundizarlo dará agua salobre y finalmente bastante salada, pero, a una salinidad que, siendo menor que la del mar, no podrá en ocasiones llegar a ser suficiente para los seres marinos. Un pozo construido en B dará agua dulce en mayor o menor cantidad, pero nunca salobre o salada. Construido en C podrá dar agua salobre de entrada pero al profundizar la salinidad irá en aumento pudiendo llegar a ser casi la del mar, siempre que no rebasemos la capa de arenas aportadas (a).

Si las paredes de los pozos A y C son impermeables, de forma que el

agua sólo pueda entrar por el fondo, el agua salada obtenida podrá reunir las condiciones deseadas.

Nuestras experiencias efectuadas en San Feliu de Guixols donde las surgencias de agua dulce hacen bajar la salinidad del agua de la orilla, en la playa del puerto, hasta un 25 ‰ y en Villanueva y Geltrú, confirman lo antes enunciado. En el primer caso un pozo construido a 2 m de distancia de la línea de aguas tranquilas dio agua salobre desde un principio, al ir profundizando la salinidad primeramente no aumentó hasta que, atravesada la capa freática, empezó a subir rápida y progresivamente para alcanzar los 36 ‰ a 9,5 m de profundidad, dándose por terminada la penetración. En el caso de Villanueva y Geltrú sucedió algo parecido, pero debido a que el pozo estaba bastante más lejos de la orilla para obtener agua de 36 ‰ de salinidad, fue necesario profundizar hasta 11,5 m. Debemos hacer notar que en ambos casos las muestras de los materiales atravesados fueron siempre arenas y que los pozos son de tipo «artesiano», es decir, un tubo de acero inoxidable de 10 cm de diámetro interior con numerosas perforaciones laterales en el extremo inferior (a lo largo de 50 cm), toda vez que éste termina en punta a fin de poderlo hincar por golpeteo. Introduciendo en el interior de este tubo, que constituye la pared del pozo, y hasta casi el fondo, el de aspiración de la bomba hemos podido obtener caudales considerables (hasta 7000 l/h) lo que permite mantener una instalación de cierta importancia.

El caso más favorable que puede presentarse en la obtención de agua de un pozo es cuando éste puede ser construido en una playa cuyas arenas hayan sido aportadas a lo largo de años por las corrientes costeras, por cuanto la influencia de las aguas subálveas será mucho menor.

La playa de la Barceloneta en Barcelona, ha sido aportada a lo largo de los años por las corrientes marinas al socaire de la escollera de protección del puerto. Así pues, el zócalo continental está bastante profundo por lo que las aguas subálveas no llegan al nivel donde termina nuestro pozo. Además, la ciudad con sus calles pavimentadas y los correspondientes desagües constituye, bajo este aspecto, una enorme zona en la que hay muy poca posibilidad de filtración de las aguas de lluvia, las cuales al deslizarse hacia el mar por las vías naturales harían subir sin duda el nivel freático. Llegado el momento de estudiar la solución pozo para un Acuario, lo primero a efectuar son una serie de catas en la playa (por el sistema de pozo artesiano antes expuesto) para obtener información en cuanto a materiales (grano de las arenas) y salinidad.

El primer problema a resolver es, en toda instalación de importancia, el del caudal. Los acuarios grandes si han de funcionar en circuito abierto

necesitan disponer de grandes caudales por lo que el sistema de tubos de poco diámetro no sirve. Nuestra aportación en este terreno estriba en la solución dada.

Unos grandes cilindros de hormigón armado de tres metros de diámetro interior con paredes de 30 cm de espesor, pueden construirse sobre la propia arena de la playa. Vaciando la arena del interior, los cilindros que se construyen a medida que se hunden, van clavándose por su propio peso en la arena hasta una profundidad adecuada según puede deducirse de los controles de salinidad. Téngase en cuenta que, como las paredes son totalmente impermeables, la entrada del agua sólo es posible por el fondo y por una superficie de penetración (en este caso) de 7 m^2. Ello supone, poniendo a trabajar un equipo de bombeo de 70 000 l/h, por ejemplo, un flujo medio de un litro por centímetro cuadrado y hora, lo que equivale a una velocidad de circulación del agua (suponiendo la entrada uniforme) de 2,77 mm/seg. Velocidades de circulación tan bajas suponen un mínimo arrastre de arenas aún teniendo en cuenta la soliflusión, pero para impedir que la arena se levante del fondo esponjándose y facilitando la colmatación del pozo, pueden arrojarse en el mismo grandes piedras (de 15 a 20 cm de diámetro) formando un lecho continua de unos 20 cm de espesor.

Como dato de interés podemos añadir que un pozo de este tipo construido para el Acuario de Barcelona, en los 7 años que lleva funcionando, el nivel del fondo ha ascendido escasamente 20 cm.

Si tenemos en cuenta que la toma de agua se efectúa a 1,5 m bajo la superficie, y que la altura de agua es de 4 m, aun suponiendo una colmatación uniforme del pozo, veremos que para llegar al nivel de la toma de agua la arena necesitaría que transcurriesen 105 años. No parece lógico hacer previsiones para más largo tiempo.

Resuelto el problema de la obtención de caudales suficientes de agua mediante la construcción de pozos, pasaremos a considerar las condiciones del agua en sí, puesto que nada habríamos conseguido si no reunía las condiciones necesarias para mantener a los seres marinos.

Salinidad del pozo

Según hemos ido haciendo notar en el apartado anterior, la salinidad del agua de los pozos que hemos obtenido nunca ha sido la del mar sino algo menor (36,8 ‰ como máximo). Es evidente que aun sin entrar en contacto con corrientes subálveas la inevitable filtración de las aguas de lluvia a través de la arena en los alrededores del pozo es la responsable de esta

disminución, el agua dulce queda embebida formando una ligera capa superior que poco a poco va siendo absorvida.

Análisis de salinidad efectuados periódicamente en los pozos del Acuario de Barcelona, donde las oscilaciones máximas registradas han sido entre 35,5 y 36,8 ‰, demuestran esta afirmación. La salinidad durante los períodos en que las lluvias escasean va ascendiendo muy lentamente (las lluvias de poca importancia no producen variación alguna) hasta estabilizarse en un máximo. Después de 48-60 horas de lluvias intensas la salinidad empieza a descender lentamente, dependiendo de la cantidad total de agua caída el que se acerque más o menos al límite inferior indicado. Al cesar las lluvias se detiene el descenso invirtiéndose el signo al cabo de unos días (de 3 a 6). El estado del mar influye notablemente en las variaciones de salinidad de los pozos. Los temporales, aun cuando vayan acompañados de lluvias, lejos de perjudicar la salinidad la favorecen, por cuanto las olas al resbalar sobre la playa hasta mucho más adentro de la línea normal de aguas tranquilas, acercan el mar al pozo y van arrojando sobre el agua de lluvia filtrada a través de la arena, gran cantidad de agua de mar con lo que en primer lugar el nivel freático se eleva temporalmente y en segundo el agua dulce adquiere cierta cantidad de sal, cosa que luego se traduce en un aumento de salinidad del agua del pozo (hasta 36,6-36,8 ‰) niveles más parecidos a los del mar. Así pues, los pozos pueden representar una excelente solución para los acuarios en circuito abierto, mucho más favorable que la toma directa del mar, ya que aunque sus aguas se enturbien, las del pozo continúan siendo transparentes.

Oxigenación del agua de pozo

Otra de las condiciones que debe reunir el agua es tener en disolución cantidad suficiente de oxígeno para asegurar la respiración de los seres vivos. Evidentemente el hecho de atravesar grandes espesores de arena hace que el contenido en oxígeno del agua disminuya de manera notable, pudiendo llegar hasta el 2,5 % del que podría contener estando saturada a la temperatura correspondiente. Enviar agua al tanque donde habitan los seres acuáticos (aun en el supuesto de que se inyecte aire en él) con tan bajos niveles de oxígeno, resulta forzosamente fatal por cuanto sólo se oxigena la capa cercana a los puntos de difusión del aire, quedando el resto mal ventilado, en particular la zona próxima a las entradas de agua, según hemos hecho notar al principio de esta obra. Se impone pues saturar de oxígeno el agua, antes de enviarla a los tanques que contienen vida animal. Por esta razón y por el deseo de evitar el burbujeo en los tanques de

exhibición, a fin de mantener al máximo la naturalidad de la ambientación, puede aplicarse un sistema de oxigenación (ARTÉ, 1960) que se ha demostrado sumamente eficaz en la saturación del agua en oxígeno a la par que económico, por cuanto se utiliza la gravedad. Es evidente que el insuflar aire a presión convenientemente pulverizado cumpliría igual misión, pero ello comporta el gasto continuado de electricidad y el peligro de discontinuidad en el suministro de fluido eléctrico sin contar las posibles averías de la maquinaria. Nuestro sistema tiene, además, la ventaja de servir para decantar las arenas que puedan haber sido arrastradas desde los pozos por el flujo de agua, lo cual es tanto más importante cuanto menor es el diámetro del pozo y cuanto más hacia el fondo del mismo se coloca la toma de agua del sistema de bombeo.

Un tanque de 100 m^3 dividido en 4 compartimentos respectivamente de 10, 15, 25 y 50 m^3 (ARTÉ, 1960, vol. B, fig. 1) recibe el agua en el más pequeño por una toma que la lleva al fondo, juntamente con las burbujas que se forman al caer con fuerza desde la salida de la tubería de entrada. En cada compartimento el nivel es unos 20 cm más alto que en el siguiente. El agua pasa de un compartimento a otro a través de un tubo que desciende hasta unos 40 cm del fondo. La pequeña cascada que se forma en el interior del tubo produce abundantes burbujas de aire las cuales se mezclan con el agua y arrastradas por la corriente formada tienden a bajar mientras que, por su ligereza, tienden a subir. Así el aire es mantenido en contacto con el agua durante largo tiempo, lo cual favorece la disolución del oxígeno. Por otra parte, las burbujas que salen por la boca inferior del tubo suben rápidamente a la superficie produciendo una remoción de toda la masa de agua que favorece todavía más la oxigenación a la par que la mezclan, uniformizando así toda la masa.

Teniendo en cuenta que los pasos de un compartimento a otro están alternativamente a derecha e izquierda (ARTÉ, 1960, vol. B, fig. 2) el agua forzada (según vimos) a desplazarse de arriba abajo, debe además circular de derecha a izquierda lo que aumenta la distancia a recorrer entre la entrada al depósito y su salida, permitiendo además de la oxigenación la decantación de las arenas.

Por otra parte, en función del volumen cada vez mayor de los compartimentos, las arenas, arrastradas a diferente velocidad, van cayendo al fondo empezando por las más gruesas.

Con tal dispositivo hemos conseguido oxigenar (sin gasto alguno) hasta casi la saturación en relación con la cantidad de oxígeno que necesitaría para estar saturada a la temperatura correspondiente, un agua que originariamente sólo contenía el 2,5 % de oxígeno, con la ventaja de que la

ventilación ha resultado uniforme en toda la masa de agua que además ha quedado libre de arena.

Este dispositivo constituye una novedad en el sistema de ventilación del agua de los acuarios, tanto de exhibición como de experimentación o industriales ya que es aplicable a todos con sólo tener en cuenta las dimensiones.

Temperatura del agua de pozo

Una vez obtenida agua en cantidad suficiente con una salinidad y contenido en oxígeno adecuados, debemos considerar la temperatura. Las variaciones bruscas de temperatura son sumamente perjudiciales para los animales acuáticos, pero además aunque dichas variaciones se produzcan lentamente, a partir de cierto punto pueden serlo también. En condiciones naturales los seres vivos buscan las zonas que les son favorables, cosa que no pueden hacer en cautividad, viéndose así obligados a vivir a veces en condiciones francamente desfavorables.

Las tomas directas de agua deben pues estar a profundidad suficiente para amortiguar en lo posible las variaciones naturales de temperatura en relación con la estación del año, con todo, tanto si la boca de entrada está profunda, cerca de la costa, lo cual sólo es posible en las cercanías de los acantilados, como si está lejos, en las costas bajas, de ninguna manera puede evitarse el que corrientes marinas introduzcan aguas de temperatura a veces con una diferencia de algunos grados en más o en menos que la del acuario, de forma brusca.

La toma de agua de pozo tiene la gran ventaja de que la arena circundante efectúa una notable regulación de la temperatura, evitando no sólo la posibilidad de cambios bruscos sino que, además, las temperaturas extremas no son tan grandes como en el mar. Bien es verdad que las estaciones empiezan y terminan con un cierto desfase por el retraso de la arena en calentarse o enfriarse en profundidad, pero ello no supone inconveniente alguno, antes al contrario, ya que de esta manera las oscilaciones anuales presentan una variación de muy pocos grados. Los controles de temperatura efectuados en el Acuario de Barcelona, dan mínimas invernales de 14-15°C y máximas estivales de 20-21°C. Otra ventaja en favor de la toma de agua de pozos adecuados, evitando de esta manera para las faunas indígenas el tener que recurrir a la regulación de las temperaturas por otros medios.

Filtrado a gran escala

Las funciones vitales, según indicamos, dan lugar a la formación de productos de deshecho que confieren al agua una cierta toxicidad. En circuito abierto tales productos carecen de valor por cuanto la circulación ininterrumpida los va eliminando, evitando que se alcancen niveles peligrosos; en los circuitos semicerrados merecen ya alguna consideración, razón por la que se necesita establecer una filtración. En los circuitos cerrados si no son eliminados acaban por intoxicar a los animales. En este caso, el agua debe ser escrupulosamente filtrada para que se mantenga en buenas condiciones.

Los filtros clásicos de arena resuelven el problema de los materiales en suspensión pero de ninguna manera el de las sustancias disueltas que deben ser eliminadas por floculación (sistema complejo) o por adsorción mediante carbón activo, método fácil y de excelentes resultados. En nuestras experiencias hemos utilizado siempre el segundo sistema con resultados plenamente satisfactorios manteniendo unas proporciones que han demostrado ser suficientes: 2 cm^2 de filtro por cada litro de agua contenida en la instalación y una circulación diaria de 4 volúmenes, lo que equivale a una filtración diaria de agua igual a una columna de 100 cm de altura por cada cm^2 de superficie. Traducido en velocidades de circulación, ésta viene a ser de 0,7 mm/minuto. Teniendo en cuenta que las capas filtrantes tanto las de arena como las de carbón activo deben tener unos 8 cm de espesor el agua avanza muy lentamente a través del filtro y permanece en contacto, durante mucho tiempo, con el carbón activo con lo que la adsorción de metabolitos es total. Es indispensable tener en cuenta, al construir el filtro, que éste debe trabajar siempre anegado, no en escorrentía para que el contacto del agua con los materiales adsorventes sea realmente efectivo. Mientras los filtros son capaces de permitir el paso de los volúmenes necesarios de agua, pueden considerarse como satisfactorios. Estableciendo proporciones después de comparar los resultados experimentales, hemos llegado a construir la gráfica de la fig. 18 en la que se relacionan, para filtros de las características antes citadas, la superficie de los mismos en cm^2, el volumen total de agua habitada (no consideramos el agua de reserva ni la del depósito de gravedad) y el número de veces que el volumen total de agua habitada circula por la instalación, llegamos a establecer la siguiente fórmula:

$$S = \frac{v \cdot 10}{n + 1}$$

S es la superficie del filtro en cm^2; v el volumen total del agua habitada expresado en litros y n el número de veces que dicho volumen de agua circula en las 24 horas.

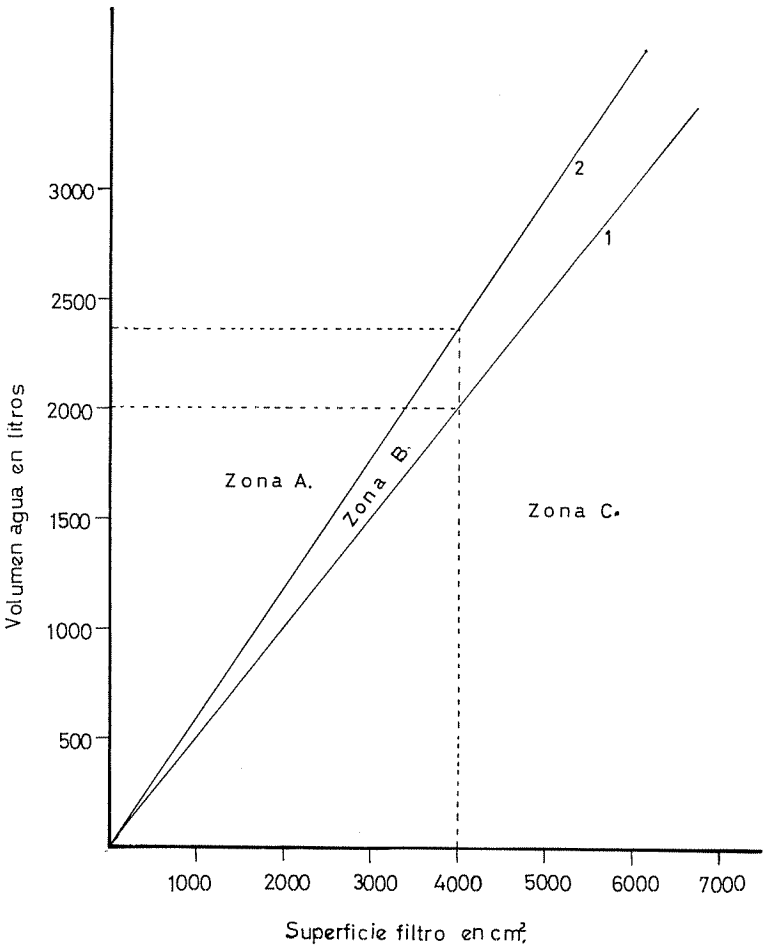

Fig. 18. — Relación entre los volúmenes de agua de un acuario en circuito cerrado y la superficie de filtración necesaria.

Téngase en cuenta que para el buen funcionamiento de una instalación, n no puede ser inferior a 4 de manera que la fórmula anterior nos permite conocer el estado de funcionamiento del filtro toda vez que:

$$n + 1 = \frac{v \cdot 10}{S}; \qquad n = \frac{v \cdot 10}{S} - 1$$

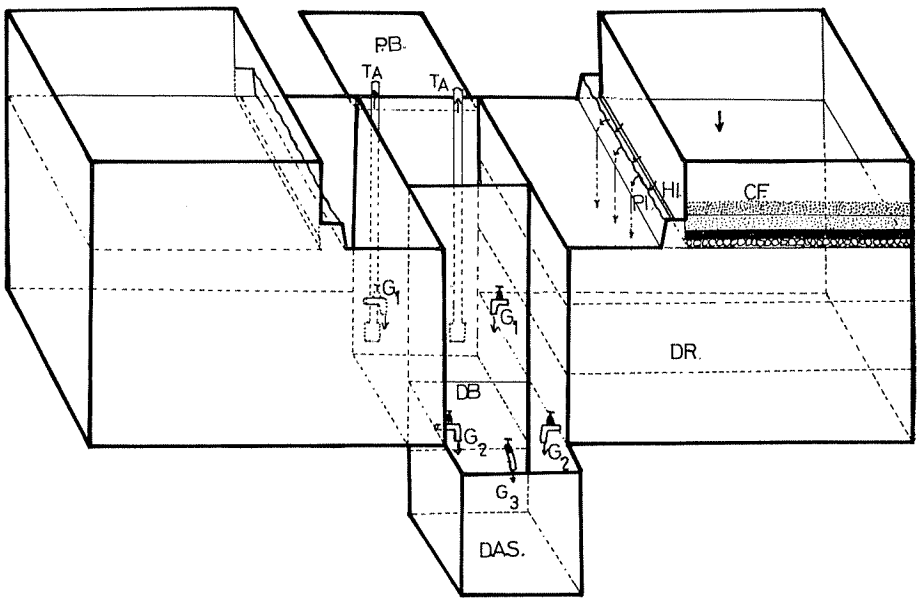

Fig. 19. — Esquema de un equipo doble de filtración, para trabajo en continuo.

de esta manera, aforando el volumen de agua que escurre del filtro, en todo momento podemos saber el estado de taponamiento del mismo, y cuando *n* sea inferior a 4, debe renovarse.

En la gráfica de la fig. 18, partiendo de un determinado volumen de agua (2000 l), expresado en litros (eje vertical) la incidencia de su perpendicular sobre la recta 1 nos remite, trazando la paralela al eje vertical sobre este punto, al eje horizontal (4000 cm^2) donde encontramos la superficie de filtro necesaria.

La paralela bajada desde la incidencia sobre la línea 2, nos indica que esta superficie de filtración puede servir como máximo para 2400 l de agua. Consideramos pues que la tolerancia es de un 10 %.

Por el contrario, si deseamos saber si el filtro de que disponemos es suficiente para el volumen de agua que tenemos, levantando las perpendiculares correspondientes, si se cruzan en la zona A, es insuficiente, si en la zona B, es tolerable, si en la zona C está sobrado, lo cual si es en mucho también puede ser perjudicial.

Una vez filtrada, el agua pasará al depósito de reserva para ser reciclada. Es del mayor interés que durante los pasos sucesivos el agua vaya

oxigenándose por lo cual siempre circulará en cascada o en «cortina», es decir, deslizándose sobre una superficie en capas finas.

Un filtro bien concebido debe constar de dos unidades que puedan funcionar simultáneamente o en relevo, a fin de que exista la posibilidad de renovar una mientras la otra mantiene el servicio. En el Acuario de Valencia (fig. 19) hemos puesto a punto un dispositivo de filtrado que cumple todos los requisitos que acabamos de enumerar, el cual describiremos a continuación: consta de dos depósitos gemelos sobre cada uno de los cuales se encuentra el filtro, al cual llega el agua según se muestra en el detalle de la fig. 20, cayendo en forma de lluvia por los múltiples orificios del distribuidor (D). El agua (fig. 19) pasa a través de las capas filtrantes (C.F.) saliendo por la hendidura inferior (H.I.), rebosa por la parte supe-

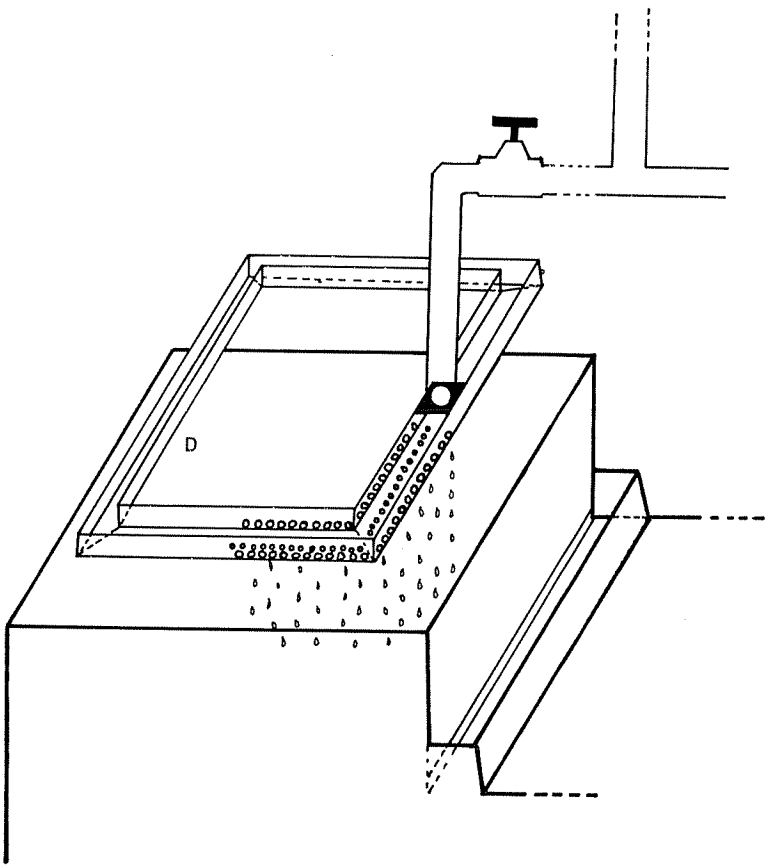

Fig. 20. — Detalle del distribuidor de agua (D) sobre el filtro.

rior del plano inclinado (P.I.) y cae luego en cortina al depósito de reserva (D.R.) del cual a través del grifo G_1 pasa al depósito de bombeo (D.B.).

Los grifos G_2 y G_3 sirven para el vaciado total del depósito de reserva y del depósito de bombeo, respectivamente, en caso de limpieza. Todos ellos vierten el agua al depósito de aguas sucias (D.A.S.) cuyo contenido es enviado a la cloaca cuando conviene.

De esta manera se consigue mantener constantemente en servicio la instalación, sin que la limpieza de los filtros obligue a interrumpir la filtración.

En el depósito de bombeo se introducen los tubos de aspiración (T.A.) de las bombas que reciclan el agua y que se encuentran sobre la plataforma P.B.

Vemos pues que, en realidad, el sistema ideal de toma de agua, para las instalaciones en circuito abierto es el de pozos, cuando su construcción es posible, puesto que proporcionando un agua limpia y en cantidad, permiten independizar las instalaciones del mar pudiendo seguir, haya o no tormenta, obteniéndose agua adecuada. Eliminan además los problemas de las incrustaciones en las tuberías y las temperaturas estacionales extremas, siempre peligrosas.

Acuarios de experimentación

La posibilidad de efectuar experiencias con animales marinos aun en centros alejados de la costa se ha visto mermada siempre por las naturales dificultades, no sólo del transporte de las capturas a los centros de trabajo, sino por las propias que la adaptación de cada especie trae consigo debido a las características del biotopo en que vive comparado con el artificial creado.

Son muchos los autores que han dedicado su atención a este problema (BLANC y PLESSIS, 1951; COUTANT, 1960; DAVENPORT y JOICE, 1960; FAHY, 1964; GARNAUD, 1960; KELLEY y MORENO, 1960; VEILLET, 1960), por sólo citar algunos y todos han llegado a definir modelos más o menos adecuados a sus necesidades.

Realmente es difícil que, dada la diversidad de biotopos, un acuario experimental pueda servir, sin efectuar ninguna modificación, para animales diversos, no ya tenidos conjuntamente (salvando incompatibilidades) sino incluso por separado. Existen una serie de condiciones (salinidad, oxige-

nación, temperatura) que a lo largo de unas mismas experiencias es conveniente mantener dentro de unos límites precisos, mientras que otras (alimentación, naturaleza del fondo, etc.) variarán de acuerdo con la especie sometida a estudio.

Resueltos los problemas que presenta la captura, el transporte y la manipulación de las especies estudiadas presentamos a continuación un modelo de acuario experimental que permite, con un mínimo de cuidados, a los investigadores del interior, trabajar con animales marinos.

Es cierto que las variaciones rápidas del medio afectan más a los seres cautivos que las lentas, por tanto todo acuario experimental en circuito cerrado necesita una vigilancia atenta de sus variaciones para corregirlas a tiempo, esto es insoslayable y por bien que funcione una instalación, el control ya sea personal o automático es indispensable. Hacemos esta observación para descartar la posibilidad de confusiones, nuestro acuario modelo es seguro en cuanto a su funcionamiento y las numerosas pruebas efectuadas nos han demostrado las grandes posibilidades que tiene si se le condiciona y gradúa convenientemente, exigiendo un mínimo de vigilancia y ello se debe fundamentalmente a que el diseño permite evitar no sólo las variaciones dentro los límites de tolerancia de las especies (con lo cual los animales si bien continúan viviendo no reaccionan como en condiciones naturales) sino que prácticamente no se producen variaciones, salvo las que la reducción de espacio comporta.

La fig. 21 muestra el modelo de acuario al que hemos llegado después de diversos ensayos. Su funcionamiento es totalmente automático y en él se han eliminado los peligros de pérdida de agua en caso de avería, así como que los moradores queden en seco.

Un acuario de cristal de 450 litros reposa sobre una base de ladrillo hueco aislante, sirviendo a la vez de tapa de la misma. En la base se aloja un depósito de reserva conteniendo como mínimo las tres cuartas partes del agua del acuario. Dicho depósito, en caso de ser posible, puede estar por debajo del nivel del suelo, lo cual resulta muy adecuado para evitar cambios de temperatura toda vez que la de la tierra varía mucho más lentamente que la del aire.

La bomba B eleva el agua al tanque experimental, estando controlado su funcionamiento por el relé R que la para en el momento adecuado. El agua es aspirada del tanque mediante un tubo que sifona y la conduce al filtro F en el cual cae en forma de lluvia. Después de filtrada sale por el orificio de la bandeja inferior y vuelve al tanque de reserva.

Supuesto que por un fallo de la bomba B ésta no parase, el agua saldría por el rebosadero de seguridad S y volvería al depósito de reserva, aunque

sin pasar por el filtro que no obstante seguiría filtrando el flujo normal. Suponiendo que la bomba no se pusiera en marcha, para evitar el vaciado excesivo del acuario, en el tubo del sifón debe existir un pequeño agujero que al llegar el agua a su nivel permita la entrada de aire descebándolo.

Es cuestión de graduar el relé de manera que la puesta en marcha y el paro se efectúen en el momento en que los niveles de agua son los adecuados para que la circulación de agua se mantenga indefinidamente.

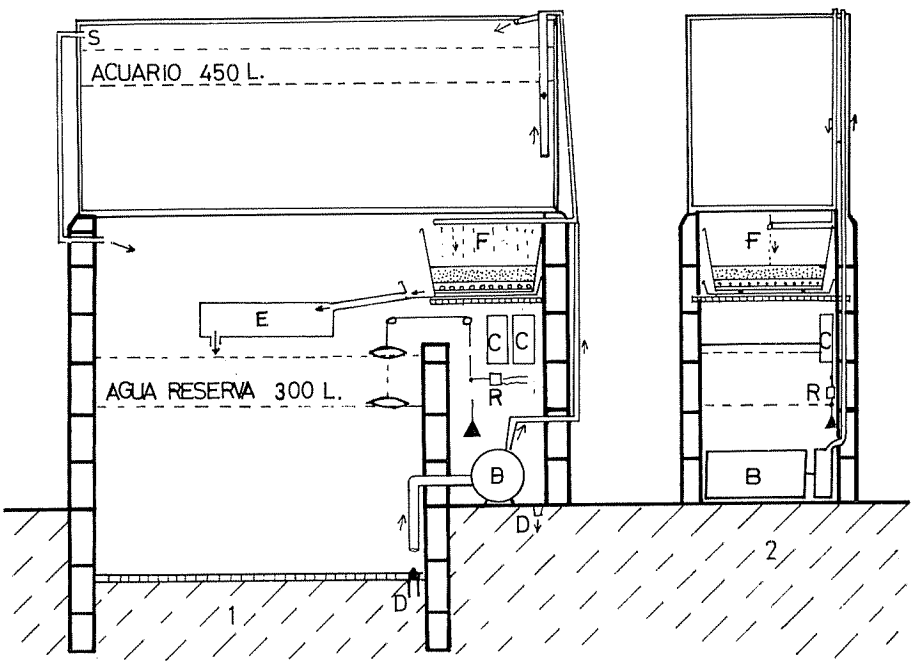

Fig. 21. — Esquema del acuario experimental automático. 1 = sección longitudinal; 2 = sección transversal.

Garantizado el flujo del agua, en todo acuario experimental de circuito cerrado debe prestarse gran atención a las variaciones de salinidad, oxigenación y temperatura, dado el pequeño volumen.

El mejor medio de mantener la salinidad a niveles adecuados es evitando la evaporación, toda vez que la adición de agua, aunque sea destilada, plantea siempre la posibilidad de añadir elementos extraños por una parte y de que las dos clases de agua no se mezclen suficientemente, variando la salinidad de forma irregular dentro de la masa de agua. Es evidente que la evaporación no puede evitarse totalmente por lo que la adición de agua

destilada es indispensable. Los mejores resultados se han obtenido añadiéndola a la salida del filtro y de manera continua gota a gota. La experiencia nos demostrará en cada caso la cantidad de agua que se pierde por evaporación en un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta la temperatura ambiental, el número de veces que hay que destapar el tanque, las salpicaduras de los oxigenadores, etc. La adición de la cantidad de agua destilada igual a la evaporada deberá hacerse a lo largo de igual período de tiempo. En el depósito de reserva (300 litros) puede introducirse un burbujeo de aire, conectado alternativamente con un ozonizador, o bien puede intercalarse un dispositivo de esterilización (por ozono o por rayos ultravioletas) entre la salida de la bandeja del filtro y dicho depósito (fig. 21 E).

No hay que pensar que para experiencias con animales de agua dulce varía el enfoque del problema, también este agua se evapora y la adición de más, hace variar la cantidad de sales disueltas que pueden falsear los resultados. Además el control del agua de mar por medio de la salinidad es fácil, en cambio el control de muchas sales en el agua dulce no lo es, de forma que en estos casos lo mejor es considerar las disminuciones de volumen y suplirlas mediante aportes de agua destilada según las normas indicadas.

Este tipo de acuario, si bien no es muy apto para exhibición, resulta también muy adecuado para aficionados que dispongan de espacio donde instalarlo.

Oxigenación por burbujeo de aire a escala industrial

Toda agua mantenida en un circuito cerrado debe ser vigilada cuidadosamente en cuanto al contenido de oxígeno se refiere. Cualquier descenso del nivel de oxígeno, puede dar lugar a la proliferación de una flora bacteriana capaz de alterar profundamente el equilibrio del acuario. El nivel de oxígeno debe estar constantemente a saturación.

Al montar un acuario experimental o industrial debe tenerse muy en cuenta el número de difusores de aire necesarios para la perfecta ventilación de toda la masa de agua, lo cual significa que dichos dispositivos deben alojarse tanto en el acuario en sí como en el depósito de reserva.

El consumo de oxígeno que llevan a cabo los seres mantenidos en el acuario no debe hacer descender el contenido del mismo por debajo del nivel de saturación. Ello nos lleva a la consideración de la cantidad de individuos que pueden tenerse en un determinado volumen de agua, ya que la velocidad de difusión del oxígeno puede no llegar a ser suficiente para

ventilarla si el consumo, debido al gran número de individuos presentes, es exagerado. Debe trabajarse siempre con amplios márgenes de seguridad para tener la certeza de que se llegará a buen término.

Los trabajos efectuados no se han encaminado al conocimiento de las cantidades de oxígeno necesarias a tal o cual especie para su mejor supervivencia sino que, deseando mantener simultáneamente un conjunto de fauna, hemos procurado determinar unas condiciones generales de la instalación que garanticen márgenes suficientemente amplios, teniendo en cuenta las diferencias de criterio que forzosamente impone el hecho de que los tanques que albergan los animales estén destinados a la exhibición o sean de tipo experimental o industrial.

En los tanques destinados a la exhibición la densidad de la población es por lo general baja en relación con el volumen de agua, además recibiendo luz natural siempre se producen cantidades de algas que aseguran tasas, a veces importantes, de oxígeno disuelto. En estas condiciones la renovación de agua en cantidad suficiente por día (mínimo 4 volúmenes) basta para que los animales contenidos tengan a su disposición oxígeno suficiente para la respiración, pero en las instalaciones experimentales e industriales, donde la estética importa menos y en cambio a veces se debe trabajar al máximo rendimiento, especialmente en las segundas, se hace indispensable, so pena de aumentar enormemente los volúmenes de agua circulante, inyectar aire de manera adecuada para que, manteniendo la circulación normal de 4 volúmenes por día, la masa de agua habitada contenga el oxígeno necesario para la respiración de una población, a veces bastante densa.

Ello nos lleva de la mano a la consideración de:

1.º Cantidad de aire que es necesario insuflar en este volumen de agua para mantenerla en condiciones idóneas en relación a las exigencias respiratorias de los animales que habitan en él.

2.º Cantidad de vida animal que puede mantenerse en un determinado volumen de agua.

Nuestras experiencias al respecto nos han llevado a la obtención de ciertas cifras y curvas, un tanto empíricas quizá, pero que tienen como base numerosas experiencias.

Hemos de hacer notar que, además, en toda instalación, al planear las dimensiones de los tanques es necesario considerar si los huéspedes van a ser peces o crustáceos. Para los peces capaces de nadar entre aguas la superficie de la base puede ser menor. Resulta aceptable cualquier depósito en el que la anchura y largura de la base sean respectivamente iguales,

por lo menos, a los 3/4 de la altura, en cambio, para mantener crustáceos, mucho más necesitados de espacio donde aposentarse, los tanques sólo resultan aceptables si la longitud y la anchura de la base varían respectivamente entre una vez y media y el doble de la altura, teniendo en cuenta que con alturas de agua de 50 cm basta.

Si referimos lo dicho al volumen de 1 m^3 de agua, para mantener peces podremos aceptar un tanque cuadrangular que mida 90 × 90 cm de base por 120 o 125 de altura, teniendo en cuenta que alturas mayores de agua aunque pueden admitirse, guardando las debidas proporciones, no son recomendables. En cambio para crustáceos las medidas deberán ser, por ejemplo, 100 × 200 cm de base, es decir, que la longitud de los lados de la base en metros debe oscilar entre una vez y media y el doble del volumen en metros cúbicos, guardando las proporciones necesarias para que con 50 cm de altura de agua se alcance el metro cúbico de referencia.

Considerando pues la posibilidad de variación del número de individuos en peso, así como de las dimensiones del tanque, según que deba albergar peces o crustáceos, hemos construido el cuadro I en el cual se indican las cantidades de aire necesarias en litros teniendo en cuenta, no obstante,

Alt. H_2O/cm	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	4,0	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0	48,0	56,0	64,0	72,0	80,0
90	3,6	7,2	14,4	21,6	28,8	36,0	43,2	50,4	57,6	64,8	72,0
80	3,2	6,4	12,8	19,2	25,6	32,0	38,4	44,8	51,2	57,6	64,0
70	2,8	5,6	11,2	17,6	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8	50,4	56,0
60	2,4	4,8	9,6	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0
50	2,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0
	(3)	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)	(14)	(16)	(18)	(20)	(22)

Sup/m^2

Cuadro I. — Volúmenes de aire necesarios en relación con la superficie de los tanques y la altura del agua en los mismos. El número de difusores, óptimo para cada superficie, aparece entre paréntesis en la fila inferior.

que ello condiciona el número de difusores a distribuir, de manera que queden a intervalos regulares sobre el fondo. En el eje vertical hemos colocado la altura de agua en centímetros y en el horizontal la superficie en metros cuadrados. Los números situados en el punto de intersección indican el número de litros de aire que es necesario hacer circular por minuto. La primera fila horizontal (cuyos números están entre paréntesis) corresponde al número de salidas de aire que es necesario colocar en cada tanque según su superficie y volumen total, de manera que al aumentar la

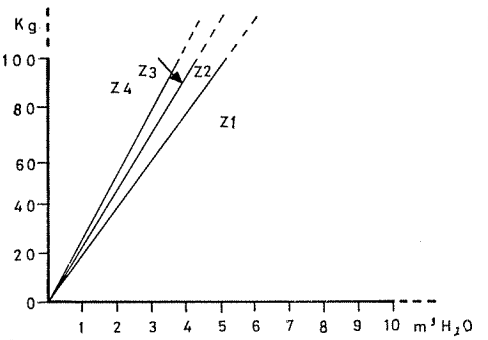

Fig. 22. — Cantidad de crustáceos (en peso) que es posible mantener, en condiciones óptimas, en un determinado volumen de agua.

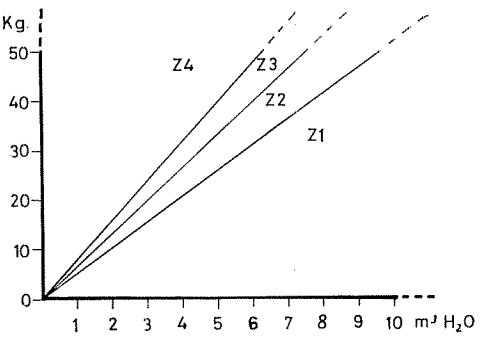

Fig. 23. — Cantidad de peces (en peso) que es posible mantener en condiciones óptimas, en un determinado volumen de agua.

altura del agua, para una misma superficie, lo único que aumentará será el número de litros de aire, no el de puntos de salida. Dicho número corresponde al doble de los metros cuadrados más dos y obedece a una distribución regular, considerada la superficie como de un metro de anchura por la correspondiente longitud. La disposición de los tanques de otra manera permite reducir algo el número de salidas.

Evidentemente pequeñas variaciones son tolerables sin inconveniente alguno.

En cuanto al número de individuos que pueden alojarse, como las diferencias de tamaño introducen variaciones notables, preferimos referirlo a kilogramos de organismos vivos, haciendo las lógicas diferencias según se trate de peces o de crustáceos.

En las gráficas de las figs. 22 y 23 la superficie total aparece dividida en 4 zonas: Z1 es la de trabajo normal, Z2 la de tolerancia, Z3 la de máxima utilización, evidentemente peligrosa y Z4 la de intolerancia.

La primera corresponde a los crustáceos y la segunda a los peces y en ellas se han representado en el eje vertical el número de kilogramos de organismos vivos y en el horizontal los volúmenes de agua de los tanques.

BIBLIOGRAFÍA

ARTÉ, P. — 1960. Sur un système gratuit et simultané d'oxigenation de l'eau et de dècantation des sables. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. B, pp. 127-130.

— 1960. Cuestiones técnicas relacionadas con el mantenimiento de animales en acuario. IV Reunión sobre Productividad y Pesquerías. *Inst. Inv. Pesqueras,* pp. 16-19. Barcelona.

— 1965. Consideraciones sobre el acuario. V Reunión sobre Productividad y Pesquerías. *Inst. Inv. Pesqueras,* pp. 158-160. Barcelona.

— 1966. Captura y mantenimiento en acuario de la caballa *(Scomber scomber)* y el jurel *(Trachurus trachurus). Investigación Pesquera.* T. XXX, pp. 609-612.

BARRIÉTY, L. — 1960. Le circuit ouvert en eau de mer naturelle. *I. Con. Int. d'Acuariologie,* Monaco, vol. B, pp. 1-12.

BLANC, M. et PLESSIS, Y. — 1951. L'aquarium marin du Laboratoire des Pêches Coloniales du Museum. *Bull. Mus. Hist. Nat.,* T. XXIII, n.º 5, pp. 166-180.

BUXTON, A. G. — 1960. The transportation of fish near and far. *I Gon. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. A, pp. 153-163.

COUTANT, R. — 1960. Aquariums d'appartement et de laboratoire. *I. Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. C, pp. 125-128.

DAVENPORT, D. and JOICE, D. K. — 1960. The sea-water system at the University of California, Santa Bárbara. *I. Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. B, pp. 79-82.

DEFRETIN, R. — 1960. Un circuit ouvert alimenté par une pompe immergée. *I. Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. B, pp. 69-78.

DEGUCHI, Y. — 1963. Contribution to the study of Aquarium conditions IV. Titration curve of circulating aquarium. *Bull. Coll. Agr. and Vet. Nipon Univer.,* n.º 17, pp. 33-37.

— 1964. Some Studies on the Quality of Water in Fish rearing Aquarium. (Separata.)

GARNAUD, J. — 1960. Ethologie d'un poisson extraordinaire: *Apogon imberbis. I. Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 51-60.

— 1960. Nourriture et acclimatation des poissons de mer. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. A, pp. 47-52.

— 1960. Détails de finition des bassins de l'aquarium et des bacs de laboratoire. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. C, pp. 39-44.

HERALDT, E. S. et alt. — 1960. Filtration and ultraviolet sterilization of seawater in large closed, and semiclosed aquarium systems. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. B, pp. 49-62.

KELLEY, W. E. and MORENO, D. H. — 1960. A filtering system for individual tanks. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 63-64.

LAFAYE, G. — 1919. Sur les viviers de la Gaule romaine. *Bull. Soc. Ant. de France,* páginas 183-196.

LAMARQUE, P. — 1960. Aplications de la pêche électrique à la récolte d'animaux pour aquariums. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 109-116.

MARGALEF, R. — 1967. El Ecosistema. *Ecología Marina,* pp. 377-*453.* Fundación La Salle. Caracas.

NOURISSON, M. et VEILLET, A. — 1960. Regulation automatique à programme de la tém-

pérature de l'eau d'un aquarium en circuit ouvert. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 121-126.

PERCIER, A. — 1960. L'approvisionnement d'un aquarium marin et les mètodes de pêche commerciale. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. A, pp. 109-120.

— 1960. Espèces marines recommandables en raison de leur résistence. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. A, pp. 1-6.

PLESSIS, Y. — 1951. Description d'une installation d'aquarium marin. *Bull. Mus. Hist. Nat.,* 2 se. T. XXIII, n.º 5, pp. 569-571.

— 1960. Réalisation d'habitats sableux en milieu expérimental. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 61-70.

RUBIÓ, M. — 1955. Artes y Embarcaciones. La Pesca en España, vol. I, Cataluña. *Patronato Juan de la Cierva,* pp. 59-174.

— 1965. Pescas experimentales con nasas. V Reunión sobre Productividad y Pesquerías. *Inst. Inv. Pesqueras,* pp. 116-119.

— 1965. Captura y transporte de peces con destino a acuarios marinos. V. Reunión sobre Productividad y Pesquerías. *Inst. Inv. Pesqueras,* pp. 161-164.

— 1966. Observaciones sobre la alimentación y la ambientación de peces procedentes de pescas comerciales en el acuario de Blanes. *Inv. Pesqueras,* T. XXX, pp. 669-684.

TARDENT, P. — 1960. Keeping Clupeidae, Scombridae and Scomberesocidae in the Naples Aquarium. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. A, pp. 29-34.

VASSEROT, J. — 1961. Caractère hautement spécialisé du régime alimentaire chez les asterides *Echinaster sepositus* et *Henricia sanguinolenta*, predateurs des spongiaires. *Bull. Soc. Zoo. de France,* n.º 86.

VEILLET, A. — 1960. Micro-aquarium à circuit ouvert pour l'observation microscopique et le microcinéma. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 105-108.

— 1960. Résultats d'observation ou expérimentaux obtenus avec deux Crabes des genres *Carcinus* et *Pachygrapsus,* élevés en aquarium marin en circuit fermé. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 83-86.

VERHEIJEN, F. J. — 1956. On a method for collecting and keeping Clupeids for experimental purposes, together with some remarks on fishery with light-sources and a short description of free copulae of the lateral line organ on the trunk of the sardine *Clupea pilchardus. Pub. Sta. Zool.,* Naples, n.º 28, pp. 225-240.

WALNE, P. R. — 1960. Sea-water supply sistem in a shellfish culture laboratory. U.S. Dep. of the Interior Fish and Wildlife Service. Bureau of sport fisheries and wildlife. Research report, n.º 63, pp. 155-159.

WICKLER, W. — 1960. Was ist «normales verhalten» bei Aquarienfischen. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. D, pp. 79-82.

WILSON, D. P. — 1949. Notes from the Plymouth Aquarium. *Jour. Mar. Biol. Assoc. U.K.,* vol. XXIII, n.º 2, October.

— 1953. Notes from the Plymouth Aquarium II. *Jour. Mar. Biol. Assoc. U.K.,* vol. XXXII, número 1.

— 1960. The semi-closed circulation system at the Plymouth Laboratory. *I Con. Int. d'Aquariologie,* Monaco, vol. B, pp. 13-28.

— 1960. The new aquarium and new sea waters systems at the Plymouth Laboratory. *Jour. Mar. Biol. Assoc. U.K.,* n.º 39, pp. 391-412.

WOODHEAD, P. M. J. — 1966. The behaviour of Fish in relation to light in the sea. Ocean and Marine Biology. *Annual Review,* vol. 4.

PUBLICACIONES TÉCNICAS DEL PATRONATO «JUAN DE LA CIERVA»

- LA ESPAÑA DE LOS METALES
  Felipe A. Calvo

LAS PUERTAS DEL FUTURO
M. Calvo Hernando

1. — ANÁLISIS AUTOMÁTICO Y CONTINUO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL MAR
A. Ballester, A. Cruzado, A. Juliá, M. Manríquez y J. Salat

2. — LA ELECTROFORESIS DE DISCO EN LA IDENTIFICACIÓN DE PECES Y DEL GRADO DE FRESCURA DEL PESCADO
E. Arias

3. — ACUARIOLOGÍA
P. Arté

4. — EL INVESTIGADOR CLAVE DEL DESARROLLO. ASPECTOS JURÍDICOS Y SOCIOECONÓMICOS
A. Losada