

INVESTIGACIONES SOBRE EL BENTOS *

Dr. Ricardo O. Bastida **

SERIE II, N° 367

Trabajo presentado a la "Reunión sobre Ciencia y Tecnología del Mar" organizada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Mar del Plata, noviembre de 1977.

Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICEP y Responsable del Área Estudios Biológicos del CODEPENT (Convenio LEMIT-IBM).

INTRODUCCION

La gran extensión y diversidad del dominio bentónico, así como los problemas metodológicos que ha planteado el acceso al mismo por parte del hombre, constituyen el motivo principal de que las investigaciones sobre este tema presenten un alcance muy variable, tanto en la acumulación de información como en el énfasis impuesto a las diversas líneas tendientes a su conocimiento integral.

Cabe señalar que los estudios sobre el bentos han respondido a inquietudes muy diversas. Por una parte, el objetivo puramente científico de conocer a los organismos vinculados con los fondos oceánicos, sus características, adaptaciones generales y en particular, aquéllas relacionadas con las grandes profundidades.

En otros casos, las inquietudes se orientaron hacia el mejor conocimiento de especies bentónicas factibles de ser explotadas comercialmente, como así también de otras que resultaban perjudiciales para las embarcaciones y construcciones que el hombre realiza en el mar.

Ya en una visión más amplia y ambiciosa del problema, se tuvo como motivación el deseo de conocer la dinámica de estas comunidades y su participación en el funcionamiento del ecosistema marino.

Debe también tenerse presente que en los últimos cien años, antigüedad de la oceanografía moderna, se han obtenido logros tecnológicos tales que han permitido, a través de diferentes medios, el acceso directo del hombre hasta las máximas profundidades oceánicas.

Indudablemente, las posibilidades de investigación en el dominio bentónico han cambiado sustancialmente desde el descenso, revolucionario para la época, efectuado por el conocido naturalista Henri Milne-Edwards en aguas del Mediterráneo en el año 1844, hasta las actuales viviendas submarinas, que permiten realizar programas de investigación prolongados en directo contacto con las comunidades que se de-

sea estudiar.

Estas características generales recién esbozadas, hacen comprender que sería realmente presuntuoso pretender dar un panorama completo y coherente de las investigaciones bentónicas a nivel mundial, con su secuencia histórica correspondiente. Este trabajo quedará pues circunscripto a algunos aspectos básicos generales del problema, al estado actual del desarrollo de estos estudios en el país y al planteo de las perspectivas futuras, haciendo hincapié en los problemas que hacen a la formación de recursos humanos.

LAS INVESTIGACIONES SOBRE
EL BENTOS COSTERO

Al analizar la bibliografía vinculada con el estudio del bentos, resulta evidente que aquellos países con una mayor tradición en la investigación del mar han podido desarrollar este tema en forma más intensa. Sin embargo, al margen de esta cuestión, siempre han existido limitaciones de tipo técnico, relacionadas con el acceso directo o indirecto por parte del hombre a los fondos oceánicos.

Si bien en los últimos veinticinco años se han logrado adelantos muy importantes en este campo, aún perduran los condicionamientos de tipo económico en la implementación generalizada de ciertas técnicas. Es por ello que las zonas más estudiadas en cuanto a las comunidades bentónicas han sido y siguen siendo aquellas que quedan expuestas durante la baja marea. Por las obvias ventajas que presentan estas zonas, muchos investigadores han orientado sus esfuerzos hacia el estudio de sus comunidades, abarcando en ellos múltiples aspectos.

En algunos países, estas investigaciones se vienen desarrollando desde mucho tiempo atrás, e incluso algunas autoridades en la materia han afirmado que el tema está agotado. Esta última afirmación está sin duda alguna bastante apartada de la realidad, pues la misma se fundamenta, la mayor parte de las veces, en el aspecto puramente descriptivo del proble-

ma y en la suposición de que ciertas conclusiones son igualmente válidas en diferentes zonas geográficas. Es así que al margen de ciertos principios ecológicos que rigen a las comunidades en su conjunto, a nivel regional se presentan en el dominio bentónico situaciones que quedan marginadas de muchas generalizaciones.

Si bien en ciertas zonas se han realizado estudios muy completos del bentos eminentemente costero, la integración de la información en un todo coherente está menos avanzada de lo que podría esperarse y por cierto menos avanzada de lo que debería estar. Esto en parte puede deberse a la complejidad que presenta el hábitat y puede, hasta cierto punto, reflejar una excesiva prolongación de la etapa descriptiva, una fase que si bien no debe ser menospreciada, tampoco puede considerarse como el final de una investigación bentónica.

La ventaja del fácil acceso que presenta el mediolitoral, tiene como contrapartida su complejidad en cuanto a la difícil medición de ciertos parámetros físicos que regulan su dinámica. En este sentido, las metodologías e instrumental frecuentemente empleado por los ecólogos terrestres para la medición de factores ambientales de microambientes no han sido aprovechadas en todas sus posibilidades.

Cabe señalar también que por razones más bien de tipo histórico, el tema se ha desarrollado mayormente en las regiones templadas frías del Hemisferio Norte, donde el ecosistema tiende a estar caracterizado por una baja diversidad específica, poblaciones numerosas y ocupación de un número limitado de nichos ecológicos. Se hace necesario pues, intensificar los estudios de la zona intermareal de regiones tropicales y subtropicales, que indudablemente resultan más complejas de analizar, tanto por cuestiones de tipo taxonómico como por las mayores interacciones que se producen ante un aumento de la diversidad específica.

Es oportuno puntualizar que el conocimiento taxonómico de los organismos bentónicos resulta fundamental para el desarrollo de investigaciones de tipo ecológico y constituye una de las líneas sobre la cual se sigue trabajando a nivel mundial, que aún dista mucho de estar agotada.

Otro de los factores que ha dificultado la integración de los resultados de investigaciones del bentos obtenidos en dis-

tintas regiones, es el vinculado con la falta de criterios comunes en la terminología zonal. Debido a los problemas suscitados, estos temas fueron debatidos ampliamente en diversas reuniones internacionales como el Coloquio de Génova (1957), de Dinard (1959), XV Congreso Internacional de Zoología (Londres, 1958), Congreso Internacional de Oceanografía (Nueva York, 1959) y Seminario Latinoamericano sobre Biogeografía de Organismos Marinos (Argentina, 1962). De estas reuniones surge finalmente que la clasificación propuesta por Pérès y Picard (1957) es la que mejor se adapta a las investigaciones ecológicas del dominio bentónico, ya que la misma, en términos generales, puede ser aplicada en distintas regiones geográficas debido a que los límites de los diversos niveles se fundamentan en factores de tipo ecológico más que batimétricos.

LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL BENTOS DE PLATAFORMA

Paralelamente al desarrollo de las investigaciones sobre el bentos que habita la zona entre mareas, se realizaron estudios de las comunidades bentónicas infralitorales. Estos se limitaron inicialmente al análisis taxonómico, de distribución geográfica y batimétrica, etc., para luego extenderse también a aspectos de índole ecológica.

Sin embargo, las investigaciones tropezaron desde un principio con dos inconvenientes básicos. Por una parte, estos fondos ya no permitían el acceso directo de los investigadores y debían, por lo tanto, desarrollarse métodos adecuados para la obtención de muestras. Por otra, las características del sustrato impusieron otro tipo de limitación que no se presentaba al encarar estudios en la zona intermareal. Si bien con diversos tipos de dragas y rastras podían obtenerse muestras bentónicas relativamente representativas cuando se trataba de estudios sobre sustratos blandos, en los fondos duros, en cambio, lo mayor parte de los métodos presentaban fallas y cuando funcionaban lo hacían en forma deficiente. Esto produjo, con el correr de los años, un desfase muy notorio en el conoci-

miento de las comunidades que habitan ambos tipos de sustratos.

Esta gran deficiencia metodológica preocupó a los investigadores desde épocas remotas, lo cual se refleja en un hecho prácticamente desconocido en el ambiente científico de nuestros días. El mismo fue protagonizado por el Profesor Henri Milne-Edwards, quien en 1844 realiza la primera incursión submarina con fines de investigación biológica, empleando los primitivos equipos de buceo vigentes en esa época. Esta expedición fue realizada en los alrededores de Sicilia y tuvo una duración de tres semanas, siendo asistido su organizador en las tareas de superficie por otro conocido naturalista, el Prof. A. de Quatrefages.

Pese a los resultados exitosos obtenidos en esa oportunidad y a los promisorios informes que se elevaron con referencia a la metodología utilizada, pasarían cuarenta años antes de que se registrara una segunda inmersión por parte de un biólogo marino. Así en 1884, el Prof. Berthold desciende hasta una profundidad de 25 metros en las aguas de la Bahía de Nápoles, con el objeto de estudiar la flora local. En 1908, siguiendo los pasos de sus antecesores, el estudiante C. G. Johan Peterson realiza inmersiones en los fiordos noruegos para observar la distribución de los bancos de ostras y las repite diecisiete años más tarde a los efectos de analizar la evolución de estas comunidades.

Tal vez debido al carácter revolucionario de la metodología y a la falta de equipos de buceo adecuados para las tareas de investigación de los fondos, transcurrió cierto tiempo hasta que la misma quedara incorporada como herramienta cotidiana de trabajo en el estudio del bentos. Consecuentemente, también quedó relegada la investigación de las comunidades infralitorales de los fondos duros.

Con el perfeccionamiento de los equipos de buceo autónomo en base a aire comprimido diseñados en Francia, las inmersiones se facilitaron notablemente, contándose además con un margen de seguridad bastante amplio durante los descensos. Esto llevó a que investigadores como el Prof. Drach encararan estudios del bentos, utilizando esta técnica para complementar la información obtenida a través de otros métodos, a la vez de

acceder al mundo casi desconocido de los fondos rocosos y coralinos.

Por su parte, por intermedio de Conrad Limbaugh, Estados Unidos de Norteamérica incorpora el empleo de estos equipos en las investigaciones del bentos llevadas a cabo por el Instituto Scripps de Oceanografía. Empleando las técnicas del buceo autónomo, Limbaugh desarrolla numerosos estudios, siendo de especial interés aquellos vinculados con fenómenos de simbiosis en arrecifes coralinos. Por otra parte, algunos de sus discípulos en las técnicas de buceo, como Wheeler North, inician de inmediato otras investigaciones, en este caso sobre las praderas de Macrocystis pyrifera de las costas de California, que se continúan hasta el presente.

En base a la aplicación de este método, que paulatinamente va siendo adoptado por casi todos los centros oceanográficos del mundo, surge una gran cantidad de resultados, obtenidos sobre fondos duros de hasta cincuenta metros de profundidad. Paralelamente se desarrolla un tipo particular de instrumental para ser accionado por el hombre debajo del agua en la obtención de muestras. Como complemento de suma importancia, se logra documentar a través de la fotografía, cinematografía y televisión submarina, las características de las comunidades bentónicas, como medio de establecer asociaciones, realizar precisos censos y registrar el comportamiento de muchos organismos.

Cabe señalar que los estudios sobre fotografía submarina fueron iniciados en 1893 por el zoólogo Louis Boutan, quien había efectuado inmersiones para realizar observaciones del bentos algunos años antes. En estas experiencias, Boutan utiliza incluso sistemas de luz artificial, documentando a través de la fotografía fondos de hasta 50 m y en el año 1900 publica el primer tratado sobre el tema. Sin embargo, puede que el nombre de Boutan sea más conocido por haber sido el creador de la técnica del cultivo de perlas artificiales, descubrimiento realizado simultáneamente por Mikimoto en el Japón.

Como corolario de los avances tecnológicos de la última década, puede citarse la concreción de las viviendas subacuáticas, afortunadamente puestas al servicio de la investigación del bentos y otros problemas de la oceanografía, si bien

debe señalarse que el desarrollo logrado en los últimos años en la exploración submarina ha estado vinculado a intereses estratégicos y a la extracción de recursos no renovables.

Entre las numerosas experiencias realizadas hasta el presente, la que mayores aportes ha brindado en cuanto al conocimiento de los organismos bentónicos es probablemente el proyecto Tektite. Dicho proyecto fue desarrollado en St. John, U.S. Virgin Islands, y dividido en dos partes, Tektite I y Tektite II. El primero de ellos se inició en 1969, gracias al esfuerzo económico conjunto del gobierno, la industria y la universidad. Durante el mismo, cuatro personas permanecieron sumergidas por un período de 60 días, conduciendo investigaciones programadas por ellos mismos y sirviendo, a su vez, como objeto de experimentación para estudios fisiológicos y de comportamiento humano. El proyecto fue único en su tipo, y constituyó el buceo de saturación más largo que se realizara hasta esa fecha y el primero en emplear una mezcla gaseosa de 8 por ciento de oxígeno y 92 por ciento de nitrógeno.

El proyecto Tektite II, llevado a cabo en el mismo lugar, tuvo una duración de siete meses (abril-noviembre 1970) y comprendió diez misiones de 10 a 20 días de duración. Cuatro investigadores y un ingeniero participaron en cada misión, desarrollándose estudios bentónicos de características totalmente novedosas. El laboratorio-vivienda fue sumergido a 15 m de profundidad, cubriendo las exploraciones una amplia área de arrecifes coralinos, entre los 7 y 28 m de profundidad.

Los investigadores participantes de este proyecto fueron seleccionados fundamentalmente por la originalidad en los planes de investigación propuestos, más que por sus condiciones físicas o habilidad como buceadores, dado que obviamente presenta menores dificultades el perfeccionamiento de una técnica de buceo que la adquisición de entrenamiento científico.

Los resultados de estas experiencias vienen publicándose periódicamente desde 1970 y constituyen un valioso aporte al conocimiento de los arrecifes coralinos, especialmente en lo que respecta a su funcionamiento y al comportamiento de sus integrantes.

El empleo de otras mezclas gaseosas (oxígeno y helio), el diseño de nuevos equipos y la programación de las inmersiones por computación, han hecho ya una realidad los descensos del hombre hasta el borde de las plataformas continentales en vinculación con la extracción de petróleo, y es probable que en las próximas décadas se puedan ubicar a estas profundidades laboratorios submarinos dedicados al estudio del bentos.

LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL BENTOS PROFUNDO

Una idea del desarrollo relativamente reciente de la investigación del bentos de profundidad queda esbozada a través de ciertas afirmaciones de destacadas personalidades científicas del siglo pasado. Así, Edward Forbes (1815-1845), quien realizó importantes aportes en el campo de la oceanografía, sostenía que la distribución de los organismos bentónicos estaba limitada aproximadamente a 600 m de profundidad.

A mediados del siglo XIX, empezaron a organizarse metódicamente las primeras expediciones científicas. Sin duda alguna, el inicio de la oceanografía moderna se produce a partir de la expedición del "Challenger", que parte de Londres en diciembre de 1872, dotado de los perfeccionamientos tecnológicos más avanzados para su época y logra completar un viaje de cuatro años alrededor del mundo.

Si bien la motivación fundamental de esta importante expedición estaba vinculada con la necesidad de conocer la topografía de los fondos oceánicos en relación al tendido de los cables telegráficos intercontinentales, también se plantearon otros objetivos de tipo científico. Estos objetivos fueron los siguientes:

a) estudiar las características físicas de las profundidades oceánicas;

b) conocer la composición química del agua desde la superficie hasta el fondo;

c) estudiar las características físicas y químicas de los sedimentos y

d) determinar la distribución de los organismos a lo largo de las áreas estudiadas.

Desarrollando el último de los puntos básicos de la expedición, fue posible obtener información sobre la fauna bentónica de hasta 5.300 m de profundidad. Las expediciones previas del "Lightning" (1868) y del "Porcupine" (1869), que realizaron rastreos profundos en el Atlántico Norte y las investigaciones llevadas a cabo en EE.UU. de Norteamérica por Agassiz y de Pourtalès, sirvieron de base para los estudios del bentos profundo realizados por el "Challenger".

Los resultados de esta expedición, publicados en cincuenta volúmenes, constituyen aún hoy en día el punto de partida de numerosas investigaciones oceanográficas. El panorama de las posibilidades de distribución batimétrica de los organismos se ampliaba notablemente, permitiendo a la vez la elaboración de los primeros inventarios faunísticos de aguas profundas.

A partir de ese momento, se suceden sin interrupción las grandes misiones oceanográficas, hasta llegar a las dedicadas especialmente al estudio del bentos profundo, como la del "Vema", "Galathea" y "Atlantis II", que permiten entre otros logros importantes, el hallazgo de grupos primitivos de crustáceos y moluscos.

Es así que en las últimas décadas se evidencia la formación de distintos equipos de especialistas dedicados al estudio de este tema. Entre ellos, podemos mencionar de manera especial los aportes realizados por Sanders y Hessler, del Instituto Woods Hole de Oceanografía, que emplean nuevas técnicas metodológicas ("epibenthic sled" y "deep-sea anchor dredge"), enfocando estos estudios bajo un punto de vista más ecológico.

Los resultados de las investigaciones de Sanders y Hessler modifican fundamentalmente ciertos principios generales que aún siguen mencionándose en los mejores textos de ecología y que hacen referencia al empobrecimiento de la fauna con el aumento de la profundidad. Este concepto erróneo queda expresado en una frase de N. B. Marshall, que dice: "Para resumir en

una regla geográfica: al incrementarse la distancia de la costa, se incrementa la tendencia, en los fondos profundos, de estar poblados por menor número de individuos pertenecientes a un menor número de especies".

La causa de esta afirmación tan generalizada y vigente hasta hace un tiempo atrás, se basa en una falta de apreciación del hecho de que la aparente diversidad depende del tamaño de la muestra, especialmente cuando se trata de muestras pequeñas. Sanders y Hessler determinaron que sorprendentemente la diversidad específica en los fondos profundos es mucho mayor que en ambientes equivalentes de poca profundidad en las zonas templadas, y de igual magnitud que en las zonas poco profundas de los trópicos.

La gran diversidad específica de los fondos profundos estaría vinculada con la marcada estabilidad estacional y geológica de las condiciones ambientales que prevalecen en dicha zona.

Estos estudios constituyen los primeros esfuerzos coordinados para el conocimiento del bentos profundo. Si se tiene en cuenta que la zona de plataforma continental ocupa aproximadamente el 8,4 por ciento de la superficie del fondo oceánico, los taludes continentales el 19,2 por ciento y las profundidades de 3.000 a 6.000 m el 70,9 por ciento, podrá tenerse una idea clara de lo mucho que aún queda por realizar en el campo de las investigaciones bentónicas.

Otro importante aporte tecnológico que redundará favorablemente en las investigaciones del bentos profundo, lo constituye el desarrollo de los vehículos submarinos, desde la creación de los primeros batiscafos (FNR2, FNR3, Trieste, etc.) hasta el diseño de otros más adaptados a la investigación científica, como el "Deep-Star", "Alvin", "Aluminaut", etc.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL BENTOS

Los estudios de productividad primaria del bentos, sin du-

da alguna no guardan relación con los avances logrados sobre el tema en el plancton y puede decirse que las investigaciones en este campo se encuentran en sus etapas iniciales. No existen criterios metodológicos comunes y la información acumulada hasta el presente está restringida a ciertas zonas.

Este hecho se debe, por una parte, a que la producción primaria del bentos considerada en su totalidad, es notoriamente menos importante que la del plancton. Por otra parte, la metodología que se emplea para las determinaciones resulta más complicada. Sin embargo, cabe señalar que la productividad primaria del bentos de zonas eminentemente costeras resulta fundamental para muchas comunidades, llegando en ciertos casos a depender en igual medida del fitoplancton que del fitobentos, principalmente en lo que respecta a los microcomponentes de este último.

Los métodos a emplear en la determinación de la productividad primaria del bentos se basan en la medición de la producción de oxígeno o la fijación de carbono 14 , al igual que en el caso del plancton. Sin embargo, en el manipuleo de las muestras bentónicas debe tenerse especial precaución, para evitar alteraciones en la estratificación de los sedimentos. Entre los métodos más apropiados para medir la productividad de la microflora bentónica, puede citarse el esbozado por Marshall et. al., que tiene como principal ventaja el empleo de un dispositivo con el cual se obtienen las muestras en forma rápida y sin modificar la estructura del sedimento.

En el caso de algas de mayor tamaño y fanerógamas como Thalassia, Zostera, etc., se pueden realizar buenas experiencias encerrándolas en frascos o bolsas de polietileno para su incubación. En vegetales de este tipo, el empleo de carbono 14 puede además dar una idea de la actividad fotosintética que tiene lugar a lo largo del ejemplar, ya que la misma suele ser variable en distintas zonas de su superficie. Si interesa sólo la productividad total se procede a tratar directamente toda la muestra y se pasa el material al vehículo adecuado para el empleo de un contador de centelleo.

Al margen de este tipo de determinaciones, existen otras que suelen aplicarse en praderas de algas, mediante cosechas periódicas por cortes, estimándose luego la producción neta

por pesada. Sin embargo, en lo que respecta al funcionamiento de la mayor parte de las comunidades bentónicas, interesa fundamentalmente la productividad de diatomeas y algas microscópicas, ya que son éstas las que ingresan en mayor medida en la trama trófica de dichas comunidades. Las algas macroscópicas en general son aprovechadas en bajo porcentaje desde el punto de vista trófico y crean a su vez problemas de competencia espacial con otros integrantes de la comunidad.

El desarrollo de estos temas conduce a la consideración de las relaciones existentes entre plancton y bentos. Es bien sabido que el plancton de capas superficiales se caracteriza por un exceso de productores primarios, mientras que en el bentos se registra un exceso de consumidores secundarios y organismos descomponedores, lo que hace que ambos subsistemas se complementen entre sí. En términos simples, esta diferencia puede estar expresada en la relación producción/respiración o producción/biomasa; dicho cociente será, por lo tanto, más alto en el plancton superficial que en el más profundo, y siempre más alto en el plancton que en el bentos.

Esto implica que debe existir un aporte energético desde el plancton hacia el bentos y mecanismos diversos en este último para su aprovechamiento. Existe, además, un aporte accesorio consistente en el ingreso de las larvas a las comunidades bentónicas, produciéndose de esta forma una transferencia de la energía acumulada durante la etapa planctónica.

En términos generales, la producción planctónica primaria que llega al bentos es considerable y la producción secundaria de este último en una determinada zona constituye una buena estimación de dicho proceso. Estudios realizados en el Mediterráneo en fondos de 40-60 m indican que el 20 por ciento de la producción primaria del plancton llega hasta esa profundidad. En la costa de California se citan valores más bajos (6,4 %).

Al margen de estas cifras, debe tenerse presente que gran parte de la producción primaria del plancton, en sus diversos estados, es utilizada más tarde por los organismos del fondo.

Los datos existentes sobre respiración de comunidades bentónicas son poco abundantes y bastante dispares. Estudios realizados a profundidades medias del infralitoral presentan

valores que oscilan entre 40 y 325 g C/m²/año, registrándose valores inferiores (2,5 g C/m²/año) a una profundidad de 1 850 metros. En base a determinaciones de este tipo se ha podido evaluar, en algunos puntos del Pacífico, la transferencia de energía por metro cuadrado a cada nivel y por ende la actividad de las distintas interfases. Conociendo algunos mecanismos básicos de transporte energético y teniendo en cuenta que el transporte neto de energía en forma de compuestos orgánicos se efectúa siempre desde los ámbitos con mayor cociente producción/respiración hacia los de cociente menor, es posible realizar ciertas predicciones de interés para el ecólogo marino.

Otro aspecto interesante de señalar en la relación existente entre el plancton y el bentos, son las conclusiones de los estudios llevados a cabo por R. Scheltema, vinculados con las posibilidades de transporte transoceánico de larvas de numerosas especies de invertebrados del bentos costero. Estos descubrimientos sin duda alguna encierran implicancias taxonómicas, evolutivas y ecológicas que deberán ser tenidas en cuenta en futuras investigaciones bentónicas.

ASPECTOS APLICADOS DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL BENTOS

Sin duda alguna, los aspectos eminentemente aplicados del bentos han favorecido el desarrollo de las investigaciones de estas comunidades y la importancia de algunos de ellos queda evidenciada por el hecho de que han sido incluidos como temas específicos de la presente reunión. Por tal motivo, se hará tan sólo un comentario general de dichos aspectos.

Contrariamente a lo que ocurre en el ámbito pelágico, los recursos bentónicos suelen integrar comunidades cuyos componentes se encuentran en muy estrecha relación. Es por ello que al encarar estudios de ciertas especies de interés comercial, es necesario poseer un conocimiento integral de la comunidad y su dinámica. Tal es el caso que se presenta en grupos como los mitílidos, ostreidos, etc. y diversos crustá-

ceos, en los cuales la aplicación exclusiva de técnicas biológico-pesqueras no brinda un panorama totalmente adecuado para permitir una explotación racional.

De esta forma, para el aprovechamiento de los recursos bentónicos, se han desarrollado técnicas mixtas basadas en ambas disciplinas y los resultados obtenidos han aportado interesantes datos vinculados con la evolución de las comunidades bentónicas.

Otro aspecto de las investigaciones del bentos está en relación con la acción deteriorante que ciertos organismos ejercen sobre los sustratos que el hombre pone en contacto con el mar. Por una parte, deben considerarse las comunidades denominadas incrustantes ("fouling") que se desarrollan sobre los cascos de embarcaciones, construcciones portuarias, sistemas de tuberías, etc., produciendo grandes pérdidas económicas por aumento del consumo de combustible, destrucción de materiales por corrosión, taponamiento de sistemas de refrigeración, etc., según el sustrato seleccionado.

Por otra parte, debe considerarse a los organismos perforantes, que atacan materiales muy diversos (madera, hormigón, algas comerciales, etc.), produciendo en ellos daños importantes.

Todas estas acciones deteriorantes producen pérdidas económicas elevadísimas a nivel mundial y es por ello que muchos países han desarrollado intensos programas de investigación sobre el tema. Dado que para aplicar cualquier sistema de control biológico es necesario conocer previamente las características básicas de los organismos y la dinámica de las comunidades que integran, se ha generalizado para este tipo de estudio el empleo de balsas experimentales. Este método permite registrar la fijación de organismos sobre sustratos artificiales, determinar su ritmo de crecimiento, períodos de reproducción y obtener datos sobre la sucesión ecológica que se produce en las comunidades bentónicas.

El desarrollo que ha tenido la maricultura en los últimos años, ha servido también para ampliar las investigaciones bentónicas. Muchas de las especies que se prestan a estas técnicas son de hábitos bentónicos y ha sido necesario conocer previamente sus aspectos biológicos y ecológicos básicos

para implementar su cultivo, aumentar la productividad y hacer rentable esta tarea. En muchos casos, los estudios guardan íntima relación con las investigaciones de comunidades incrustantes, pues varios cultivos se realizan sobre balsas y si bien la finalidad es distinta en ambos casos, los problemas básicos que se presentan son los mismos.

Las investigaciones bentónicas también se han visto favorecidas en los últimos años por la creación de los llamados arrecifes artificiales. La finalidad de los mismos ha sido propiciar el asentamiento de comunidades de fondos duros en zonas con predominio de fondos blandos, asociados con una baja productividad. Para la construcción de estos arrecifes se emplean sustratos artificiales de diversa índole y el desarrollo posterior de comunidades bentónicas sobre ellos se fundamenta en principios semejantes a los que regulan las comunidades incrustantes. Los mismos están relacionados con el exceso de larvas de organismos bentónicos de fondos duros en la masa de agua costera y la escasez de sustratos naturales adecuados para su fijación.

Si bien los arrecifes artificiales han sido proyectados con finalidades eminentemente prácticas, ellos han permitido la realización de estudios sobre la ecología de comunidades bentónicas, que son prácticamente imposibles de encarar sobre fondos naturales.

LAS INVESTIGACIONES DEL BENTOS EN ARGENTINA ·

El desarrollo de las investigaciones del bentos en nuestro país ha seguido, en cierta medida, las mismas etapas que en otros países de mayor tradición en los estudios oceanográficos. En un principio, dichas investigaciones estuvieron orientadas hacia aspectos puramente taxonómicos y comenzaron a través del estudio de diversos grupos faunísticos y florísticos, hacia fines del siglo pasado y principios del presente. Para ello, se contaba ya en esa época con los resultados de numerosas expediciones oceanográficas extranjeras que reali-

zaron exploraciones en este sector del Atlántico Sur.

Los estudios iniciales sobre el tema fueron encarados fundamentalmente por el Museo de Ciencias Naturales de La Plata y el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, los que a su vez fueron incrementando sus colecciones, tanto por campañas organizadas por las mismas instituciones como por la valiosa colaboración prestada por la flota hidrográfica de la Armada Argentina y la coparticipación en campañas oceanográficas extranjeras, en fechas más recientes.

Los aspectos de tipo taxonómico continúan estudiándose en la actualidad y paulatinamente se va concretando el conocimiento de nuevos grupos y profundizando en aquellos más conocidos. Pese a ello, nuestro país dista mucho de estar en condiciones de brindar un inventario florístico y faunístico de los organismos bentónicos de nuestras costas y aún perdura el desconocimiento total de ciertos grupos taxonómicos de gran importancia.

Por otra parte, existen grandes variaciones en el nivel de los especialistas, contándose por un lado con autoridades mundiales en algunos grupos y por otro, con investigadores que recién se inician en la tarea. En términos generales, puede afirmarse que el número de especialistas no es suficiente para cubrir este campo, que resulta fundamental para el adecuado desarrollo de otros estudios bentónicos.

Este último punto constituye uno de los motivos por los cuales las investigaciones ecológicas sobre el bentos de nuestras costas fueran iniciadas recién hace menos de dos décadas. Además, cabe señalar que quienes intentan abordar estudios ecológicos de este tipo deben a menudo especializarse en uno o más grupos taxonómicos, a los efectos de subsanar las deficiencias existentes en la materia.

Las investigaciones ecológicas del bentos en la Argentina fueron iniciadas en el año 1962 en las costas patagónicas, merced al esfuerzo de dos instituciones dedicadas al estudio de la biología marina. Una de estas investigaciones se llevó a cabo, por intermedio del Instituto de Biología Marina, en las costas de Chubut, zona de Puerto Pardelas, y consistió en el relevamiento de las comunidades de los pisos supra, medio e infralitoral hasta una profundidad de 20 metros. Una característica particular de la misma consistió en el empleo, por primera

vez en el país, de técnicas de buceo autónomo en estudios de tipo ecológico. De esta forma, puede decirse que pese a la demora en el inicio de estas investigaciones, se aplicaron metodologías bastante avanzadas.

Paralelamente, el Centro de Investigación en Biología Marina (CIBIMA) desarrolla estudios en los pisos supra y mediolitoral de Puerto Deseado, determinándose de esta forma dos zonas en el litoral patagónico en las que se iría ampliando y profundizando el conocimiento de las comunidades bentónicas con el correr del tiempo.

Dos años más tarde, se concreta un estudio del mediolitoral rocoso de Mar del Plata, que marca el comienzo de las investigaciones bentónicas en el Sector Bonaerense. Esta zona, pese a la importancia de sus recursos marinos, se encontraba relegada en cuanto al conocimiento del bentos, ya que las expediciones extranjeras habían centrado su interés principalmente en los sectores australes y antárticos.

Poco tiempo después, se realiza otro estudio en la zona marplatense, consistente en el trazado de una carta bionómica de un amplio sector comprendido entre 12 y 70 metros de profundidad.

Las investigaciones en el área se intensifican rápidamente y las mismas se extienden a otros ambientes particulares, como la albufera de Mar Chiquita. Se realizan también estudios ecológicos y poblacionales de la almeja amarilla (Mesodesma mactroides) y del mejillón (Mytilus platensis) y se estudian los aspectos tróficos de las comunidades bentónicas de la zona de pesca costera marplatense. Algunas especies bentónicas son motivo de estudios ecológicos particulares, como es el caso del gasterópodo Siphonaria lessoni.

Simultáneamente, en 1965 se inician las experiencias sobre comunidades incrustantes en el puerto de Mar del Plata utilizando balsas experimentales, estudios que luego son ampliados hacia otras zonas portuarias de nuestro país.

Los estudios realizados hasta ese momento en la Provincia de Buenos Aires permiten elevar al IV Congreso Latinoamericano de Zoología (Caracas, 1968) un trabajo de síntesis en el cual se caracterizan a las principales comunidades bentónicas de la región.

Paralelamente a las investigaciones recién comentadas, el CIBIMA lleva a cabo estudios sobre los límites del piso mediolitoral a lo largo de la costa patagónica hasta su extremo austral, basados fundamentalmente en los representantes vegetales. También en la zona patagónica y en especial en Puerto Deseado, continúan las investigaciones sobre el bentos, con lo cual se va adquiriendo un panorama más claro de sus comunidades, que se resume en una obra de integración sobre la vegetación marina de la zona y más recientemente otras vinculadas con la distribución de los moluscos.

En otros puntos de la costa patagónica norte, otro grupo inicia el estudio de un importante recurso bentónico, la vieira Chlamys tehuelcha, cuyas poblaciones sufrían los efectos de una sobreexplotación. También se continúan las observaciones sobre bancos de cholgas, Aulacomya magellanica, mediante el empleo de técnicas de buceo autónomo.

Con la creación del Centro Nacional Patagónico, se incrementa la investigación bentónica en el área de la Península Valdés, centrándose el mayor esfuerzo en las praderas de Macrocystis pyrifera.

Esta breve reseña de las investigaciones sobre el bentos desarrolladas en nuestro país, no pretende ser una enumeración completa de todos los trabajos efectuados sobre el tema. Se desea simplemente brindar una idea general sobre los avances logrados en este campo en un plazo relativamente breve. Los especialistas en la materia sin duda alguna conocerán la totalidad de las publicaciones locales, mientras que los legos y quienes se interesen en el tema podrán acceder fácilmente a las publicaciones de los pocos institutos especializados del país. A través del análisis de las mismas, se puede advertir que pese al desarrollo tardío de los estudios del bentos, se han logrado aportes científicos importantes, con la aplicación de técnicas metodológicas básicamente adecuadas que permiten efectuar comparaciones con trabajos semejantes realizados en otras latitudes.

En síntesis, puede decirse que un alto porcentaje de los estudios concretados son de tipo descriptivo y seguramente servirán de base para desarrollar otras investigaciones tendientes a conocer el funcionamiento de las comunidades bentónicas. Un segundo grupo lo constituyen estudios de

tipo autoecológico, que brindan amplias posibilidades de desarrollo futuro y por último, existen trabajos vinculados con la dinámica de dichas comunidades, referidos especialmente a aspectos tróficos y de sucesión ecológica.

PERSPECTIVAS FUTURAS DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL BENTOS

Tal como ocurre en otros campos de la oceanografía, las investigaciones sobre el bentos llevadas a cabo hasta el presente han sido encaradas al margen de una planificación nacional tendiente a integrar los esfuerzos que desarrollan las diversas instituciones del país.

De esta forma, los logros obtenidos hasta el momento son el resultado de una labor no sincronizada, que si bien no ha sido infructuosa en virtud de la carencia casi total de estudios previos en la materia, lleva implícito el riesgo de un desarrollo poco armónico de las investigaciones futuras, con la posible omisión de los temas prioritarios.

Otro aspecto que ha influido en el planteo de esta situación, ha sido la falta de un adecuado apoyo de tipo económico, que ha conducido inevitablemente, en muchas ocasiones, a adoptar la posición de "hacer lo que se puede y no lo que se debe". De la misma manera, la inestabilidad económica ha influido negativamente en la consolidación y continuidad de los equipos de investigadores, así como en la obtención del instrumental necesario para implementar sus estudios.

Es por ello que sería de fundamental importancia para el desarrollo futuro, una mayor integración de las diversas instituciones y la elaboración de planes de investigación conjuntos por parte de los especialistas de las mismas.

La diversidad de aspectos que contemplan las investigaciones sobre el bentos hace imposible esbozar un panorama concreto para cada uno de ellos en particular. Tan sólo podrán darse ciertos lineamientos generales vinculados con la forma de encarar dichas investigaciones en base a la realidad

actual. En última instancia, será posible bosquejar una opinión más precisa a este respecto cuando surjan pruebas evidentes del desarrollo que el país aspira alcanzar en materia oceanográfica.

En cuanto a los temas a desarrollar en el futuro, los mismos deberán ser una continuación de las etapas ya iniciadas, de tal forma que pueda cubrirse en el menor tiempo posible la etapa descriptiva, completando el panorama general de la costa argentina, tanto en la zona eminentemente litoral como en aquellas regiones más representativas de nuestra plataforma. Deberán intensificarse asimismo, los estudios sobre recursos bentónicos renovables y extender las investigaciones sobre organismos perjudiciales a todos los puertos del país.

También deberán iniciarse las investigaciones de las comunidades bentónicas del talud y de los fondos más profundos, este último aspecto probablemente en forma cooperativa con otros países que vienen realizando estudios desde hace varios años en este sector del Atlántico Sur.

Otro aspecto que deberá ser perfeccionado y contemplado en estas futuras experiencias es el análisis cuantitativo de las comunidades bentónicas, que es el que ha presentado hasta el momento las mayores deficiencias. Para ello será fundamental coordinar los métodos a aplicar entre las diversas instituciones y equipos de especialistas.

FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

Los problemas vinculados con la formación de recursos humanos para el desarrollo de las investigaciones bentónicas, son básicamente los mismos que se plantean a nivel más amplio en la oceanografía, o incluso en otras disciplinas. Es por ello que nos limitaremos a un análisis general, si bien nuestra posición al respecto está expresada en los informes elaborados por el Subcomité Argentino para TEMA (Comité de Trabajo para Capacitación, Educación y Asistencia Mutua en las

Ciencias del Mar, UNESCO), que se encuentran disponibles en el Comité Argentino de Oceanografía (CADO).

La tarea tendiente a incrementar los recursos humanos en el campo de la oceanografía deberá ser encarada en forma conjunta por las universidades, instituciones nacionales y provinciales de promoción científica y diversos institutos del país ligados a la investigación oceanográfica.

El ámbito universitario reviste particular importancia, dado que constituye un punto crítico en la futura orientación de las vocaciones científicas. Por ello, se hace necesario estimular en dicho ámbito la formación de científicos y técnicos en oceanografía y perfeccionar las bases de su capacitación a ese nivel. Las medidas tendientes a lograr este objetivo estarán vinculadas con la instauración de un mayor número de materias optativas relacionadas con la oceanografía, el dictado de cursos y seminarios, salidas de campaña, la adjudicación de becas a aquellos estudiantes que se inclinan por estos aspectos y la realización de doctorados orientados hacia la oceanografía.

Con respecto al ámbito institucional, la promoción de recursos humanos deberá basarse en un sistema de becas internas para egresados universitarios, que asegure una correcta evaluación de los candidatos y los planes de investigación propuestos. Cabe mencionar, por otra parte, que en el informe elevado oportunamente al CADO, se propone un novedoso sistema de becas, denominadas de Residencia. Este nuevo tipo de becas permitiría al becario interiorizarse, durante el período de duración de la misma, de la tarea y metodología de las distintas áreas de la oceanografía y adquirir una formación personal amplia e integrativa, para luego ser derivado hacia aquella especialidad para la que presente mayores aptitudes.

Por último, también deberá promoverse la formación de personal de apoyo, fomentando la actividad de las escuelas secundarias orientadas hacia los problemas marítimos, el dictado de cursos para técnicos y los embarques en buques oceanográficos nacionales y extranjeros que contribuyan a su capacitación.

BIBLIOGRAFIA RESTRINGIDA

- Barnes, H. 1969.- *Am. Zoologist*, 9: 271-277.
- Bastida, R. 1968.- *Compte Rendu 2nd. Int. Congr. mar. Fouling Corrosion*, Atenas: 557-562.
- Bastida, R. 1971 a.- *Rev. Mus. Arg. Csas. Nat. B. Rivadavia, Hidrobiol.* 3 (2): 203-285
- Bastida, R. 1971 b.- *Corrosión y Protección*, 2 (1): 21-37.
- Bastida, R., Capezzani, A. y Torti M. 1971.- *Marine Biology*, 10: 297-307.
- Bastida, R. y Torti, M. 1973.- *Corrosión y Protección*, 5: 1-11.
- Bastida, R. y Adabbo, H. 1975.- *LEMIT-ANALES*, 3-1975, Serie II, 293: 3-39.
- Bastida, R. y L'Hoste, S. 1976.- *LEMIT-ANALES*, 3-1976, Serie II, 329: 159-203.
- Collette, B. y Earle, S. 1972.- *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County Science Bull.*, 14: 1-179.
- Davies, G. 1970.- *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 27: 71-81.
- Emery, K. 1960.- *The Sea off Southern California*. John Wiley & Sons, N.Y.
- Hessler, R. y Sanders, H. 1967.- *Deep-Sea Res.*, 14 (1): 65-78.
- Kühnemann, O. 1969.- *Physis*, 28 (77): 331-349.
- Kühnemann, O. 1971.- *Contr. Cient. CIBIMA*, 30: 1-123.
- Margalef, R. 1963.- *Inv. Pesq.*, 23: 169-230.
- Margalef, R. 1974.- *Ecología*. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Marshall, N. B. 1954.- *Aspects of deep sea biology*. Hutchinson, London.
- Marshall, N., Skaven, D., Lampe, H. et. al. 1973.- *Mon. Ocean. Met.*, 3, UNESCO: 37-44.
- Odum, H., Copeland, B. y Brown, R. 1963.- *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 49 (4): 429-434.
- Olivier, S., Paternoster, I. y Bastida, R. 1966.- *Bol. Inst. Biol. Mar.*, 10: 1-74.
- Olivier, S., Escofet, A., Orensanz, J. et. al. 1966.- *An. Com. Invest. Cient., Bs. As.*, 7: 185-206.
- Olivier, S., Bastida, R. y Torti, M. 1968.- *Bol. Inst. Biol. Mar.*, 16: 1-85.
- Olivier, S., Bastida, R. y Torti, M. 1968.- *Contr. Cient. Inst. Biol. Mar.*, 58: 1-46.
- Olivier, S. y Penchaszadeh, P. 1968.- *Cah. Biol. Mar.*, 9: 469-491.

- Ólivier, S., Bastida, R. y Torti, M. 1970.- Actas IV Congr. Latinoamericano Zool., 2: 559-594.
- Olivier, S., Escofet, A., Penchaszadeh, P. et al. 1972.- An. Soc. Cient. Arg., 193: 237-262.
- Olivier, S., Escofet, A., Penchaszadeh, P. et al. 1972.- An. Soc. Cient. Arg., 194: 89-104.
- Otaegui, A. y Zaixso, H. 1974.- Physis, 33 (86): 321-334.
- Penchaszadeh, P. 1971.- CARPAS/V/D. Téc., 12: 1-15.
- Pérès, J. 1961.- Océanographie biologique et biologie marine. I. La vie benthique. Presses Universitaires de France. Paris.
- Ringuelet, R., Amor, A., Magaldi, N. et al. 1962.- Contr. Cient. CIBIMA, 1: 35-53.
- Ringuelet, R. 1963.- Centr. Cient. CIBIMA, 2: 103-106.
- Sanders, H. y Hossler, R. 1969.- Science, 163: 1419-1424.
- Scheltema, R. 1971.- Fourth European Marine Biology Symposium. Cambridge University Press.
- Scheltema, R. 1972.- Barobiology and the Experimental Biology of the Deep-Sea. Univ. N. Carolina, Chapel Hill.
- Scheltema, R. y Scheltema, A. 1971/72.- Proc. R.S.E., 72 (11): 133-144.
- Zaixso, H. 1975.- Physis, 34 (89): 229-243.