

# INVESTIGACIONES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL MEDITERRANEO DURANTE EL PRIMER

TRIMESTRE DE 1970.

(Programa de colaboración con la Universidad de Washington)

---o---

Una de las características más importantes de los ecosistemas oceánicos, su productividad, es determinada por la intensidad de mezcla vertical del agua, o velocidad con que los elementos nutritivos penetran en la capa superficial iluminada, velocidad que es baja en las áreas pobres, tropicales y subtropicales, y en el Mediterráneo entre ellas. Existe una fertilización mucho más intensa en regiones marinas, característicamente situadas junto al margen occidental de los continentes, en las que, en virtud de vientos locales o de la circulación marina a escala mundial, hay una reposición continua del agua de superficie por agua profunda que aflora a velocidades variables. Estas regiones son muy productivas y sostienen importantes pesquerías. El conocimiento de las condiciones de producción en dichas áreas tiene, por tanto, no solo interés científico, sino también interés práctico, tanto en relación con las condiciones de producción en la misma pesquería, como para aplicar los conocimientos a la resolución de problemas de acuicultura y determinación artificial de afloramiento. Un estudio profundo de los fenómenos de afloramiento, además de sentar las bases para una posible predicción de las fluctuaciones en la intensidad del fenómeno, nos ha de proporcionar información utilizable en la ingeniería marina del futuro.

El Instituto de Oceanografía de la Universidad de Washington, en Seattle, lleva a cabo un programa de investigaciones sobre "Dinámica de la producción biológica en ecosistemas de afloramiento". El director de dicho programa es el Dr. Richard C. Dugdale (Inst. Oceanography, University of Washington, Seattle, Washington, 98105); dichos estudios están integrados en la sección de Productividad marina del Programa Biológico Internacional.

El programa de la Universidad de Washington admitió desde el principio una colaboración internacional y puntos de vista científicos muy amplios. Para conseguir que el esfuerzo aplicado pudiera dar frutos importantes se limitaron un tanto los objetivos: en lugar de realizar un análisis amplio de sistemas, se prefirió concentrar el esfuerzo en problemas clave y estudiar estos comparativamente en áreas de fuerte contraste. Esto explica que después de una investigación de la zona de afloramiento del Perú, de gran producción, se desee estudiar el Mediterráneo, como ejemplo de un mar muy pobre, pero con fenómenos de afloramiento bien definidos, aunque de pequeña intensidad.

Los problemas clave elegidos son los siguientes: Un afloramiento representa la ascensión de agua de profundidad que, por lo tanto, tiene una temperatura más baja y otras características bien definidas; pero es necesario estudiar la estructura fina del fenómeno, es decir, si el afloramiento es un proceso continuo o si se trata de la ascensión sucesiva y discontinua de masas de agua discretas; también si el fenómeno se realiza uniformemente sobre amplias extensiones o si se parece mejor a un campo de cumulus que ascienden, es decir, si hay cúpulas de agua de remontan separadas unas de otras. Es necesario disponer del mayor número posible de datos y los análisis y registros continuos son muy recomendables, bien a bordo de los barcos, bien en la costa o en boyas e instrumentos depositados sobre el fondo. Las series de mediciones de temperaturas, salinidades, nivel del mar, incluso de observaciones meteorológicas pueden ser importantes. En ciertas áreas, el Mediterráneo entre ellas, las ondas internas propagadas a lo largo de las picnoclinas, cuando rompen contra las costas, pueden ser una causa importante de fertilidad. La baja concentración de los elementos nutritivos en el Mediterráneo obliga a emplear métodos muy precisos; puesto que dicha situación de pobreza es común en extensas áreas marinas, las investigaciones en el Mediterráneo pueden servir

de ocasión para perfeccionar o definir los métodos más convenientes. Al hablar de elementos nutritivos, se piensa habitualmente en el fósforo y en el nitrógeno; pero otros constituyentes del agua son muy importantes. El agua recientemente aflorada a veces no se coloniza con la rapidez previsible y ello se debe tal vez a la falta de ciertas sustancias biológicamente activas (vitaminas) o al exceso de metales. Tanto la producción primaria del plancton, como la transferencia de la materia orgánica producida a otros eslabones de las cadenas alimentarias, se estudiarán usando no solamente carbono radiactivo (14-C) sino también 15-N, lo cual permitirá evaluar las posibles insuficiencias del método del 14-C y complementar sus resultados con otros que proporcionarán una visión más general. El silicio es muy importante en las diatomeas y el grado en que se acumula puede tener relación con la velocidad de sedimentación de dichas algas. Fundamentalmente el desarrollo del fitoplancton en aguas superficiales es limitado por los elementos nutritivos y, más abajo, por la intensidad de la luz; pero puesto que la mayor concentración del plancton vegetal aparece en la región donde los nutrientes son limitantes, una parte muy importante del programa se orienta a conseguir una idea clara de las relaciones entre concentración de nutrientes y velocidad con que son absorbidos por las diferentes especies. Estos estudios se complementan con experimentos con cultivos y quemostatos a bordo del barco. Las distintas situaciones explican la sucesión de unas especies por otras, en cuya sucesión se puede ver básicamente la competencia entre unas especies de desarrollo muy rápido pero que requieren una alta concentración de nutrientes y otras que pueden mantener sus poblaciones con un metabolismo más pausado. El estudio cualitativo y cuantitativo del fitoplancton requiere mucho trabajo, pero no puede ignorarse, porque las distintas especies tienen diferentes necesidades. Las áreas de mucha producción se caracterizan por poblaciones de diatomeas de baja diversidad. Los recuentos son también necesarios para tener una idea de la dinámica de cada una de las poblaciones unispecíficas que, mezcladas, forman la totalidad del plancton vegetal. Las pérdidas que dichas poblaciones experimentan, por difusión, sedimentación, o por consumo por los animales, son frecuentemente dependientes de la naturaleza de las especies. Es necesario intensificar el estudio de los sucesivos eslabones a través de los cuales la materia orgánica sintetizada en el plancton llega hasta los peces. Se han ensayado métodos para estimar la actividad y la densidad de poblaciones de peces a través de algunos de sus productos de excreción, como fosfato, urea o creatina. El Mediterráneo es un mar poco productivo, pero la producción en peces del mismo es seguramente explotada mucho más eficientemente que la de las costas del Perú; las investigaciones comparadas que se proponen pueden desvelar aspectos importantes de producción y explotación de la naturaleza.

El programa esbozado se ha aplicado ya en las investigaciones realizadas en las costas del Perú durante el primer semestre de 1969. Entre sus resultados más interesantes se encuentran el cálculo de constantes cinéticas de absorción de nitratos y amoníaco, en relación con sus concentraciones y, además su dependencia de la luz (grupo de R. Dugdale, J. Dugdale, T. Packard, L. Conway y R. Eppley), los estudios sobre silicatos y su absorción (J. Goering, P. Harrison y J. Lewin), y las investigaciones sobre distribución de especies, a cargo de Dolores Blasco (Instituto de Investigaciones Pesqueras) que ha estudiado o tiene en estudio más de 300 muestras. La Srta Blasco continuará responsable del programa de fitoplancton en el Mediterráneo.

El plan de trabajo para la primera mitad de 1970 se centra en el crucero del "Thomas G. Thompson" al Mediterráneo. Se ha proyectado por las razones dichas de ser el Mediterráneo un mar pobre en comparación con las costas del Perú, y contando con el conocimiento que se posee del Mediterráneo y la colaboración de laboratorios de sus países limítrofes. El Instituto de Investigaciones Pesqueras está ya asociado al proyecto: su laboratorio de Castellón ha mantenido bajo vigilancia durante casi 20 años una estación costera, cuyo estudio ha puesto de manifiesto fenómenos anuales de afloramiento en febrero/marzo e interesantes

fluctuaciones interanuales en la intensidad del fenómeno. En relación con ello se ha elegido el área fronterera a Castellón como la más interesante para investigación y precisamente en la fecha en que ocurre el afloramiento (en realidad éste se inicia a mediados de febrero). Diversos indicios permiten suponer que el afloramiento de 1970 será atípicamente alto, lo cual puede ofrecer algunas ventajas. Conviene que el laboratorio de Castellón intensifique desde ahora sus estudios en el área mencionada, a fin de poseer la máxima información posible sobre los antecedentes del afloramiento próximo.

El programa de trabajo general será el ya esbozado, al que se puede añadir que en oceanografía física (R. Smith, D. Pillsbury, T. Hopkins) se piensa introducir mejoras en la medida de las corrientes, incluyendo el uso de material de registro que se larga y luego se recupera, de correntímetros de precisión y de colorantes cuya difusión se investiga por métodos diversos (fotografía y fluorometría). Se podrá disponer de un radiómetro portátil para su uso desde el aire y, en este sentido, sería muy deseable poder contar con la colaboración de algún avión español, que permitiría obtener medidas de temperatura en superficie, interesantísimas para poder describir el motivo o dibujo del proceso de afloramiento y sus variaciones en el tiempo. El estudio de los elementos nutritivos se hará por el mismo personal y utilizando las mismas técnicas que en el Perú (isótopos  $^{14}\text{-C}$ ,  $^{15}\text{-N}$ ,  $^{28}\text{-Si}$ ). A bordo se llevará el espectrómetro de masa, por lo que deberemos cuidar eventualmente del suministro de nitrógeno líquido. Es una buena ocasión para que personal nuestro se familiarice con dicho aparato, puesto que existe cierta posibilidad de que la Universidad de Barcelona pueda disponer del mismo en fecha no lejana. R. Barber continuará el estudio de queladores y vitaminas en el agua de mar y el programa de Seattle dice que espera convenir a algún laboratorio europeo para que emprenda el estudio de las vitaminas en el mar. No se prevén mayores dificultades para continuar el programa de estudio de cinética de absorción de elementos nutritivos. R. Eppley y T. Packard continuarán sus estudios sobre la nitrato reductasa. Existe el proyecto de que T. Packard permanezca una temporada en Barcelona después del crucero, con ayuda de la Asociación para intercambio y cooperación científica, de Barcelona, lo cual sería ocasión para establecer aquí cierto núcleo interesado en enzimología marina. Las experiencias a bordo, con quemostatos, se realizarán también en el Mediterráneo. Nuestro Instituto intervendrá en el estudio químico de nutrientes (A. Cruzado) y en la investigación del fitoplancton (D. Blasco, R. Margalef). Quizá se pueda proporcionar un "pez" sumergido para la toma de muestras a profundidades controlables, y es forzoso llegar rápidamente a una decisión en cuanto a nuestras posibilidades de colaboración a este respecto. Se utilizarán también contadores de partículas combinados, desarrollados en el Instituto y, posiblemente, un extractor de pigmentos. Todo esto ha de ser complementado por el estudio taxonómico y cuantitativo de las muestras (D. Blasco) que va a requerir mucho tiempo después de la expedición. Se recogerán también muestras de zooplancton (B. Frost) en cuyo estudio es probable que también colabore el Instituto, y T. Whiteledge continuará sus experimentos sobre la detección de los productos de excreción de los animales.

Semejantes expediciones proporcionan siempre la ocasión de intercambio de información sobre técnicas, problemas y resultados. La participación en tales investigaciones contribuye grandemente a la formación de los participantes. A bordo del "Thompson" se tienen seminarios y sesiones de información diariamente. Dicho buque contará con espectrómetro de masas, autoanalizadores, sonda para temperatura, profundidad y salinidad, y un computador IBM 1130 utilizado hasta ahora en el análisis, corrección, tabulación y presentación gráfica de los resultados, con una gran rapidez. Estamos interesados o practicamos ya estas técnicas y la participación en la campaña de 1970 puede sernos muy útil para la ampliación de nuestras actividades, principalmente en relación con la próxima entrada en actividad de un nuevo buque oceanográfico español.

El calendario de actividades es el siguiente:

- 3 de febrero, Cádiz. Embarcar material del Instituto.
- 4 - 9 febrero, Cádiz a Estambul.- 10 de febrero, Estambul.
- 11 - 17 febrero. Estudios geoquímicos e hidroquímicos en el Mar Negro, a cargo de D.Z. Piper & D.A. McManus.
- 18 febrero, Atenas. Empieza el programa bajo la dirección de R. Dugdale.
- 19 febrero - 2 marzo, investigaciones en el Mar Egeo, probablemente en el Golfo de Petalio.
- 3 marzo, Atenas. 4 - 8 marzo, Atenas a Marsella.
- 8 marzo, Marsella. Posiblemente observaciones muy rápidas en el área.
- 9 marzo, Barcelona. Otra posibilidad de embarcar material del Instituto.
- 10-24 marzo. Investigaciones frente a Castellón.
- 24-25 marzo, Barcelona. 26 marzo-18 abril, Mediterráneo a Seattle, a cargo de A. Collier, con posibilidad de trabajar en el estrecho de Gibraltar.

En el proyecto se da por sentada la participación de D. Blasco, A. Cruzado y R. Margalef, y es posible que se pueda disponer de alguna otra plaza. D. Blasco presumiblemente embarcará en Cádiz el 3 de febrero; para Cruzado se pide pasaje de Barcelona a Atenas, lo que implica su participación también en los estudios del Mediterráneo oriental. La participación de Margalef quedará limitada a los días 10 a 24 de marzo. J. Castellví estaba interesada en participar en las investigaciones en el Mar Negro, pero no se ha concretado. Una entrevista de A. Ballester con R. Dugdale, prevista para estos días, permitirá definir con más exactitud la medida de nuestra participación de personal.

El disponer de un computador a bordo abre muchas posibilidades, pasando al estudio de correlaciones y análisis de estructuras, en el que estamos fuertemente interesados. En colaboración con el grupo de Barcelona, J. Kelley tiene también interés en el estudio de las correlaciones como medio para optimar las pescas de plancton y el crucero del Mediterráneo puede ser una buena ocasión de ensayo. Sin embargo, todas estas investigaciones tienen todavía el carácter de tanteos preliminares y trabajos recientes aconsejan que más que simples correlaciones, deberíamos tender al reconocimiento de estructuras típicas en la distribución del plancton, asociadas con cúpulas de afloramiento.

El interés del enfoque matemático de los estudios de la producción marina ha conducido a proyectar una reunión de trabajo en Barcelona, al final del crucero, es decir, los días 24, 25 y 26 de marzo. Coinciden con la Semana Santa, lo cual puede tener sus ventajas y sus inconvenientes, pero la fecha viene forzada por el programa de trabajo del "Thompson". El título propuesto para la conferencia es el de "Perspectives in shipboard computer analysis of underway data for biological oceanographic research". La reunión se celebrará en el Instituto de Investigaciones Pesqueras, quien se encarga de detalles de organización y aspectos prácticos. En principio, se proyectan cinco sesiones de trabajo, dedicadas a examinar, respectivamente: 1) Aparatos y técnicas de medida; 2) Aspectos matemáticos; 3) Resultados previos del crucero PISCO 1969 (costas de Perú); 4) Resultados previos de los cruceros del MECHELEN y del BANNOCK en 1969; 5) Avance de los resultados del crucero del THOMPSON en el Mediterráneo en 1970. Además de muchos científicos que participarán en el crucero del "Thompson", se espera la asistencia de varios científicos de Estados Unidos (J. O'Brien de Florida State Univ., J. Lewin de la Univ. de Washington, L. Hobson y J. Ryther de Woods Hole Oceanogr. Inst., y R. Jordan del Instituto del Mar de Perú). Se espera una participación de profesores y estudiantes de la Universidad de Barcelona, especialmente de su Servicio de Cálculo, como en el Seminario sobre Ecología matemática celebrado en febrero de 1969 y cuyos resultados se encuentran actualmente en prensa. Esta reunión de marzo de 1979 se anunciará a otros centros mediterráneos y europeos a través de MAMBO y se espera que la asistencia total sea de 60 o 70 personas. Se prevé también la publicación de unas actas o resúmenes de las sesiones. Estas se harán

utilizando el inglés como idioma de trabajo. El aspecto interdisciplinario de las investigaciones sobre afloramiento, su importancia práctica y la aplicación de puntos de vista y métodos de cálculo modernos auguran éxito y utilidad a la proyectada reunión.

Dentro del programa general de estas investigaciones se propone, después de la reunión de trabajo en Barcelona, celebrar una conferencia más amplia en Roma, con el apoyo de la FAO, muy interesada en estas cuestiones. Debe preservarse la participación de personal del Instituto a la posible reunión de Roma. En otro orden de ideas, sería conveniente aprovechar la presencia en Barcelona de científicos importantes para que pronunciaran alguna conferencia en el marco de la Universidad.

El proyecto de investigaciones para 1971 y 1972 continua el estudio del afloramiento en áreas diversas, habiéndose mencionado las costas de Perú otra vez, las costas atlánticas africanas y el Mar de Arabia. Para nosotros la inclusión de estudios en las costas africanas sería particularmente afortunada. La próxima entrada en servicio de un buque español, que podría trabajar en estrecha cooperación con el grupo de Seattle, multiplicaría el valor de los datos obtenidos, de forma que rápidamente se podrían conseguir resultados importantes. Pero de todas formas, nuestra participación en el programa de 1970 mejorará nuestra disposición para enfrentarnos por cuenta propia con los problemas de áreas típicas de afloramiento, como son las africanas que más nos interesan.

Barcelona, 6 de diciembre de 1969.

Instituto de Investigaciones Pesqueras  
Paseo Nacional, S/N  
Barcelona - 3