

LAS RESERVAS MARINAS EN EL MARCO ECOLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

Jaime Rodríguez

*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Málaga*

PRESENTACIÓN

El objetivo de esta contribución es el planteamiento de la problemática del diseño de reservas marinas desde una doble perspectiva: Por un lado, es necesario entender la aportación de la teoría ecológica al problema general de la conservación biológica, para posteriormente poder valorar su adecuación al caso de las reservas marinas. Por otro lado es fundamental no perder de vista las peculiaridades que el marco físico del Mediterráneo occidental -y muy especialmente el Mar de Alborán y áreas vecinas- imponen sobre el proceso de diseño de este tipo de reservas en nuestra región. La conclusión es que, admitiendo el inevitable carácter antropocéntrico-terrestre del diseño de reservas marinas, se hace necesario el reconocimiento de las peculiaridades estructurales y funcionales del ecosistema marino para una correcta gestión de dichas reservas.

DISEÑO DE RESERVAS BIOLÓGICAS

Uno de los elementos fundamentales en el campo de la conservación biológica es el diseño y establecimiento de refugios o reservas biológicas, cuyo objetivo suele ser la protección de una especie en concreto o una representación de un particular tipo de hábitat. En cualquier caso, y aunque el objeto de protección sea una determinada especie, el diseño del refugio debe contemplar tanto el rango de hábitats en los que la especie objetivo se desenvuelve, como el conjunto de especies con las cuales interacciona; ésto lleva, en definitiva, a la protección del conjunto de los elementos que componen el ecosistema.

Desde el punto de vista de la población uniespecífica como objeto de protección, no de los aspectos más relevantes es el reconocimiento de la existencia de factores genéticos estocásticos que imponen un límite inferior a la extensión de hábitat que puede funcionar como refugio (Simberloff, 1986), de forma que la población a preservar se mantenga por encima del denominado *tamaño mínimo viable* (Gilpin y Soulé, 1986) Entre estos factores genéticos hay que destacar el papel negativo jugado por el incremento de endogamia reproductiva, con el aumento consecuente de la frecuencia de enfermedades causadas por alelos recesivos, y la pérdida de vigor y fertilidad asociadas a la disminución del grado de heterocigosidad en la población. Bajo estas condiciones, el impacto de la estocasticidad ambiental y las catástrofes naturales puede ser dramático y concluir en la extinción de la población.

Como reconoce el propio Simberloff (op. cit.), hace 30 años ya se sabía como diseñar refugios: Bastaba con identificar el hábitat adecuado para la especie o especies- objetivo, elucidar las interacciones entre especies que deben conservarse juntas, y calcular el tamaño mínimo de la población a conservar para evitar la reproducción endogámica. El problema es que, ésto que parece tan sencillo, es imposible de traducir a reglas generales, dado el carácter peculiar (específico) de los elementos considerados.

CONSERVACIÓN Y RIQUEZA ESPECÍFICA

La formulación de reglas de carácter general parece más sencilla si el objeto de conservación es el conjunto de especies (biodiversidad, riqueza específica) que ocupan un determinado tipo de hábitat.

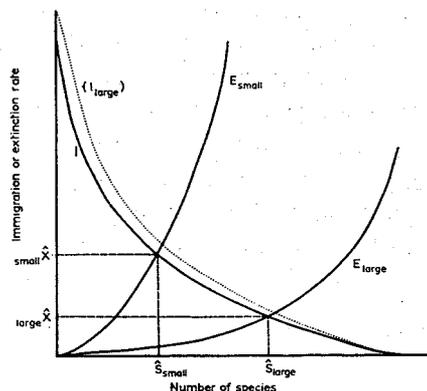


Fig. 1. La teoría de la biogeografía insular predice la riqueza específica de un hábitat insular como resultado del equilibrio dinámico entre tasas de inmigración y extinción. En la gráfica se indica dicho equilibrio para hábitats de diferente tamaño. Tomada de Simberloff (1986).

La *teoría de la biogeografía insular*, propuesta por MacArthur y Wilson en los años 60, plantea la riqueza específica de un hábitat insular (en sentido amplio, cualquier parcela de hábitat enclavado en una región de carácter sustancialmente diferente o modificado) como el resultado dinámico del equilibrio entre *inmigración* y *extinción* (fig.1). La tasa de inmigración decrece con el incremento de la distancia a las fuentes de colonización, mientras que la tasa de extinción aumenta conforme el hábitat se va saturando en especies, siendo este aumento lógicamente más rápido cuanto menor es el tamaño del hábitat insular.

La relación entre la tasa de extinción y la riqueza específica puede describirse (May, 1981) como

$$E(s) \sim (S/S_0)^n$$

donde S_0 es el número inicial (o ya existente) de especies en el hábitat insular. El diseño de una reserva como fracción de un hábitat que se quiere conservar conduce, por tanto, a una situación en la que $S_0 > S^*$ (el número de especies en equilibrio). La reserva se encontrará en situación de “sobresaturación” y la extinción (E) será el término predominante durante esta primera etapa.

En lo comentado hasta ahora subyace la idea de que una mayor superficie de hábitat es capaz de soportar una mayor riqueza específica. Esta relación también es de tipo alométrico y toma básicamente la forma

$$S = c A^z \quad (\text{May, 1981})$$

donde A es el área del hábitat insular. En ciertos casos es difícil discriminar si el número de especies es función de la superficie en sí, o es el resultado de la relación existente entre la superficie y la diversidad de ambientes, siendo este factor el que realmente determina la riqueza específica (Simberloff, 1986).

PRINCIPIOS DE DISEÑO DE RESERVAS

Las repetidas observaciones, sin embargo, de la relación entre superficie y diversidad, en conjunción con las hipótesis de la teoría de biogeografía insular, han permitido generar algunas de las “reglas” o “principios” aplicables al diseño de reservas (Diamond, 1975; Wilson y Willis, 1975).

En primer lugar, y en términos generales, una reserva grande sería mejor que una pequeña, ya que podría albergar más especies en la situación de equilibrio. Otra cosa es decidir entre una reserva grande o varias pequeñas, la suma de cuyas áreas fuera equivalente a la primera. La decisión puede no ser importante en relación con el número total de especies, pero sí desde el punto de vista de la identidad de las especies supervivientes; téngase en cuenta que, frecuentemente, las especies más necesitadas de protección (calificadas como K-estrategas) suelen ser de porte grande y requerir mayores extensiones de hábitat para su normal desenvolvimiento.

Otros aspectos del diseño suelen referirse a la forma de la reserva. En general tiende a recomendarse una forma próxima a la circularidad que evite el efecto *península* (May, 1981; Simberloff, 1986). Sin embargo, la fragmentación en superficies de menor tamaño y forma menos regular puede aumentar la heterogeneidad ambiental y permitir la coexistencia de un mayor número de especies, al mismo tiempo que dificulta la propagación de enfermedades y el devastamiento por epidemias o catástrofes.

DE LA BIOGEOGRAFÍA INSULAR A LA DINÁMICA DE METAPOBLACIONES

Recientemente se está procediendo a la reformulación de las ideas de MacArthur y Wilson en lo que se denomina *dinámica de metapoblaciones*. Una *metapoblación* es un conjunto de poblaciones cuyo modelado integra la dinámica de las poblaciones locales con los procesos de inmigración y extinción que tienen lugar entre los espacios físicos ocupados por dichas poblaciones. Su aplicación al diseño de reservas es, por tanto, inmediato.

Los modelos propuestos (ver revisión de Gotelli, 1991) son diversos y derivan de la forma general

$$dp/dt = \text{tasa inmigración} - \text{tasa de extinción}$$

donde p es la fracción de asentamientos ocupados por poblaciones en un hábitat homogéneo (si $p = 1$, todos los posibles asentamientos están ocupados; si $p = 0$, ha habido extinción regional). Los modelos de metapoblaciones han evolucionado desde la forma inicial

$$dp/dt = ip(1-p) - ep$$

donde i y e son las probabilidades de inmigración y extinción locales.

Se puede considerar que la probabilidad de extinción local (e) no es independiente de la presencia de asentamientos (p), ésto es, la emigración desde las poblaciones circundantes puede reducir la probabilidad de extinción local (*efecto rescate*), con lo que el modelo tomaría la forma

$$dp / dt = ip (1-p) - ep (1-p)$$

donde la tasa de extinción [$ep (1-p)$] es una función cuadrática como ya lo era la tasa de inmigración. Ambos modelos se representan en la figura 2.

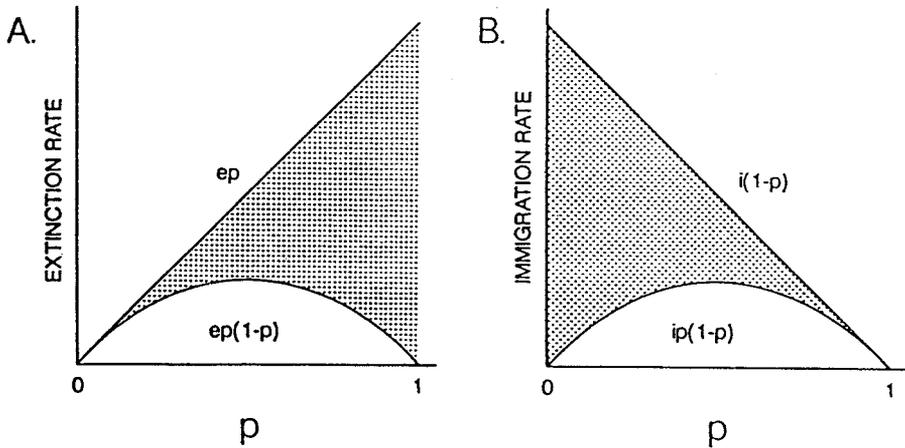


Fig. 2. Tasas de extinción (A) e inmigración (B) en dos modelos diferentes de metapoblaciones. Ver detalles en texto. Tomada de Gotelli (1991).

La equivalencia con el modelo de equilibrio dinámico de MacArthur y Wilson requiere que la tasa de inmigración dependa solamente del número de espacios disponibles, o, dicho de otra forma, que exista una fuente prácticamente ilimitada de inmigrantes potenciales (el continente en relación a la isla, la cuenca marina en relación a la reserva o arrecife artificial). La inclusión de esta lluvia de propágulos y del efecto rescate llevaría a la expresión (Gotelli, 1991):

$$dp / dt = i (1 - p) - ep (1 - p)$$

PECULIARIDADES DE LAS RESERVAS MARINAS

El diseño de reservas en el medio marino no goza de la tradición y antigüedad que en el medio terrestre (dejemos aparte desde el primer momento la implantación de amplias zonas de veda, como es el caso de la franja litoral de profundidad inferior a 50 metros, dirigida a evitar la esquilmación por sobreexplotación pesquera de los recursos demersales). En cualquier caso, desde el primer momento se pone de manifiesto la aplicación, más o menos inconsciente o intuitiva, del enfoque terrestre y antropocéntrico a este problema.

La definición de refugios marinos puede enfocarse desde la perspectiva de especies emblemáticas (frecuentemente mamíferos, recuérdese el caso de la foca monje en el Mediterráneo). En estos casos, el profundo conocimiento de sus requerimientos específicos en cuanto a hábitat e interacciones con otras especies, así como de las características demográficas que permitan establecer el mínimo tamaño de población viable, constituyen la base para el éxito del refugio o reserva.

Más frecuentemente, la política de conservación dirige su acción hacia la protección de un determinado sector (siempre costero) en el que se pretende conservar la diversidad biológica y, consecuentemente, el conjunto de elementos que constituyen el ecosistema marino litoral. En el caso de ecosistemas subtropicales como el arrecife de coral, el componente estético adicional y su accesibilidad, suponen ya un valor a conservar, además de su enorme relevancia biológica y ecológica.

El planteamiento es similar (aunque el valor estético es muy inferior, de acuerdo con los cánones manejados por el observador medio) en el caso bien conocido de la pradera de *Posidonia oceánica* en el Mediterráneo, objetivo prioritario de protección de nuestra política medioambiental. Está claro que, a pesar de su carácter de especie endémica, la valoración ecológica supera a la biológica (y por supuesto a la estética): La pradera de *Posidonia* representa en sí un hábitat para un gran número de especies que en ella encuentran protección, alimento, y ambiente adecuado para la reproducción. La protección de una especie representa, en este caso, la conservación de todo un ecosistema.

Precisamente la idea de *ecosistema* es la que marca la diferencia fundamental cuando se aplica al medio marino frente al terrestre.

Limitándonos, en aras de la simplificación de este análisis, al ambiente litoral suficientemente iluminado, podemos establecer algunas homologías y características diferenciales:

- El ecosistema terrestre es un sistema *bidimensional* donde (en términos generales) el espacio es un recurso limitante. En el contexto en que nos estamos moviendo, la atmósfera es básicamente un soporte fluido que permite el transporte, sea de propágulos o contaminantes.

- El ecosistema marino, sin embargo, se estructura en dos componentes individualizados pero íntimamente conectados:

- Por un lado el ecosistema *béntico*, ligado al sustrato y, por tanto, con una estructura bidimensional equivalente a la de sistemas terrestres y con todas las implicaciones que de ello se derivan (competencia por el espacio, flujo de energía dominado por macroalgas, etc).

- Por otro lado, el ecosistema *pelágico* constituido por la columna de agua suprayacente. Aunque, como fluido que es, está sometida a las mismas leyes físicas que la atmósfera y ejerce similares funciones de transporte, la diferencia fundamental está en que la columna de agua alberga todo el conjunto de elementos necesarios para constituir un ecosistema, en este caso de estructura *tridimensional*. Aquí, el espacio no es un recurso limitante y el flujo de energía reposa sobre microalgas (fitoplancton).

En definitiva, nos encontramos ante una situación en la que el ecosistema objeto de nuestras preocupaciones conservacionistas (el sistema béntico) se encuentra controlado físicamente por la hidrodinámica propia de la región oceanográfica (de la misma forma que la climatología y el tiempo meteorológico inciden sobre el ecosistema terrestre), y conectado ecológicamente a la dinámica del ecosistema pelágico, básicamente a través el flujo de materia que sedimenta hacia el bentos.

Si tuviéramos que establecer una jerarquía de procesos en el seno de este ecosistema marino, ésta se resumiría en la secuencia siguiente: La hidrodinámica regional determina la fertilidad de las aguas, ésta determina el nivel y el tipo de productividad pelágica, y ésta incide directamente sobre la biomasa y diversidad de las comunidades bénticas subyacentes. De forma paralela, éstas se encuentran sometidas a un control biogeográfico que no es independiente de la oceanografía regional en su sentido más físico (estructura termohalina, corrientes, transporte, etc).

EL MARCO OCEANOGRÁFICO

Lo comentado más arriba nos lleva, finalmente, a la descripción, aunque sólo sea de manera muy resumida, de los patrones hidrodinámicos que caracteri-

zan el Mediterráneo occidental y, muy especialmente, el ámbito regional que constituye el Mar de Alborán y la costa levantina de Andalucía. El Mar de Alborán constituye el vestíbulo que comunica al Mar Mediterráneo con el Océano Atlántico, y es a través de la minúscula sección del Estrecho de Gibraltar donde se resumen todos los procesos hidrológicos que permiten la existencia del Mediterráneo en su configuración actual.

El intercambio de agua entre Mediterráneo y Atlántico

El Mediterráneo es un mar deficitario en agua, donde la evaporación supera a los aportes de agua derivados de la precipitación que recibe la cuenca. Consecuentemente, debe existir algún mecanismo que compense este déficit y permita el mantenimiento de las condiciones actuales, al menos a nuestra escala de observación histórica (ésto no es extrapolable a la escala geológica, siendo notables los episodios que, durante el Messiniense, llevaron a la desecación del Mediterráneo y a la acumulación de enormes depósitos de sal en el fondo de las cuencas).

El mecanismo de compensación es una corriente de agua atlántica que, con un flujo estimado en unos $38.000 \text{ km}^3 / \text{año}$ y con una salinidad de $36'15$ por mil, penetra por el Estrecho de Gibraltar. En su avance hacia el interior del Mediterráneo sufrirá un complejo proceso de mezcla, calentamiento y aumento de salinidad que finalmente ha de resultar en la generación del agua mediterránea. Sin embargo, el mantenimiento de los niveles de salinidad del Mediterráneo no sería posible sin la existencia de un mecanismo de exportación de sal que compense la introducida con el agua atlántica. Dicho mecanismo es una corriente de agua mediterránea que vierte al Atlántico también a través del Estrecho de Gibraltar. El flujo estimado de esta corriente es de unos $36.000 \text{ km}^3 / \text{año}$ y su salinidad $37'9$ por mil; por su mayor densidad, esta vena de agua aparece como contracorriente que se desplaza por debajo de las aguas atlánticas entrantes (figura 3). El déficit hídrico de la cuenca mediterránea es mucho menor que cualquiera de los volúmenes entrante y saliente, valorándose de hecho como la diferencia entre ellos, es decir, unos $2.000 \text{ km}^3 / \text{año}$. La consecuencia inmediata de este mecanismo es la renovación de las aguas mediterráneas en un tiempo que puede estimarse alrededor de los 100 años (lo cual debe tenerse en cuenta a la hora de especular acerca de la pretendida muerte del Mediterráneo).

Esta estructura en dos capas que se desplazan en sentidos opuestos, muy comprimidas en el Estrecho, es característica de toda la cuenca de Alborán. La

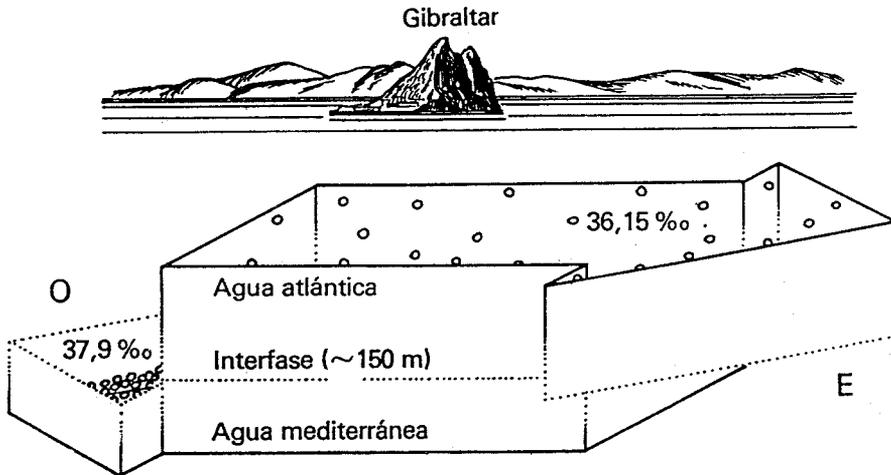


Fig. 3. Intercambio de aguas a nivel del Estrecho de Gibraltar.
Tomada de Rodríguez (1982).

capa superficial entrante puede alcanzar unos 200 metros de espesor en la zona central de la subcuenca occidental, pero no más de 50 en las costas españolas; desde estos niveles hasta el fondo de las cuencas se extiende el agua mediterránea que, lentamente, se dirigen hacia el Estrecho. La identificación precisa de las masas de agua atlánticas y mediterráneas que constituyen las dos capas aquí simplificadas va más allá del objetivo de este resumen. Una revisión adecuada es la de Parrilla y Kinder (1987), revisión que puede extenderse al Mediterráneo occidental con la obra de Margalef (1985) y, en forma introductoria, a la totalidad del Mediterráneo con la de Rodríguez (1982).

Sí que es importante, sin embargo, resaltar la complejidad del patrón horizontal exhibido por la capa superficial de origen atlántico en su penetración hacia el interior del Mediterráneo. El diferente espesor, ya comentado, de las aguas atlánticas en diferentes áreas de la cuenca de Alborán, deriva del particular recorrido que dibujan estas aguas. El relieve más destacable, una vez que la corriente atlántica ha atravesado el Estrecho es la formación de un gran giro anticiclónico (sentido de las agujas del reloj) en la cuenca occidental (figura 4). En este tipo de giro, las aguas superficiales se acumulan en el centro y, consecuentemente, alcanzan un gran espesor en profundidad. A partir de este gran remolino, la corriente atlántica tiende a desplazarse próxima a las costas africanas generando, como veremos más adelante, estructuras de persistencia variable antes de salir de la cuenca de Alborán.

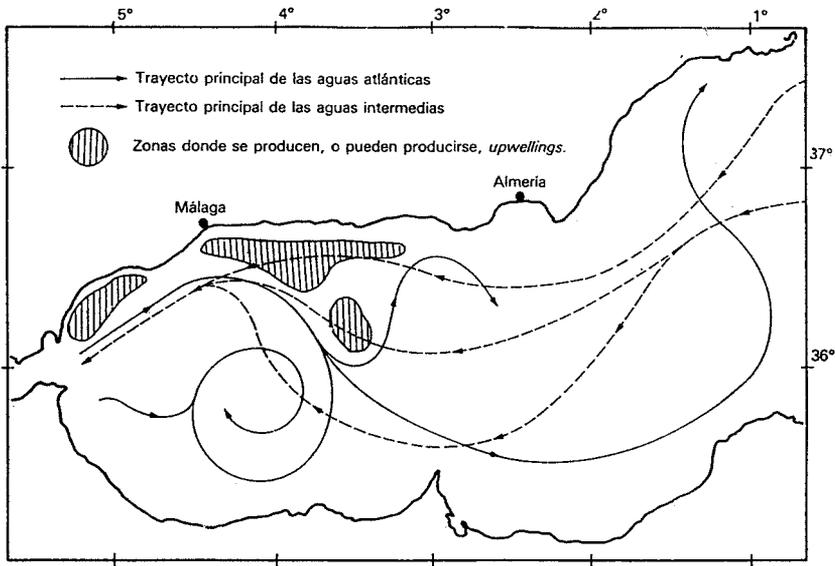


Fig. 4. Patrones generales de circulación en la cuenca del Mar de Alborán. Tomada de Rodríguez (1982).

Productividad pelágica en el Mar de Alborán

Un sistema pelágico cualquiera se encuentra organizado de forma un tanto paradójica, pues donde hay luz no hay nutrientes y viceversa. Si acoplamos a este modelo el mecanismo de intercambio de aguas descrito para el Mar de Alborán (y que puede ser extendido al conjunto del Mediterráneo), es resultado es que las aguas profundas ricas en nutrientes son exportadas al atlántico, al tiempo que el déficit hídrico se compensa con aguas de caracter superficial y, por tanto, pobres en nutrientes. Un mecanismo de intercambio de este tipo solo puede conducir al Mediterráneo hacia una situación de oligotrofia, entendiendo por este término aquella situación de clara limitación de la producción fotoautotrófica por parte de los nutrientes libres en disolución. El Mediterráneo es, pues, un mar oligotrófico, de aguas azules y transparentes como consecuencia de la reducida biomasa de fitoplancton que, en otras situaciones, tiñe de verde las aguas.

El carácter oligotrófico general del Mediterráneo afecta también al Mar de Alborán cuando éste se compara con el Atlántico. Sin embargo, dentro del contexto mediterráneo, la cuenca de Alborán puede considerarse una de las

áreas más productivas en términos generales. Téngase en cuenta que, aunque las aguas atlánticas entrantes sean más pobres en nutrientes que las mediterráneas profundas, sí que son más ricas que las mediterráneas situadas a su mismo nivel. Puede considerarse, por tanto, que la corriente atlántica tiene un efecto fertilizador sobre la zona eufótica (bien iluminada) del Mediterráneo occidental y de la cuenca de Alborán en particular.

Las surgencias o afloramientos de aguas profundas, ricas en nutrientes, son el principal mecanismo fertilizador de la capa eufótica. Al describir los rasgos hidrológicos del Mar de Alborán he presentado lo que constituye el fenómeno opuesto, éste es, la convergencia o acumulación de aguas superficiales y su hundimiento hasta profundidades notables en un giro anticiclónico occidental, al que ahora ya podemos añadir el calificativo de oligotrófico.

Junto a este giro, la complejidad de los mecanismos hidrológicos en el Mar de Alborán se manifiesta de nuevo, esta vez en forma de afloramiento al NE de Gibraltar, entre el remolino anticiclónico y las costas españolas. Además de otros pequeños núcleos de afloramiento a lo largo de la costa española, puede aparecer un importante núcleo de divergencia en el sector centro-oriental con un notable efecto fertilizador de las aguas subsuperficiales (fig. 5).

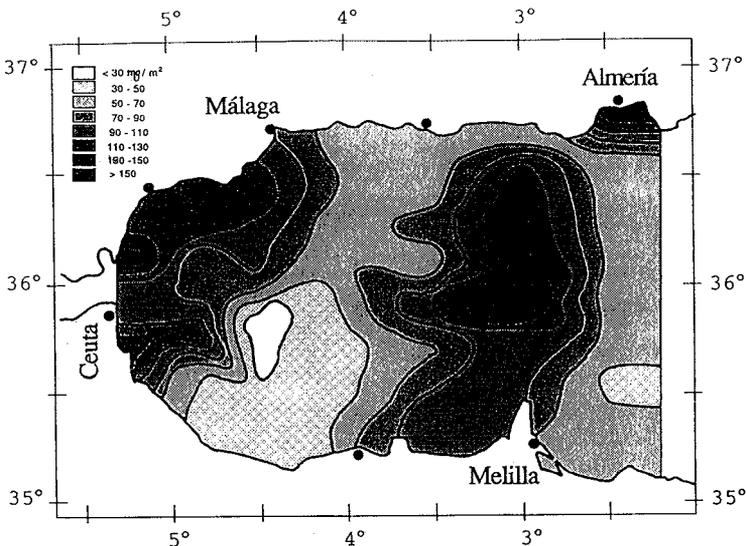


Fig. 5. Distribución espacial de la concentración de clorofila en el Mar de Alborán (Rodríguez et al., en prensa).

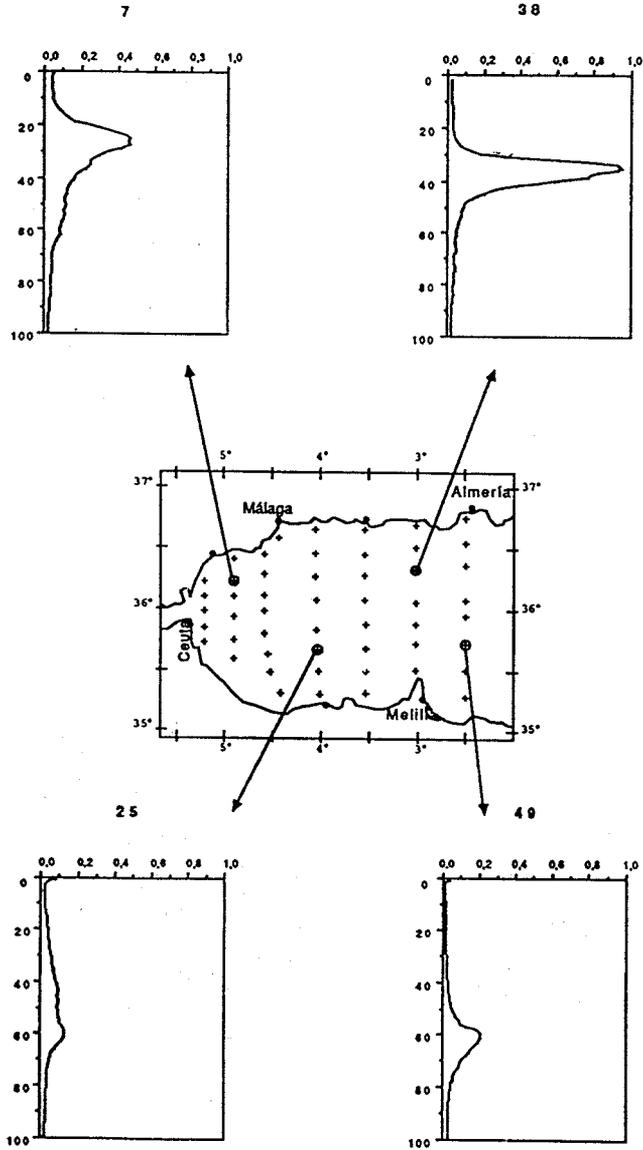


Fig. 6. Perfiles verticales de fluorescencia (relacionada con la presencia de clorofila) en algunas estaciones hidrológicas del Mar de Alborán (Rodríguez et al., en prensa).

Papel de las discontinuidades

a) Máximos subsuperficiales de clorofila

Durante el verano, las aguas oligotróficas superficiales del Mediterráneo occidental se estratifican térmicamente y la producción parece caer a valores mínimos en un mar ya de por sí poco productivo por las razones expuestas. En estas condiciones, si hacemos un perfil de clorofila en la columna de agua, encontraremos una discontinuidad en forma de máximo subsuperficial a una profundidad variable (fig. 6), generado (en nuestro caso) por el crecimiento de fitoplancton a nivel de la termoclina, donde los nutrientes ya dejan de ser limitantes.

El hecho es que, en condiciones que hasta ahora hemos considerado como altamente improductivas, toda la dinámica del sistema parece girar alrededor de una especie de “superhoja”, una lámina de clorofila cuya dimensión vertical es despreciable en términos relativos pero que horizontalmente puede abarcar cuencas completas, rompiéndose aquí y allá o disgregándose en forma de lentejas de biomasa vegetal, siendo éste el soporte que mantiene la productividad de este mar oligotrófico durante buena parte del año.

b) Frentes

Es comprensible que el estudio del ecosistema pelágico haya sido mucho más detallado en la dimensión vertical que en la horizontal; la importancia y significación de los gradientes en la primera, y los costes logísticos implicados en la segunda, confluyen en esa dirección.

Las técnicas de teledetección, sin embargo, han permitido avanzar enormemente en el análisis de la heterogeneidad horizontal del océano al suministrar una información sinóptica y de grano muy fino para grandes extensiones del océano. Hay que hacer notar, sin embargo, que los estudios a base de campañas oceanográficas no solo no han perdido su significado (la teledetección, a pesar de su espectacularidad, tiene acceso a una lámina muy concreta del ecosistema pelágico) sino que han encontrado en estas técnicas la herramienta idónea para encajar sus observaciones puntuales y generalmente asincrónicas en una visión espaciotemporal muy precisa.

El análisis de imágenes de satélite en el Mar de Alborán ha permitido detectar estructuras de carácter aparentemente más esporádico y que, por ello, han pasado relativamente desapercibidas en los estudios oceanográficos realiza-

dos *in situ*. Quizás lo más significativo sea el hallazgo de un segundo giro anticiclónico en la cuenca oriental (figura 7, Tintoré et al., 1988).

Frecuentemente, las imágenes de satélite indican que parte de las aguas atlánticas circulan cerca de la costa meridional española hasta alcanzar el Cabo de Gata y que, al Este de dicho cabo, las aguas típicamente mediterráneas se mueven en dirección SW a lo largo de la costa española. Cerca del Cabo de Gata, por lo tanto, se produce una convergencia de estas dos diferentes masas de agua y las mediterráneas son desviadas en dirección SE hacia Orán y la costa argelina. Cerca de ella, parte de las aguas atlánticas son retenidas en el giro anticiclónico mientras el resto continúa en dirección Este para formar la corriente argelina.

Como describen precisamente Tintoré et al., el frente Almería - Orán, resultante de la convergencia de dos masas de agua muy diferentes, es visible desde la cubierta de un barco en forma de cambio de color, rotura de oleaje, acumulación de materiales detríticos y la abundancia de aves marinas alimentándose, lo cual ya es un indicador del estímulo de la producción biológica que tiene lugar en sus cercanías.

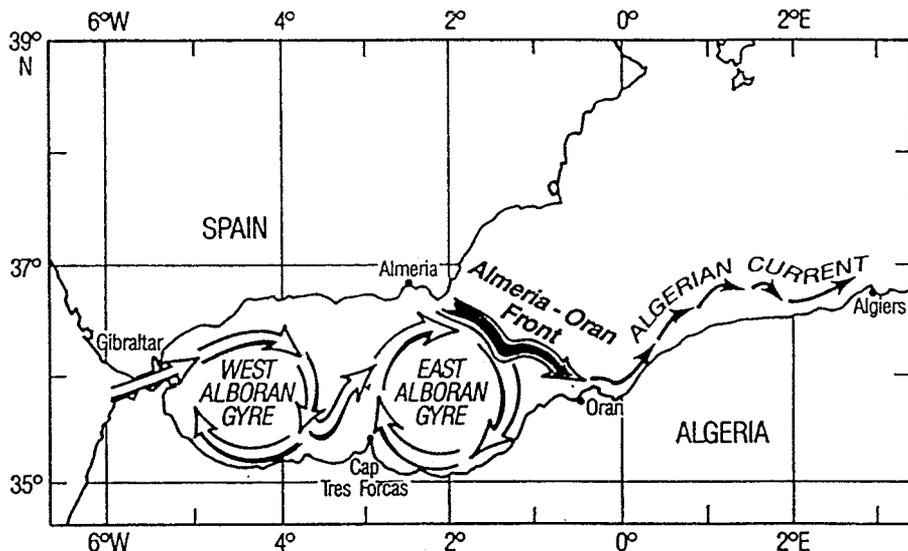


Fig. 7. Representación esquemática de los giros anticiclónicos y del frente Almería - Orán en la cuenca del Mar de Alborán (Tomada de Tintoré et al., 1988).

Discontinuidades de este tipo, o las generadas por pequeños núcleos de afloramiento, representan gradientes físicos más o menos notables que pueden afectar a la distribución de especies bénticas litorales. En este sentido, el Cabo de Gata parece ser un claro punto de inflexión. Los patrones descritos son coherentes, por ejemplo, con la fuerte homogeneidad exhibida en un sector del tamaño del Parque Natural del Cabo de Gata, así como con las fuertes transiciones que pueden encontrarse a uno y otro lado de dicho Cabo. De la misma forma se podría interpretar (en conexión con el relieve submarino) la unicidad de puntos como los acantilados de la Punta de la Mona, o el carácter menos atractivo para el buceador del litoral occidental, donde las bajas temperaturas generadas por el afloramiento aumentan la productividad, disminuyen la transparencia y aumenta la biomasa de las comunidades bénticas en detrimento del carácter más "subtropical" del sector oriental.

Si a estos factores de carácter natural, añadimos el efectivo transporte de contaminantes en masas de agua que exhiben la fuerte dinámica aquí resumida, parece lógico concluir acerca de la necesidad de prestar la adecuada atención al control de la columna de agua en el contexto de la gestión de nuestras reservas naturales.

REFERENCIAS

- DIAMOND, J.M. 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*, 7, 129-146.
- GILPIN, M.E. and M.E. Soulé, 1986. Minimum viable populations: Processes of species extincion. In *Conservation Biology* (Soulé, M.E. ed.), Sinauer Ass., p. 19-34
- GOTELLI, N.J., 1991. Metapopulations models: The rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis. *American Naturalist*, 138, 768-776.
- MACARTHUR, R.E. and E.O. Wilson, 1967. *The theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press.
- MARGALEF, R. (ed.), 1985. *Western Mediterranean*. Pergamon Press, Oxford.
- MAY, R.M. (1981). *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. Blackwell Sc. Publ., 489 p.

PARRILLA, G. and T.H. Kinder, 1987. The physical oceanography of the Alboran Sea. *NORDA Rep.* 184, 26 p.

PÉREZ-RUBÍN, J., J. GIL, J. RUIZ, D. CORTÉS, F. JIMÉNEZ-GÓMEZ F. PARADA y J. RODRÍGUEZ, en prensa. La distribución del Ictioplancton y su relación con los parámetros físicos, químicos y biológicos en el sector Norte del Mar de Alborán (campana "Ictio Alborán-91". *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía*.

PÉREZ-RUBÍN, J., J. GIL, V. RODRÍGUEZ, J.M. BLANCO, F. JIMÉNEZ-GÓMEZ, B. BAUTISTA y J. RODRÍGUEZ, en prensa. Idem, campana 1992. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía*.

RODRÍGUEZ, J., 1982. *Oceanografía del Mar Mediterráneo*. Ed. Pirámide, Madrid.

SIMBERLOFF, D. 1986. Design of nature reserves. In *Conservation Evaluation* (Usher, M.B. ed.), Chapman and Hall, London, p. 315-337.

TINTORÉ, J., LA VIOLETTE P.E., BLADE I. and CRUZADO A., 1988. A study of an intense density front in the Eastern Alboran Sea: The Almería-Oran front. *Journal of Physical Oceanography*, 18, 1384-1397.

WILSON, E.O. and E.O. WILLIS, 1975. Applied biogeography. In *Ecology and Evolution of Communities* (Cody, M.L. and J.M. Diamond, eds). Harvard Univ. Press.