

La gestión del medio marino: el sistema costero-marino

GARCÍA SANABRIA, *Javier*

Universidad de Cádiz

Javier.sanabria@uca.es

ARENAS GRANADOS, *Pedro*

Universidad de Cádiz

pedro.arenas@uca.es

ARCILA GARRIDO, *Manuel*

Universidad de Sevilla

manuel.arcila@uca.es

[Recibido diciembre 2014; aceptado febrero 2015]

Resumen

El creciente interés por la gestión de los espacios marinos plantea un interesante reto a resolver: ¿cuál debería ser el ámbito de gestión de los planes de ordenación en un medio en el que no existen barreras y que además se encuentra caracterizado por su elevado dinamismo?. El presente trabajo realiza un análisis de las relaciones existentes en el sistema costero-marino, que con frecuencia no se encuentran reflejadas en el subsistema jurídico-administrativo. Concluye con una serie de recomendaciones dirigidas a incorporar la conectividad costero-marina en los sistemas de gestión de estos espacios.

Palabras clave: planificación espacial marina, gobernanza, sistema costero-marino, conectividad

Abstract

The growing interest in the management of marine spaces poses an interesting challenge to solve: what should be the scope of management plans in an environment in which there are no barriers and also is characterized by high dynamism?. This paper makes an analysis of the relationships in the coastal-marine system, which often are not reflected in the legal-administrative subsystem. It concludes with a series of recommendations to incorporate coastal-marine connectivity in the management systems of these spaces.

Keywords: marine spatial planning, governance, marine-coastal system, connectivity

1. Introducción

El medio marino alberga una gran biodiversidad y es el soporte de actividades económicas de larga tradición en la historia de la humanidad. A pesar de que venimos utilizándolo desde hace miles de años, su importancia para la sociedad, para la vida en la Tierra tal y como la conocemos hoy día, va mucho más allá de lo que se imaginaba.

Los mares y océanos cubren el 71% de la superficie del planeta y representan el 97% del volumen de agua disponible. Los ecosistemas marinos son de vital importancia para el funcionamiento del planeta, téngase en cuenta por ejemplo que son los grandes generadores del oxígeno que respiramos. Entre otras funciones, las aguas marinas regulan el clima en la Tierra y han amortiguado los efectos del cambio climático absorbiendo del 25 al 30 por ciento de todas las emisiones antropogénicas de carbono (Noone, 2012). Los océanos son también grandes generadores de vida, y proporcionan alimento para miles de millones de personas. Se trata de uno de los ecosistemas más productivos del planeta, constituyéndose en una valiosa fuente de servicios para el bienestar humano, tanto ahora como en un futuro, dado que en la actualidad sólo usamos parte de su potencialidad. Además el origen de la vida tuvo lugar en los océanos hace 3.500 millones de años, por lo que es natural que nos encontremos fuertemente ligados a los ecosistemas marinos, tanto desde el punto de vista material -alimentos, materias primas, calidad del aire- como espiritual -la sensación común de bienestar ante el mar o al navegar- (Duarte, 2012).

Resulta imposible ponerle precio al mar, su valor es incalculable, y tal es su importancia que cuidarlo, protegerlo frente a impactos y perturbaciones, equivale a cuidar a la propia especie humana. Y, sin embargo, los océanos se encuentran amenazados, y el fin de la capacidad de los continentes para proporcionar servicios a la creciente población pone a los ecosistemas marinos en el punto de mira.

Si bien no puede asignarse un valor económico al mar, los servicios que éste aporta, tales como fuente de alimentos, soporte para el transporte, servicios para el turismo, absorción de carbono atmosférico, etc., sí han podido ser evaluados en términos monetarios con objeto de incorporarlos a las políticas económicas internacionales y nacionales. De este modo se pretende que los océanos se encuentren "visibles" cuando se realizan los planes de futuro. Aunque esto significa reducir el valor de los ecosistemas marinos a términos monetarios e introducirlos en la lógica de mercado, puede suponer un avance importante en el objetivo de mejorar la gestión de nuestros mares pues de este modo comienzan a ser considerados en el proceso de toma de decisiones.

Aun así, los problemas del medio marino no han sido incorporados a las agendas políticas con la suficiente premura, y los océanos han sido las principales víctimas de las economías del mercado global. Se ha ignorado durante largo tiempo el valor real de los ecosistemas marinos, sus servicios y funciones para el ser humano y la vida en el planeta. En consecuencia, se han externalizado los verdaderos costes de la contaminación y la sobreexplotación, en buena medida, soportados por las aguas litorales y oceánicas.

Por todo ello, la gestión del mar debe ser un asunto prioritario en los próximos años pero si bien es clara la necesidad de gestionar el medio marino, no lo es tanto la manera de abordar este reto por parte de las administraciones y los gestores públicos.

2. Hipótesis objetivos

El dinamismo de los ecosistemas marinos y costeros, y las intensas relaciones e interdependencias que se dan entre ellos, parecen configurar un ámbito de relevancia analítica que debe ser estudiado y gestionado con una visión de conjunto.

En el presente artículo se persigue el objetivo general de contribuir a avanzar en la definición del ámbito que debe considerarse al enfrentarse a la gestión del medio marino.

Para ello, se analizará la conectividad del medio marino con el costero desde un punto de vista múltiple: físico-natural, biológico, social y económico.

Se concluirá el artículo con una serie de recomendaciones y criterios sobre el ámbito de gestión que debería ser considerado en los planes de gestión de los espacios marinos.

3. La conectividad del medio costero y marino: El sistema costero-marino

Antes de comenzar es preciso realizar algunas precisiones conceptuales necesarias para la comprensión del tema a desarrollar a continuación. En primer lugar, el término conectividad se entenderá en un sentido amplio, es decir; que se considera tanto la conectividad entre poblaciones en el mismo hábitat en diferentes localizaciones, o la conectividad entre hábitats marinos (en términos biológicos sería el caso en el que las especies usan diferentes hábitats en las diferentes etapas de su ciclo de vida); como la conectividad existente entre la tierra y el mar (Green, White y Kilarski, 2013). En un sentido puramente biológico la conectividad puede entenderse como las relaciones demográficas de las poblaciones locales a través de la dispersión de las larvas pelágicas y el

movimiento de los juveniles o adultos (Jones, 2009). En un sentido más físico-químico, la conectividad podría ser entendida como el flujo de nutrientes, sedimentos, o el estado de determinados parámetros físico-químicos que posibilitan la existencia de un determinado hábitat y que dependen de procesos que pueden darse en hábitats o ecosistemas distintos y espacialmente distantes (por ejemplo el aporte de nutrientes procedente de la cuenca hidrográfica que mantiene un ecosistema marino determinado o bien el aporte de sedimentos o arenas desde la cuenca vertiente hasta los ecosistemas de playas).

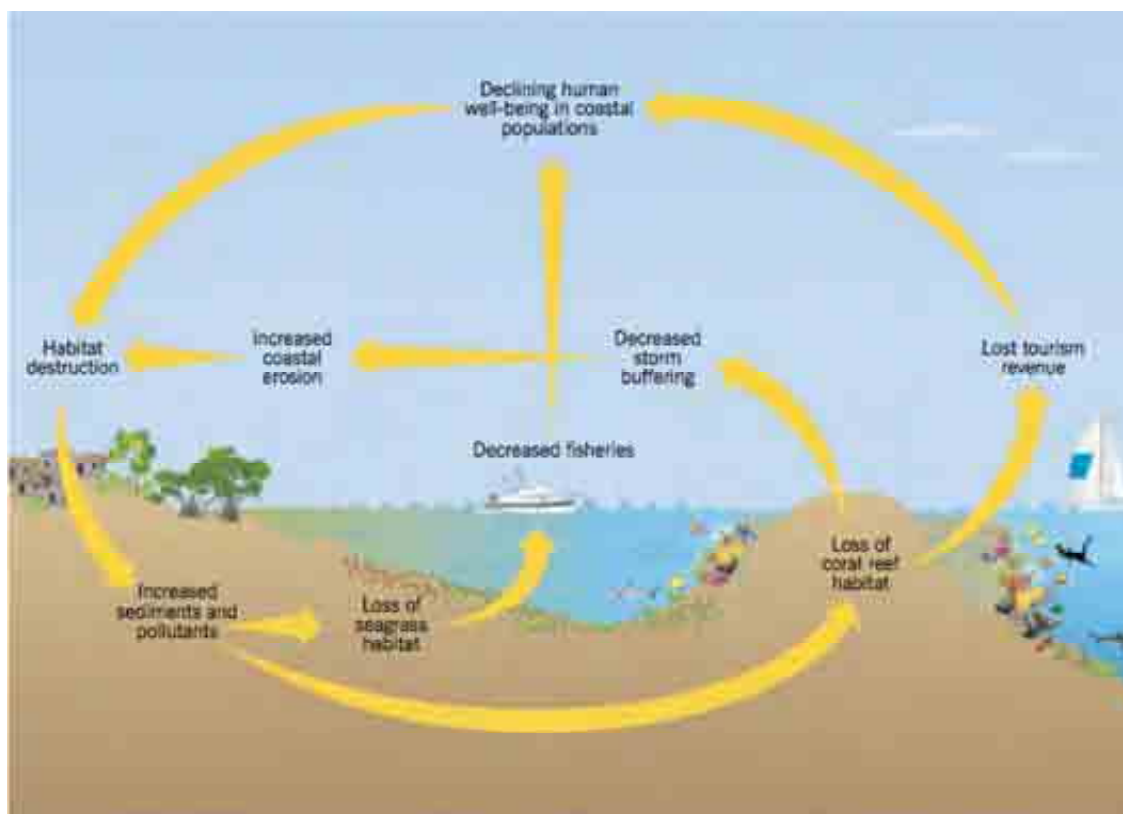
Por "sistema" se entiende la combinación de elementos y variables estructuradas, interdependientes, con conexión entre sí, que actúan conjuntamente, como un todo complejo, de común uso en geomorfología, especialmente desde Tricart (1969). Este concepto se basa en primer lugar en el término "cibernética" introducido por Wiener (1948) para referirse al control y la comunicación en sistemas por seres vivos y sus artefactos, que fue introducido posteriormente a la biología por Von Bertalanffy (1976) y que intentó generalizarse a otros campos a través de su "Teoría General de Sistemas". Así entonces el "Sistema" como conjunto de diversos elementos, compartimientos o unidades, cada uno de los cuales puede existir en muchos estados diferentes, de manera que la selección de un estado, está influenciada por los estados de los otros componentes mediante influencias recíprocas que constituyen un circuito recurrente. Especialmente valioso es el enfoque que del "sistema" de Margalef (1974 y 1978) y su aplicación a la comprensión de los procesos ecológicos. El autor señala que la Ecología no es otra cosa que el estudio de los sistemas a un nivel en el cual los individuos u organismos completos pueden ser considerados elementos de interacción, ya sea entre ellos, ya sea con matriz ambiental laxamente organizada. Los sistemas, a este nivel se denominan "ecosistemas" y la ecología, evidentemente, es la "biología de los ecosistemas".

El paso siguiente, de especial relevancia en este artículo, es la interpretación del "territorio" como "sistema", cuyos distintos subsistemas corresponden a la interconexión de las distintas ramas de la geografía, que tienen en el espacio geográfico la necesaria unidad entre Naturaleza y Sociedad (Unwin, 1995). Por ello la pertinencia de ahondar en el análisis integrado y no parcelado del territorio. Así entonces este "sistema" incluye además de los sistemas ecológicos a los sistemas sociales y económicos, como un todo complejo, que como señala Santos (1996), es un híbrido que participa igualmente de la condición de lo social y de lo físico. Este es por ejemplo, el enfoque de la iniciativa de "Evaluación de Ecosistemas del Milenio", incluso cuando se refiere en ocasiones a "sistemas forestales", "sistemas de cultivos", "sistemas de montaña" y así sucesivamente. Sistemas así definidos no son mutuamente excluyentes, y se permite su

superposición espacial o conceptual. Por ejemplo, el "sistema de cultivo" puede incluir áreas de "sistema de zonas secas" y viceversa (UNEP, 2006).

La dinámica de los sistemas costeros y marinos es en extremo compleja. Los intercambios de energía pueden fluir entre componentes de un ecosistema o entre ecosistemas entre sí. Fluyen además entre la sociedad y los ecosistemas que ésta usa. Impactos en los componentes de un ecosistema, como cambios en la presencia de determinadas especies, la estructura de un hábitat o la periodicidad de los procesos naturales; puede directa o indirectamente afectar muchos otros componentes de estos ecosistemas. Las relaciones entre los sistemas terrestres, costeros y marinos en particular pueden ser fuertemente relevantes para las especies que viven en estos sistemas, incluido el ser humano (ver figura 1). Por este motivo, en el epígrafe se hablará del "Sistema costero-marino" y se estudiará su conectividad y sus relaciones, ya que estos aspectos resultan de gran importancia de cara a la gestión de estos espacios.

Figura 1. Conexiones entre los sistemas costeros y marinos



Fuente: UNEP, 2011.

Desde el punto de vista físico-natural, en función de las condiciones terrestres o marinas (aeróbicas, anaeróbicas o de interfase), de la presencia (zona fótica) o ausencia de luz, o de la relación con el medio marino (físico-químicas y biológicas), es posible distinguir grandes grupos de ecosistemas

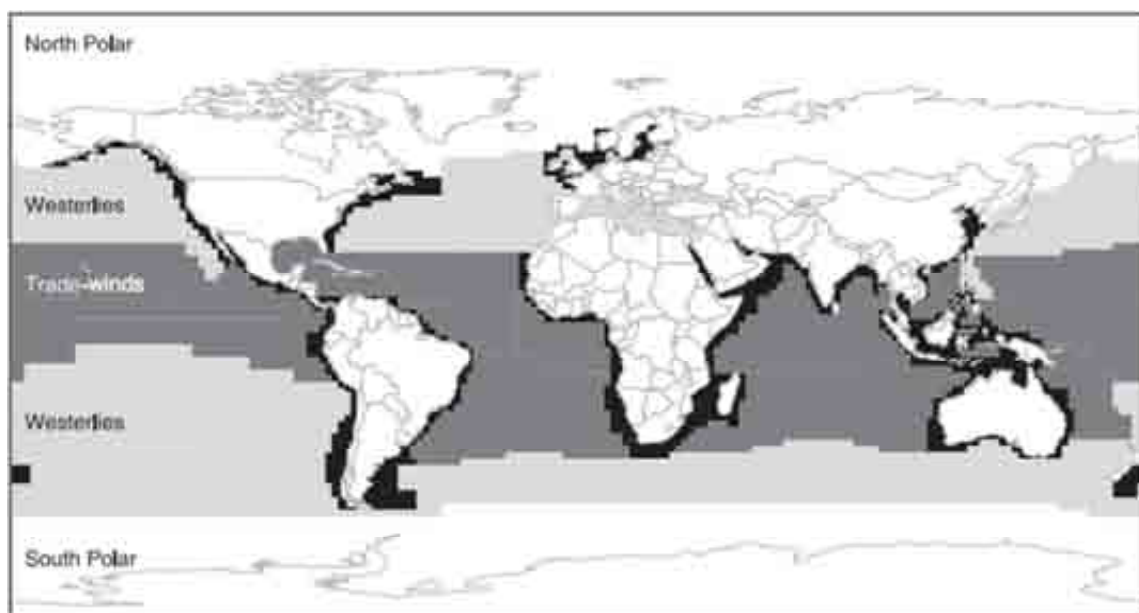
en el Sistema costero-marino. Es posible distinguir tres categorías de ecosistemas principales:

Ecosistemas terrestres. Aquellos más ligados a la parte terrestre donde la influencia marina puede llegar a ser escasa pero que se encuentran en la cuenca vertiente aportando nutrientes y sedimentos a los ecosistemas costeros.

Ecosistemas costeros. Los situados en las partes terrestres pero dependientes de la influencia marina, bien sea por las mareas o por los aerosoles marinos, así como los correspondientes a las áreas marinas cercanas a la línea de costa. Normalmente se define la extensión en tierra de los ecosistemas costeros en la línea donde la influencia terrestre es la preponderante, que puede llegar a ser un máximo de 100 kilómetros desde la línea de costa o 100 m de elevación topográfica, y hacia el mar se han definido los ecosistemas como costeros cuando éstos se encuentran en el límite de los 50 m de profundidad.

Ecosistemas marinos. Normalmente definidos como los presentes en las aguas marinas desde los 50 m de profundidad hasta los fondos abisales. Debido a la inmensidad de los océanos, en la figura 2 se representan cuatro subdivisiones o "biomas" marinos principales (Longhurst *et al.*, 1995; Longhurst, 1998): la zona de borde costero (representado con un borde negro alrededor de los continentes, y donde la profundidad sea mayor a 50 metros), la zona de vientos alisios, la de los vientos del oeste y las zonas polares (ver figura 2).

Figura 2. Ejemplo de clasificación general de los ecosistemas oceánicos



Fuente: UNEP, 2005.

Sin embargo y sólo con el objetivo de comprender mejor las relaciones que se dan en el sistema costero-marino, se procede a continuación a proponer una subdivisión diferente que permite identificar mejor las relaciones que se dan entre la parte costera y la marina. De este modo, se procede a dividir los ecosistemas costeros en dos categorías: los ecosistemas costero-marinos y los marino costeros, quedando la clasificación propuesta como sigue:

- Ecosistemas terrestres. Los correspondientes a la cuenca hidrográfica que vierte a la costa, aportando nutrientes, agua dulce y, producto de la acción humana, también contaminantes al sistema costero-marino; como por ejemplo fertilizantes o pesticidas empleados en la agricultura o bien vertidos de aguas fecales o industriales. No poseen límites bien definidos, abarcando un área de la cuenca en la que la influencia marina no resulta significativa para los ecosistemas resultantes, pero que sin embargo es un área terrestre que tiene gran influencia sobre los ecosistemas costero-marinos que se desarrollan en zonas de menor cota topográfica. Se corresponden con las tierras litorales situadas a cierta altitud en la cuenca.
- Ecosistemas costeros. Con objeto de entender mejor las relaciones y flujos entre los ecosistemas del sistema costero-marino, se ha optado por dividir estos ecosistemas en dos grupos:
 - Ecosistemas costeros terrestres. Abarcan desde la zona de cuenca cuyos ecosistemas dependen de la influencia marina hasta la zona marina sumergida donde sus ecosistemas se encuentran más condicionados por las relaciones con la zona terrestre. Esto incluye la zona intermareal, el área terrestre de influencia marina y el área marina de mayor influencia terrestre (fondos someros, humedales, etc.). Se corresponden con las tierras litorales más bajas, el frente litoral y su borde, el espacio intermareal y las zonas más someras de las aguas litorales. Los tipos de ecosistemas típicos de esta zona son los manglares, las marismas y humedales, las playas, las lagunas costeras, etc.
 - Ecosistemas costeros marinos. Aquellos cuya relación con el medio marino es la más significativa, si bien dependen en mayor o menor medida del medio costero. Se encuentran siempre sumergidos independientemente de las mareas. Por lo general, serán aquellos cuyos fondos marinos se encuentren a cierta profundidad pero siempre dentro de la zona fótica de manera que puedan proliferar en ellos comunidades algales, praderas de fanerógamas o arrecifes coralinos.

- Ecosistemas marinos. Aquellos de carácter eminentemente marino cuyos fondos se encuentran a mayor profundidad de la que es capaz de penetrar la luz. Se corresponden con las aguas litorales profundas y las aguas oceánicas. Algunos de los ecosistemas más característicos son los formados por corales de aguas profundas o los asociados a montañas submarinas o ecosistemas de esponjas. En algunos casos estos ecosistemas albergan una extraordinaria biodiversidad gracias a las corrientes que los bañan en nutrientes y también se ha constatado un elevado número de endemismos y especies desconocidas hasta ahora para el hombre. Es importante saber que con la escasez de alimento en las aguas frías y oscuras de las profundidades del océano, las especies de aguas profundas tienden a crecer y madurar lentamente, por lo que tienen una baja capacidad de reproducción. De hecho algunas especies de peces que habitan en aguas profundas viven 30 años o más y otras, como el reloj anaranjado, pueden vivir hasta 150 años (DSCC, 2014). Por lo tanto, una cuestión esencial a tener en cuenta en relación a los ecosistemas marinos de aguas profundas es que las especies que allí habitan han evolucionado a lo largo de miles de años en unas condiciones muy estables por lo que ante una perturbación se recuperan, si lo hacen, de una forma extraordinariamente lenta.

En este sentido, los estudios científicos alertan desde hace años sobre la situación de los ecosistemas de aguas profundas. Conviene recordar por ejemplo lo expresado por Frewald et al., (2004):

Lamentablemente, a medida que expandimos nuestro conocimiento sobre la distribución, la dinámica biológica y la rica biodiversidad de los ecosistemas de agua fría, también reunimos evidencias que demuestran claramente que estos vulnerables ecosistemas están siendo dañados por actividades no reguladas llevadas a cabo por los seres humanos... Indudablemente, el daño mayor, y el más irreversible, se debe a la creciente intensidad de la pesca de arrastre en aguas profundas, la cual se lleva a cabo a través del despliegue de pesados dispositivos con rodillos a través del fondo del mar.

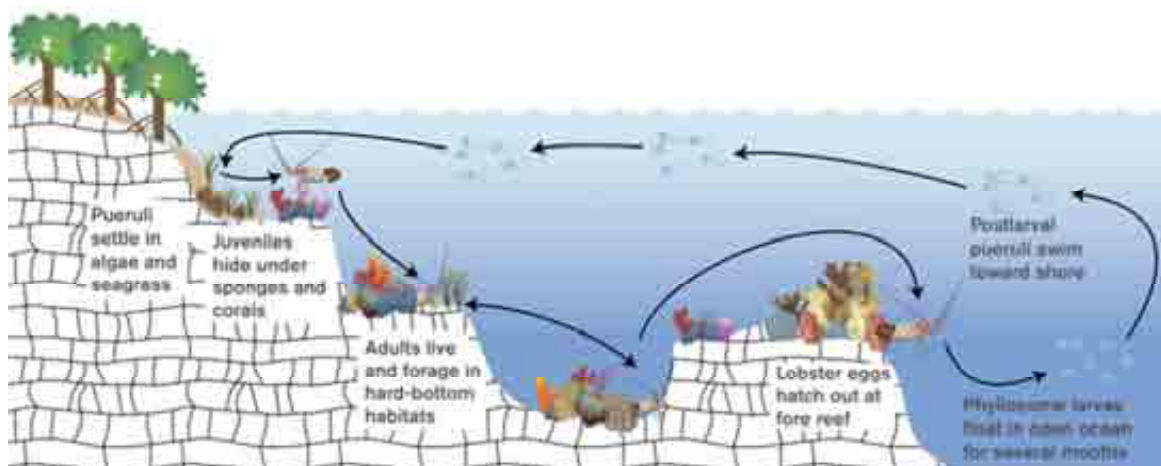
Desde el punto de vista de la biología es clara la conexión entre los diferentes ecosistemas marinos y marino-costeros identificados con anterioridad (García-Charton et al., 2013). Diversos autores (Carret *al.*, 2003; Gilleret *al.*, 2004 y García-Charton, 2006) destacan entre las características ecológicas que distinguen a los ecosistemas marinos de los terrestres el hecho de que los marinos son generalmente más abiertos, debido al complejo ciclo de vida que presentan la mayoría de las especies marinas, con prevalencia de una fertilización externa caracterizada por una enorme producción de propágulos de tamaño mínimo y que cuentan con

capacidad de dispersión. Por estos motivos, el concepto de conectividad resulta clave para comprender el funcionamiento de las poblaciones y comunidades marinas.

Otros autores (Pérez-Ruzafa et al., 2006; Jones et al., 2007, 2009a; Botsford et al., 2009) definen la conectividad marina como el resultado de la dispersión de gametos, huevos y larvas y, en el caso de las especies vágiles (aquellas libres de movimientos, como peces y ciertos crustáceos y moluscos), de los movimientos (diarios, estacionales y ontogénicos) de juveniles y adultos, pero también del intercambio de materia (nutrientes, sedimentos) entre zonas más o menos alejadas, todo ello modulado por la disposición espacial y el grado de conexión entre manchas del mosaico de hábitats costeros (Dorenboschet *al.*, 2007; Sheaves 2009) y las pautas de circulación marina.

En efecto, en el medio marino las poblaciones muestran un elevado flujo genético favorecido por la inexistencia de barreras a dicho flujo debido a la continuidad que presentan mares y océanos. Además, muchas de las poblaciones marinas tienen ciclos de vida complejos que traspasan las barreras ecosistémicas, pudiendo abarcar desde espacios oceánicos en su fase larval hasta las zonas costeras más someras en sus fases juveniles para pasar a ambientes más profundos a medida que van avanzando y madurando en su ciclo vital. A modo de ejemplo, el ciclo de vida de la langosta abarca desde las zonas de océano abierto en su fase larval hasta las aguas costeras someras en su etapa juvenil (ver figura 3).

Figura 3. Ciclo de vida de la langosta.



Fuente: Kaufman L. y Tschirky J., 2010.

Existe una alta conectividad entre poblaciones distantes de especies con alto potencial de dispersión, aunque esto puede variar por la presencia de otros factores como las corrientes marinas, la discontinuidad del hábitat, la topografía del fondo, etc. En efecto, los factores físicos además de los

biológicos pueden aportar una mayor o menor conectividad entre ecosistemas marinos, y entre éstos y los ecosistemas costeros. Los principales procesos físicos que intervienen en este sentido son los siguientes (Paris *et al.*, 2009):

- Corrientes oceánicas. Desde la circulación general de las corrientes oceánicas a procesos más localizados como las corrientes costeras, meandros, corrientes en jet, remolinos, sistemas frontales de borde de plataforma, etc.
- Mareas. Las corrientes de marea pueden ser muy importante en aguas someras, arrecifes, marismas, etc., dependiendo de la topografía. Las corrientes residuales, frentes de mareas, corrientes de gradiente vertical. Las corrientes de marea tienen una fuerte relación con el comportamiento de las larvas de algunos organismos (sincronización de la migración vertical de las larvas con el reflujociclo de marea de inundación), el momento del desove (sincronización con los ciclos de marea), y la ubicación del desove (elección de la profundidad del desove en función de las mareas).
- Entrada de agua dulce. Presencia de "frentes" hidrológicos en la proximidad de la desembocadura de los ríos, la circulación del agua dulce, la estratificación del agua por densidad puede actuar como una barrera a los movimientos verticales, intrusiones periódicas de agua de baja salinidad puede afectar a la mortandad de las larvas, sincronización del tiempo de desove con las máximas/mínimas descargas de agua dulce de los ríos.
- Viento. Circulación de los vientos, oleaje, zonas de afloramiento y de formación de aguas profundas y frentes asociados y zonas de convergencia.
- Frentes. Pueden actuar como barreras que limitan el transporte de larvas pero son también la base para las circulaciones destinadas a formar zonas de convergencia y divergencia.

Todos estos factores dan lugar a una suerte de flujos de tipo físico y biológico entre la parte terrestre y marina del litoral (ver tabla 1).

Además de los factores anteriores, que responden a una descripción típica de los patrones físicos existentes, la variabilidad de estos procesos en forma de eventos extremos, perturbaciones o inestabilidades pueden a su vez tener un fuerte impacto en los trasportes o retenciones de larvas. De hecho, la colonización de nuevos hábitats puede resultar de uno de estos eventos esporádicos.

Tabla 1. Flujos físicos y biológicos de tierra a mar y de mar a tierra

| | Causas naturales | Causas antropogénicas |
|------------------------|---|--|
| De tierra a mar | Aguas de descarga y escorrentía (ríos, barrancos, etc.) | Sedimentos (tanto un incremento producido por los usos del suelo en la cuenca como un descenso por la presencia de presas) |
| | Aguas subterráneas | Nutrientes y materia orgánica procedente de la agricultura y las aguas residuales |
| | Sedimentos | Bacterias coliformes |
| | Nutrientes y minerales | Herbicidas y pesticidas (normalmente usados en cultivos) |
| | Materia orgánica | Metales pesados (normalmente por vertidos industriales a lo largo de la cuenca) |
| | Basuras arrastradas por tormentas | |
| | Residuos (escombros...) de tormentas | Aceites y productos químicos (normalmente procedentes de vertidos industriales en la cuenca vertiente) |
| | Residuos (escombros, etc.) por terremotos | |
| Residuos volcánicos | | |
| De mar a tierra | Energía y residuos de huracanes | Derrames de aceites y productos químicos. |
| | Agua fría y nutrientes procedentes de afloramientos | Entradas continuas de aceites y productos químicos (vertidos desde barcos, lavado de sentinas en alta mar, etc.) |
| | Acción del oleaje | Aguas residuales procedentes de barcos |
| | Sal marina y aerosoles salinos | Aguas de lastre conteniendo organismos exóticos |
| | Arena | Basuras procedentes de barcos |
| | Nutrientes a través de cadáveres, guano, etc. | Infiltraciones de agua salobre en las reservas de agua subterránea debidas a extracciones excesivas de agua (pozos, etc.) |
| | | Productos farmacéuticos |

Fuente: elaboración propia a partir de Agardy y Alder, 2005.

La NOAA ha elaborado una ilustración para mostrar gráficamente esta conectividad (figura 4). Hace referencia al caso del "Large Marine Ecosystem" del Golfo de Alaska y muestra la complejidad de las interacciones que se dan entre los componentes naturales de las áreas costero-marinas, que se complican aún más al introducir el componente humano como parte del ecosistema. Entender estas relaciones y tenerlas en consideración a la hora de regular el uso de los recursos y adoptar las decisiones de gestión resulta clave para alcanzar una gestión sostenible e integrada de estos espacios.

Figura 4. El continuo costero-marino: factores físicos, biológicos y humanos



Fuente: NOAA website, 2014.

Los ecosistemas que presentan mayor biodiversidad y productividad se corresponden con los de transición: los costero-marinos y los marino-someros, de cuya producción biológica depende en gran medida el buen estado del sistema costero-marino. En este caso la conectividad entre ecosistemas resulta también muy clara, pero la diversidad de ambientes y su elevado dinamismo resultan aún si cabe superior a los de los ecosistemas exclusivamente marinos. Piénsese, por ejemplo, en las mareas y las condiciones de aerobiosis y anaerobiosis que se dan en los ambientes

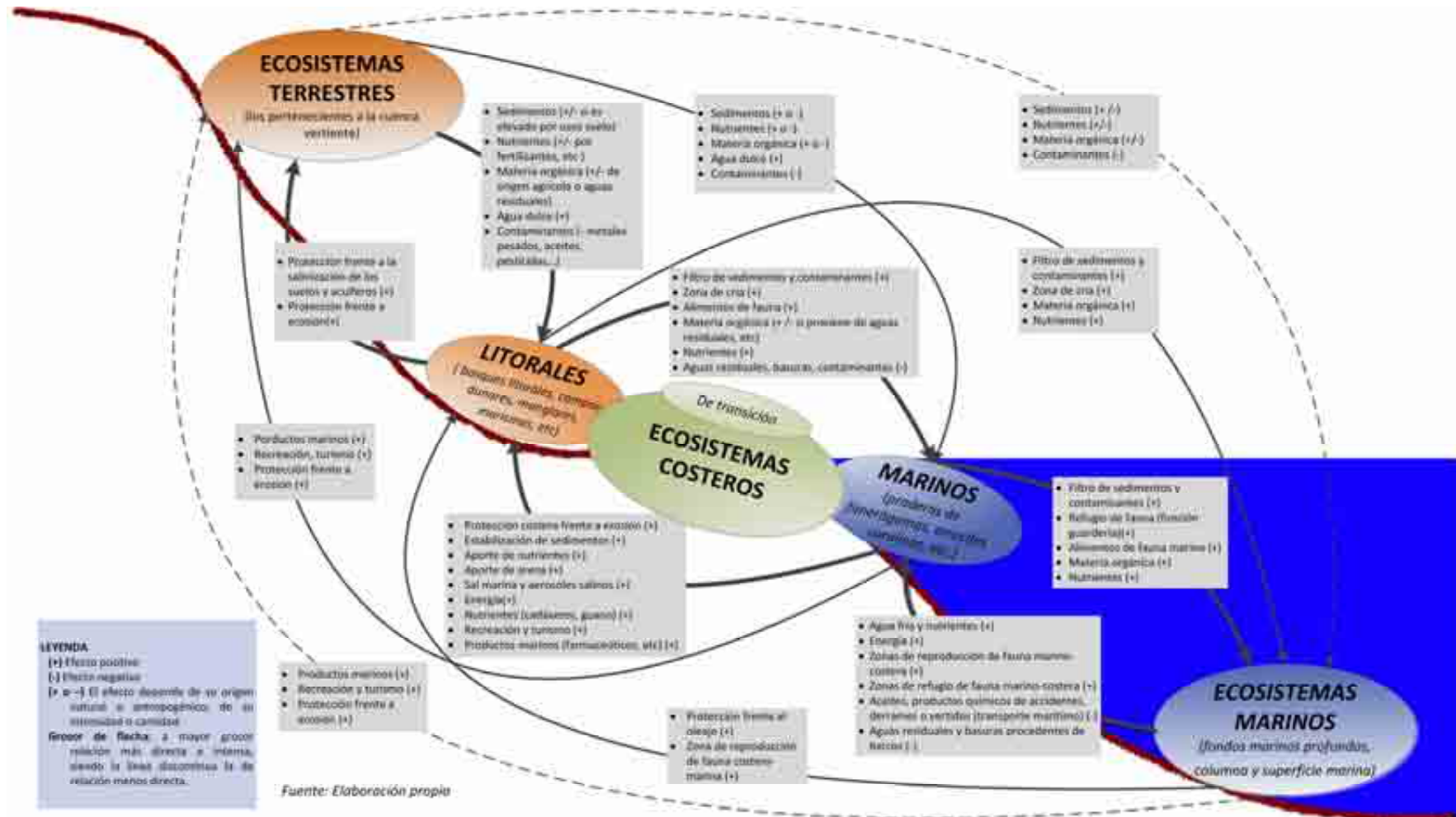
costeros de transición en un mismo día. Las temperaturas son también muy cambiantes así como el grado de humedad y salinidad (lluvias, aportes de ríos, etc.). Tenemos, por tanto, en estos ambientes unas condiciones idóneas para el desarrollo de una elevada biodiversidad y es posible encontrar en estos ambientes de condiciones en extremo cambiantes especies con una fascinante capacidad de adaptación.

De este modo, queda definido el "Sistema costero-marino" como el que corresponde con un área funcional en la que los ecosistemas y sus servicios se encuentran íntimamente relacionados (ver figura 5). Deberá incluir las cuencas hidrográficas vertientes en la costa y también el medio marino, entendiendo por éste sobre todo la zona marina adyacente a la costa, donde encontramos los ecosistemas más productivos y de cuya salud dependerá finalmente el buen estado del medio marino en su conjunto (Cicin-Sain y Belfiore, 2005).

Este espacio (cuenca hidrográfica, área litoral y medio marino) conforma un sistema que contiene importantes recursos naturales que son usados de manera intensa por la sociedad. Ha sido cada vez mayor la tendencia al incremento de las actividades humanas en estos ámbitos por lo que los "enlaces funcionales" entre las cuencas hidrográficas, las zonas costeras y marinas son hoy más importantes que nunca.

La siguiente figura muestra un esquema conceptual del funcionamiento del "sistema costero-marino" en sus relaciones de carácter físico y biológico que caracterizan y posibilitan su adecuado funcionamiento y el mantenimiento de la gran variedad de servicios que el sistema costero-marino aporta al bienestar de las sociedades humanas.

Figura 5: la conectividad del sistema costero-marino a través de los servicios de ecosistemas



Fuente: García Sanabria, 2014 (b)

4. Conclusiones y recomendaciones para la gestión del sistema costero-marino

El sistema costero-marino es un ámbito singular que presenta peculiaridades de gran interés desde el punto de vista de su gestión. El subsistema físico-natural que lo compone presenta, a nivel físico-químico y ecosistémico, una fuerte conectividad entre el ámbito terrestre y marino del litoral (Green *et al.*, 2013; Paris *et al.*, 2009). Los flujos de energía desde la cuenca vertiente hacia el mar y desde éste hacia las zonas costeras son de tal importancia que permiten y explican en buena medida el desarrollo de los ecosistemas que allí se encuentran. Por otro lado, el subsistema socio-económico presenta también conectividad en el conjunto del sistema costero-marino. La relación es tan estrecha que puede incluso hablarse, al igual que en el caso de los ecosistemas, de una conectividad antropogénica entre las actividades costeras y las marinas. En efecto, las actividades realizadas en el mar cercano a costa cuentan con infraestructuras asociadas en tierra y, además, se encuentran vinculada a las economías y sociedades costeras ubicadas frente a la zona marina donde se desarrolla.

Estas singularidades generan una gran interdependencia entre los distintos componentes que forman el sistema costero-marino hasta el extremo de aconsejar una gestión conjunta de todos ellos. En otras palabras, parece adecuada una gestión de los mares más próximos al litoral desde una óptica terrestre.

Sin embargo, el subsistema jurídico-administrativo no refleja la conectividad descrita en las áreas costero-marinas. En parte esto puede deberse al poco recorrido que aún tiene la gestión del medio marino. La evolución del Derecho Internacional del Mar, propiciada por los repetidos esfuerzos de las Naciones Unidas y las presiones ejercidas por los lobbies económicos de la energía, ha logrado definir muy recientemente (1982) el ámbito de gestión de los distintos países ribereños. En la Conferencia de Río 92 las Naciones Unidas lograron un compromiso de las partes para abordar el siguiente paso: gestionar los espacios marítimos bajo soberanía de los estados, para lo que cada país se comprometía a tener aprobado instrumentos para su gestión en la siguiente convención de 2002 (Johannesburgo). En la actualidad (2014), las regiones y sus estados cuentan ya con políticas más o menos consolidadas que deben adoptar. Para ello, deberán adaptar sus estructuras político-administrativas de manera que se incluyan los espacios marítimos y se hagan efectivos los objetivos políticos establecidos (Suárez de Vivero *et al.*, 2009).

Por todo ello, puede concluirse que es un excelente momento para incorporar la conectividad del sistema costero marino en los esquemas de esta gestión, realizándose los acuerdos administrativos, institucionales y

políticos necesarios para ello. En este proceso deberá tenerse en cuenta que la naturaleza jurídica de los bienes y espacios marinos y costeros es fundamentalmente pública, por lo que parece adecuado construir una organización institucional que atienda a esta realidad e incorpore e implique a los distintos actores en los asuntos costero-marinos.

La participación propuesta no estará exenta de problemas, hay muchas cuestiones a resolver, comenzando por la dificultad que entrañaría la dialéctica entre comunidad (de carácter local) y el Estado. En efecto, la población local se verá directamente afectada por la gestión de estos espacios, por lo que debería poder contar con cierta capacidad de influir en las decisiones en la medida en que éstas repercutirán en su modo y calidad de vida. Por otro lado, las áreas costero-marinas suelen ser de interés general para el desarrollo de los Estados, motivo por el que su gestión no debería depender exclusivamente del interés local. Encontramos, por tanto, intereses de Estado en juego en la gestión del medio marino, así como cuestiones relativas a la mayor capacidad de control que ejerce el Estado, su mayor legitimidad y capacidad de representación del interés general, etc. En este escenario, cómo y hasta qué punto debe ser la capacidad de influencia de los distintos actores sobre las decisiones de gestión es una cuestión crítica a resolver.

Esta nueva organización administrativa deberá, a tenor de lo expuesto con anterioridad, concebir la gestión integrada del medio marino, al menos aquél próximo a la costa, como una parte de la gestión integrada del litoral. De este modo se lograría una gestión de todo el sistema, atendiendo a la conectividad físico-natural; pero también gestionando las actividades marítimas desde el medio en el que concentran sus bases operativas: el medio costero, al que por otro lado condicionan desde el punto de vista territorial (ordenación de usos y actividades en la costa) y socioeconómico (influyen en el modo de vida y las economías costeras).

BIBLIOGRAFÍA

AGARDY, T. Y ALDER, J. (coord.). 2005. Chapter 19. Coastal Systems. En Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group. Edited by Rashid Hassan, Robert Scholes, Neville Ash.

BERTALANFFY, L. von. (1976). Teoría General de los Sistemas. Madrid-Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, (ed. inglesa, 1968). 311 p.

BOTSFORD LW et al (2009) Connectivity and resilience of coral reef metapopulations in marine protected areas: matching empirical efforts to predictive needs. Coral Reefs 28:327–337. doi: 10.1007/s00338-009-0466-z

CARR, M. H., J. E. NEIGEL, J. A. ESTES, S. ANDELMAN, R. R. WARNER, AND J. L. LARGIER. (2003). Comparing marine and terrestrial ecosystems: implications for the design of coastal marine reserves. *Ecological Applications* 13:90–107.

CICIN-SAIN, B. AND BELFIORE, S. (2005). Linking marine protected areas to integrate coastal and ocean management: a review of theory and practice. *Ocean and Coastal Management*: 847-868.

Convention on the Law of the Sea. 20th anniversary (1982-2002). (2013). *Oceans: the source of life*. United Nations.

DORENBOSCH, M., W. VERBERK, I. NAGELKERKEN & G. VAN DER VELDE. (2007). Influence of habitat configuration on connectivity between fish assemblages of Caribbean sea grass beds, mangroves and coral reefs. *Mar. Ecol. Progr.* 334: 103-116.

DSCC (Deep Sea Conservation Coalition). (2014). Misterios y montañas en las profundidades: montañas submarinas y corales de agua fría. Documento informativo. 4 pp. Consulta realizada en junio de 2014: <http://www.savethehighseas.org/>

DUARTE, C. M., FÉRRIZ-MURILLO, I., ROYO-MARÍ, L. (2012). Evaluación de los ecosistemas del milenio de España. Sección III. Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas. Capítulo 14. Marinos. IMEDEA (CSIC-UIB), Departamento de Investigación del Cambio Global. 160 pp.

FREWALD, J. et al. (2004). Cold Water Corals – Out of Sight, No Longer Out of Mind. UNEP. 10.

GARCÍA CHARTON et al. (2013). Áreas protegidas y conectividad en el medio marino. En: Esteve, M. A.; Martínez, J. M. y Soro, B. (Eds.). Análisis ecológico, económico y jurídico de la red de espacios naturales en la región de Murcia. Ediciones de la Universidad de Murcia, pp.181-210

GARCÍA CHARTON, J.A. (2006) Procesos ecológicos importantes para la protección de la biodiversidad marina. En: Ayuntamiento de Murcia (Ed.) *Contrastes naturales en la región bioclimática del Mediterráneo*. Museo de la Ciencia y el Agua – Ayuntamiento de Murcia: 243-261.

GARCÍA-SANABRIA, J. (2014). La planificación espacial marina: una herramienta útil para diferentes ámbitos de aplicación. 7th International Congress for Spatial Planning. Edita: Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT. I.S.S.N.:2386-6993. Depósito legal: M-31392-2014. DOI:10.13140/2.1.4650.1443

GARCÍA-SANABRIA, J. (2014 b). Hacia la gestión integrada del medio marino: análisis de un nuevo marco conceptual y metodológico. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz. Defendida el 11/07/2014.

GILLER PS , HILLEBRAND H , BERNINGER U-G , GESSNER MO , HAWKINS S , INCHAUSTI P , INGLIS C , LESLIE H , MALMQVIST B , MONAGHAN MT , MORIN PJ , O'MULLAN G (2004) Biodiversity effects on ecosystem functioning: emerging issues and their experimental test in aquatic environments . *Oikos* 104: 423 – 436

GREEN, A., WHITE, A. Y KILARSKI, S. (Eds.) (2013). Designing marine protected area networks to achieve fisheries, biodiversity, and climate change objectives in tropical ecosystems: A practitioner guide. The Nature Conservancy, and the USAID Coral Triangle Support Partnership. Cebu City. Philippines. viii + 35 pp.

JONES, G.P., M. SRINIVASAN, AND G.R. ALMANY. (2007). Population connectivity and conservation of marine biodiversity. *Oceanography* 20(3):100–111, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2007.33>.

JONES GP et al (2009) Larval retention and connectivity among populations of corals and reef fishes: history, advances and challenges. *Coral Reefs* 28:307–325. DOI: 10.1007/s00338-009-0469-9

KAUFMAN, L. AND TSCHIRKY, J. (2010). Living with the Sea. Science and Knowledge Division, Conservation International, Arlington, VA, USA.

LONGHURST, A.R (1995). Seasonal cycles of pelagic production and consumption. *Progress in Oceanography* 36:77-167.

LONGHURST, A.R. (1998). Ecological Geography of the Sea. Academic Press, San Diego. 398p.

MARGALEF, R. (1974). Ecología. Barcelona, Omega. 359-390 y 694-698 pp.

MARGALEF, R. (1978). Prespectivas de la teoría ecológica. Blume. Barcelona. 7-10 pp.

NOAA website, (2014) (último acceso, 16/11/2014).

http://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/ecosystems/gulf_of_alaska_lme_650.html

NOONE, K., SUMAILA, R., DÍAZ, R. J. (editors). (2012). Valuing the Ocean. Extended Executive Summary. SEI, Stockholm Environment Institute. 30 pp.

PARIS, C. B., IRISSON, J. O., LACROIX, G., FIKSEN, Ø., LEIS, J. M. AND MULLON, C. (2009). "Connectivity". In North, E. W., Gallego, A. and Petitgas, P. (Eds). Manual of Recommended Practices for Modelling Physical – Biological Interactions during Fish Early Life, pp. 63-82. ICES Cooperative Research Report nº 295, 111 pp.

PÉREZ-CAYEIRO, M. L. (2013). Gestión Integrada de Áreas Litorales. Análisis de los fundamentos de la disciplina. Ed. Tébar, Madrid, 404 pp.

PÉREZ RUZAFÁ, A., GONZÁLEZ WANGUEMERT, M., LENFANT, P., MARCOS, C., GARCÍA CHARTON, J.A. (2006) Effects of fishing protection on the genetic structure of fish populations. *Biological Conservation* 129: 244-255.

SANTOS, M. A. (1996). *A natureza do espaço*. São Paulo, Hucitec.

SHEAVES M (2009) The Consequences of Ecological Connectivity: the Example of the Coastal Ecosystem Mosaic. *Marine Ecology Progress Series* 391:107-115

SUÁREZ DE VIVERO, J. L., RODRÍGUEZ MATEOS, J. C., FLORIDO DEL CORRAL, D. (2009). Geopolitical factors of maritime policies and marine spatial planning: state, regions, and geographical planning scope. *Marine Policy*, 33: 624-634.

TRICART, J. (1969). *La epidermis de la Tierra*. Labor. Barcelona.

UNEP, (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group / edited by Rashid Hassan, Robert Scholes, Neville Ash. The millennium ecosystem assessment series ; v. 1*

UNEP. (2006). *Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. UNEP. 76pp

UNEP. (2011). *Taking Steps toward Marine and Coastal Ecosystem- based Management. An introductory guide*. UNEP Regional Seas Reports and Studies, nº 189, 67 pp.

UNWIN, T. (1995). *El lugar de la geografía*. Cátedra. Madrid. 342 p.

WIENER, N. (1948). *Cybernetics*. New York. Wiley. (traducción castellana, Guadiana, 1971).