

El Marco Ecológico para Iluminar la Sociedad Actual¹

RAMÓN MARGALEF
Barcelona (España), 1998.

A pesar de compartir el prefijo común *eco*, no resulta fácil construir puentes eficaces entre las ciencias que llevan los nombres de ecología y economía. Mi contribución a la presente discusión sólo puede partir del campo ecológico y cualquier consideración que haga en relación con la economía puede ser considerada como heterodoxa. Mi punto de partida es evolucionista y empieza por considerar características de la humanidad que, desde su origen, pesan de manera importante e inevitable en la determinación de algunos aspectos de nuestra trayectoria evolutiva.

Debo excusarme por insistir, una vez más, acerca de algunos aspectos que en estos últimos tiempos me han preocupado e interesado. Por supuesto, mis argumentos dejan cabos sueltos y además hay razones por las que jamás podrán ser populares. Entre ellas está el natural egoísmo individual y de clase, que se relaciona con la posición de muchos de los llamados intelectuales, y especialmente en los de nuestro país, en su relación con el tema de la evolución biológica. Las polémicas surgidas en torno a la misma, definida en su sentido darwiniano, se silenciaron pronto (RUBIO, 1983), aunque sin que en nuestro país se asimilasen los aspectos fundamentales de la evolución y de la dinámica de la misma en la naturaleza. Yo pienso que, una vez que la Iglesia aceptó la posibilidad de que *descendiéramos del mono*, los partidarios de *las luces*, perdieron cualquier interés por otras posibles implicaciones de la evolución; pudo parecer como si sólo hubieran prestado atención a la teoría de la evolución por su potencial para incordiar a los obispos, pero jamás por el que conservaba para hacer reflexionar a nuestra cultura, hasta el punto de crear dificultades hasta a los economistas.

Dicho esto a modo de introducción, recordaré otra vez algunos aspectos que, según creo, se relacionan poderosamente con el presente y el futuro de la humanidad, tal como se va configurando históricamente, y que se expresan en los dominios de la ecología y, también, de manera menos manifiesta, en el campo de la economía.

Transmisión Cultural

La *transmisión cultural* acelera la difusión y expansión de conocimientos adquiridos, actividades, o formas de comportamiento, con toda su variabilidad, aparte o por fuera de la transmisión genética de particulares potencialidades innatas. Pero esta mayor rapidez de propagación no garantiza la uniformidad, antes bien puede generar y contribuye a mantener, en próxima coexistencia, notables diferencias culturales. El repertorio completo de información, distribuido ente los diversos individuos que comparten una fracción relativamente elevada del conjunto de dicha información, estará siempre en condiciones de aumentar.

Su posible aumento demanda cambios físicos en los mismos sistemas vivos considerados, o bien en su periferia inmediata que es integrable con ellos en grado distinto. Estos cambios físicos se asocian con lo que se sigue llamando comúnmente un *aumento de la entropía*. El cambio implica una transformación irreversible de energía. Es posible que los cambios (negativos) de entropía por información (positiva), aparezcan de manera inevitable e inconsciente, y aún pueden resultar indeseables o no aceptados según otros criterios desarrollados *a posteriori* en los mismos o en otros segmentos de la población. Puesto que la transmisión cultural puede crecer exponencialmente, es lícito suponer que en algunos casos llegue a perjudicar su posible utilidad para la especie que goza de ella, ya que una difusión excesiva de alguna de las formas de comportamiento podría resultar negativa, incluso desde el punto de vista de la selección natural estrictamente biológica, aunque contemplada desde un punto de mira algo sesgado.

Apropiación del Entorno

La apropiación del entorno tiene la forma de una utilización de energías y recursos materiales exosomáticos, es decir que, pasando o no pasando por la vía del metabolismo biológico ordinario, contribuyen desde una posición periférica a la conservación y evolución de las poblaciones y de las especies. Tal propiedad no es tan característica de la humanidad como la anterior. Las plantas vasculares terrestres, por ejemplo, utilizan la energía asociable con la evaporación del agua (evapotranspiración) que facilita la

¹Publicado en:
NAREDO, J. M. & PARRA, F. (EDS.)
1998 *Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual*
Siglo XXI Editores, Madrid. pp 51–66

entrada en la planta de elementos nutritivos que vienen con el agua del suelo. Cuando la planta consigue estos elementos necesarios —y el fósforo suele ser el limitante más frecuente entre ellos— sus células pueden dividirse generando la materia viva que podemos calificar de más noble. Cuando la escasez de fósforo frena la multiplicación celular, se fabrica madera, mucílagos, hidrocarburos y esencias, entre ellos algunas sustancias tóxicas que se difunden por el entorno, como lo son también los venenos de las *purgas de mar* o *mareas rojas*. Todos estos materiales, mucílagos, madera, materiales de construcción en los termiteros, son biológicamente comparables a los materiales empleados por los humanos para construir casas, canalizaciones y ciudades.

Esta comparación puede hacerse más significativa recordando de manera más precisa algunas características de la vida y milagros de las plantas vasculares terrestres:

1. El aparato que utiliza la energía de la evapotranspiración, hecho básicamente de celulosa y lignina (madera) se conforma de manera variable, aunque con un estilo peculiar para cada especie, en cada unidad que reconocemos como *una planta, un árbol, etc.*
2. La celulosa y la lignina, junto con otros compuestos caracterizados por su carencia de fósforo, como son los hidrocarburos volátiles de tipos diferentes (terpenos, esencias, etc.) pueden aparecer en combinaciones particulares según las especies, pero no garantizan una gran uniformidad en la morfología ni en las propiedades químicas de las respectivas unidades vegetativas, entre las cuales los grandes árboles destacan por su considerable tamaño.

La humanidad, tanto por su capacidad para la construcción y manipulación de objetos, instrumentos diversos y máquinas, como por la amplia utilización de energías no metabólicas propias, ha iniciado una vía de evolución propia, que se caracteriza por una intensa reorganización de su entorno natural, que hoy día muchos consideraríamos excesiva. Implica ya una inversión de la topología del mismo paisaje, que está teniendo consecuencias profundas. En menor grado, no sólo las plantas vasculares, sino también los corales y los insectos sociales, por lo menos, poseen una capacidad, aunque menor, de reorganizar su entorno.

Seguimiento de las Vías que han tenido Éxito

La formulación de la teoría de la evolución y su desarrollo conduce a aceptar que todas aquellas características que han sido adquiridas o retenidas a lo largo de una evolución pasada, en virtud de la selección natural, y que llegan a configurar las propiedades de las generaciones presentes, sobre las que nunca deja de operar la misma selección natural, siguen tendiendo, por lo menos durante cierto tiempo, a conservar y aún a reforzar aquellas mismas características que tuvieron éxito, a través de la selección natural, en el pasado y que siguen conservando algunas notas semejantes en su orientación hacia el futuro.

En el caso que consideramos, que es el de nuestra especie, es de esperar o, por lo menos, suponer que tanto la transmisión cultural como la capacidad de manejar materiales y energías del entorno, continúan siendo factores importantes que pueden regir de manera significativa la selección natural que sigue operando dentro de los diversos grupos de la humanidad, o entre unos y otros grupos que permanezcan más o menos segregados en función del espacio y tiempo.

Generación de Desigualdades

Aún con la mejor voluntad —en virtud de consideraciones más o menos ajenas al simple imperativo biológico— puede ser muy difícil evitar que la dinámica en una especie con las características de la humana, en lo que concierne al acceso a los diversos recursos y al uso de los mismos, no contribuya a engendrar diferencias de poder y calidad de vida entre individuos y grupos de los mismos. Su resultado previsible es que los grupos más beneficiados estarán formados por individuos menos numerosos que los grupos que acaban disponiendo de menos recursos y menos poder. Por otra parte, es lógico que la velocidad con que aumenta la desigualdad puede ser función también de las facilidades o de las restricciones que condicionan el posible aislamiento de grupos de diversa entidad.

Las anteriores consideraciones no son una interpretación teórica de las consecuencias esperables del darwinismo duro, sino también una constatación bien meditada de las causas de la situación en que nos encontramos. Ello es el resultado de una aventura de evolución histórica que, probablemente, apenas podrá compararse con ninguna más. Corresponde a etapas avanzadas en la evolución de una especie de primate que consiguió utilizar recursos materiales y, especialmente, recursos energéticos, simultáneamente con su aptitud para transmitir *cultura*, que, entre otras propiedades ha tenido la de contribuir a la generación y perpetuación de desigualdades notables, paralelas a las que ya se daban en el acceso inicial a los recursos mencionados en primer término.

Es claro que los condicionamientos no pueden ser tan sencillos y que los dos aspectos comentados como posibles determinantes o característicos de la condición humana se expresan de maneras más complejas. Aunque yo creo que nunca son ajenos a la dificultad de encontrar soluciones justas o aceptables, especialmente a escala global, para las cuestiones candentes de la ecología aplicada actual: contaminación de nuestro entorno, agotamiento de recursos determinados, límites en la energía asequible y riesgos que, aún así, presentan su degradación en relación con la conservación de un entorno que ofrezca unas condiciones mínimas necesarias o deseables. Tampoco hay que ver en ello características particularmente viciosas de la naturaleza humana: en efecto, las plantas leñosas muestran una heterogeneidad de crecimiento mucho mayor que las plantas herbáceas que son siempre de pequeña talla y las plantas talludas ganan al final —si disponen de tiempo— haciendo sombra a las pequeñas.

Desarrollo Sostenible: Espejismo u *Oxímoron*

No es de extrañar que las mismas dificultades y problemas reaparezcan como centro de las dificultades asociadas con el llamado y tan deseado *desarrollo sostenible*. Es un tema interesante que no puede plantearse con un mínimo de lógica si no es dentro de un marco físico muy amplio como es el que concierne a las relaciones fundamentales entre entropía e información, que, en este caso, afortunadamente, se pueden presentar en términos relativamente simples. La observación crítica de todos los sistemas naturales, desde la estructura elemental de la materia hasta la vida y la biosfera, o las biosferas si hubiere más de una, nos muestra cómo existe una correspondencia necesaria entre la adquisición de información o riqueza de estructura funcional —que podemos imaginar como ocurriendo aquí y ahora, de una manera que casi voluntariamente subjetivamos— y un aumento periférico de entropía. La entropía reifica una propiedad que es tan negativa como el imaginario flogisto, y que parece perderse centrífugamente y de manera continuada alrededor de nuestro centro de interés, de la misma manera que se difunden los gases cuya emisión violenta impulsa un cohete, cuando la posición de este cohete es lo que nos interesa.

Lo más importante, en lo que nos concierne, es la eficiencia con que se aprovecha la energía que se disipa, pero la cuestión se complica porque no se trata simplemente de recuperar energía mecánica, sino principalmente de derivar de la experiencia una información que permita conseguir mayores eficiencias en *experimentos* futuros paralelos y realizados con los mismos propósitos. En el caso vagamente considerado del bienestar de la humanidad lo más decente sería aumentar la calidad de vida, de definición harto imprecisa. Todo ello concierne también a la organización del sistema en el cual ocurren los fenómenos y aún a una valoración global o grado de aceptación, que variará según los individuos, de lo que se puede considerar como información.

Que la situación no puede tener una solución fácil me lo recuerda indirectamente un artículo reciente de KELLY (1998) en el que comenta los nuevos aspectos que está adoptando el consabido conflicto entre las *dos culturas* que, escribe Kelly con una dosis considerable de discreta sorna, puede ir ahora por buen camino, porque la cultura literaria está encantada con la cultura técnica, no porque le abra nuevas ventanas a la deseada verdad, ni siquiera a la simple contemplación del mundo, sino porque le proporciona una considerable diversión, a través de su capacidad para ofrecer atractivos mundos virtuales. Habría aquí mucho que añadir en relación con el deseo de un desarrollo sostenible que sea *genuinamente* humano y las cualidades que debiera tener. Está claro que el tipo de discusión que se genera en este caso converge con un discurso que ha entretenido a la humanidad desde siempre.

El objetivo de esta reunión es o era considerar las relaciones entre ecología y economía. He asistido a bastantes reuniones y he leído diversos escritos sobre el tema. Mi posición es de naturalista y podrá parecer heterodoxa a muchos de los presentes. Yo veo en la adopción de entidades de cambio, del dinero, un mecanismo de regulación que, biológicamente, sería equivalente al comportamiento territorial de muchos animales, fundamentalmente vertebrados, y aún podría encontrar a quien vería en ello ocasión para buscar alguna aproximación al *espíritu de la colmena o del hormiguero*.

Entra la Economía

El objeto de la economía debe entrar en este punto. Por supuesto, se puede reconocer cierta secuencia evolutiva desde las formas primitivas de trueque, pasando quizá por el uso de la moneda de piedra de las islas Palau, hasta las finanzas modernas. Existen autores (Deleuze, Levy) para los que el dinero sería un valor *desterritorializado*, la abstracción de algo tan real como el suelo, lo cual se aproxima a mi concepción.

H. T. Odum acarició un tiempo la idea de construir modelos en los que el flujo de dinero se pudiera considerar una contracorriente del flujo de bienes y servicios. Por mi parte, pronto entendí que se debía desistir de semejante propósito, cuando se comprueba que el flujo de dinero en bucles de especulación

superó en mucho (ahora me dicen que más de 50 veces) al dinero asociado, como flujo contrario, a las transferencias de bienes y servicios.

El dinero, por tanto, sería un agente más que influiría poderosamente en el proceso de generar y mantener desigualdades entre los elementos de una organización, enlazándolos unos con otros dentro de algún nuevo sistema ampliado y con ansias de crecer, que se espera sea sostenible. Los mejor intencionados añadirían el deseo de que además de favorecer la estabilidad del sistema entero, contribuyera a un bienestar relativo de los más, aunque es de temer que quizá acabe siéndolo solamente de una pequeña fracción de los más influyentes, entre los individuos que componen el colectivo humano.

Yo tengo todavía mis dudas; aunque por supuesto me parece inaceptable y veo como indeseable la valoración monetaria de los ecosistemas mundiales, recientemente propuesta por CONSTANZA ET AL (1997). Creo, además, que es monstruosa la propuesta de pagar por el derecho a contaminar y otras lindezas por el estilo que cabe imaginar, algunas que ya existen o que irán surgiendo allí y aquí. Más adelante me anticipo a algo que se está gestando y que, yo no lo dudo, proporcionará nuevos ejemplos en unos pocos años.

De nuevo en el Marco de Espacio y Tiempo

Otro tema de interés concierne las fronteras. Enlaza consideraciones ecológicas (MARGALEF, 1998) con situaciones que ocurren en la distribución geográfica e interacciones entre poblaciones humanas que condicionan las características de las fronteras, su permeabilidad y su función. En fin, se genera un conjunto de problemas que debe resultar apasionante para todos y yo veo, como un aspecto positivo, que sería posible enfocarlo con instrumentos científicos e intelectuales a nuestro alcance. Su significado en economía sigue siendo indiscutible, aunque la aproximación de dicha ciencia a los problemas reales, por lo menos a los que contempla el biólogo, se ve inadecuada, insuficiente, o bien de enfoque muy limitado.

Muchas situaciones se pueden cuantificar mediante valores absolutos (biomasa, precios), y entonces estudiar su variación en el tiempo, incluyendo aceleraciones y desaceleraciones y expresar también la dinámica de cambio (en forma de derivadas con respecto al tiempo). Ciertos procesos de cambio son graduales y *progresivos* (hay que emplear la palabra progreso con moderación y con bastantes precauciones, pues muchos no la creen políticamente correcta; véase AGUSTÍ Y WAGENSBERG, 1998). Dichos procesos están sometidos a tasas de cambios asintóticas, significando que los mismos quedan interrumpidos o están sujetos de manera irregular a cambios de sentido inverso, bruscos o *catastrófico*, tal como se observa en las poblaciones de especies, en la diversidad de faunas y floras, en los valores en bolsa, y en el acaecimiento de conflictos y guerras. Los cambios *progresivos* son lentos y se asocian con procesos de conversión gradual y bien estudiable de entropía potencial en información. El desarrollo sostenible ideal sería, por tanto, un proceso progresivo, que se podría calificar de *bueno* si no se empleara en acumular recursos que a menudo acaban engendrando una futura discontinuidad endógena (GOLDSTEIN, 1988). Es posible que un discurso análogo sea aplicable a aspectos que conciernen más específicamente a la economía.

Los cambios en sentido opuesto tienden a ser bruscos, sin regularidad, ni en cuanto al momento en que ocurren ni en lo que concierne a su intensidad. La aproximación matemática podría ser relativamente sencilla, como que sustancialmente consiste en una ampliación de la misma que fuera ya introducida por Verhulst en el estudio de la dinámica de las poblaciones: $dN/dt = aN^h - bN^{h'} - cN^{h''} - \dots$, que ofrece muchas posibilidades, incluyendo cierta aletoriedad en lo que concierne a los cambios *negativos* de sentido catastrófico, que van más allá de la que Mandelbrot llama la escalera del demonio y que yo más bien calificaría de superdiabólica, según la cual la frecuencia de las perturbaciones de cierta clase es, de manera un tanto vaga (el diablo siempre halla por dónde escurrir el bulto) inversamente proporcional a la intensidad de las mismas. Esto puede ser válido tanto para la sucesión ecológica como para las catástrofes de causa geológica, quedando por ver si su aplicabilidad se extiende también a los conflictos bélicos y a los cambios en bolsa.

Un Verosímil Escenario Futuro: el Océano Mundial como Vertedero

La humanidad es un vástago de la evolución que ha tenido un éxito considerable, también como factor dinamizador de la biosfera, para bien o para mal. Los desarrollistas jurarían que siempre ha sido para bien, los viejos y sentimentales ecologistas nos sentimos más proclives, quizá por la edad y por aquello del tiempo pasado que nos parece mejor, a llorar sobre los aspectos negativos de las intervenciones inéditas con que cada día nos regala el que llamamos progreso. Un hecho importante es que el instinto del territorio de nuestros más remotos antepasados animales desembocó en el dinero que organiza y desorganiza, a través de nosotros, los flujos de la biosfera y no sabemos bien dónde nos va a llevar. Realmente, nuestra sociedad debe enfrentarse con decisiones inaplazables, como lo son las que conciernen al manejo de un planeta que ya va estando superpoblado por nuestra especie. Puede ser ilustrativo escoger para examen un problema

ambiental urgente, que el lector podrá situar como guste en su marco preferico de las relaciones entre economía y ecología.

Los grandes fondos marinos pueden constituir un basurero ideal. La misma naturaleza nos enseña el porqué y nos muestra que el utilizarlos como tales no es peor que otras actividades que realizamos diariamente. Los océanos se comportan como deficitarios o heterotróficos comparados con las superficie de los continentes. Esta proporciona un excedente de producción biológica primaria, parte de la cual acabará disgregada, digerida y asimilada, es decir, totalmente reciclada, en los océanos.

Las estimas más fiables sitúan la cantidad de carbono orgánico que los ríos llevan de los continentes a los océanos entre 200 y 300 millones de toneladas anuales. Frente a esta cantidad, la extracción del producto de la pesca, carbono orgánico que va de los océanos a tierra, desde hace varias décadas ronda, sin superarlos, los 10 millones de toneladas anuales de carbono orgánico, que corresponde a una fracción relativamente pequeña de aquella contribución.

Los océanos digieren una fracción considerable de la producción de los ecosistemas continentales y está justificado el interés que actualmente muestran numerosos grupos de investigación oceanográfica por lo que llaman el *microbial loop*, o sea el ciclo microbiano, naturalmente heterotrófico, en el que reposa la digestión y removilización de una gran cantidad de materiales orgánicos, tanto los generados en los propios océanos como los procedentes de los continentes y que se integran en ciclos, mayormente caracterizables como descomponedores, en el seno de las aguas marinas. Es lo más natural pensar que esta función descomponedora localizada en los océanos podría ir a más. Esto no sólo solventaría algunos de los problemas que a los humanos se nos plantean, y que implican una considerable aceleración en el fluir de los materiales orgánicos, sintetizados en tierra, a los océanos. En compensación, los océanos tenderían a retornar a una situación que seguramente existió en un pasado relativamente no muy lejano, cuando los océanos mantenían en solución una cantidad de CO_2 mucho mayor de la que retienen ahora.

Es natural que exista interés por hacer mayor uso de esta capacidad de los océanos, interés que se combina con los graves problemas que plantea la acumulación de materiales orgánicos putrescibles, de diverso origen y generados por nuestra civilización. Esta preocupación ha ido desarrollando paulatinamente, quedando aparentemente en segundo término, sin manifestarse abiertamente, la posibilidad de llevar a los océanos una cantidad ilimitada de residuos, seguramente por existir una presión considerable de fundamento ecologista y aun un convencimiento genuino a favor de proteger los océanos y especialmente los mares menores o internos, como el Mediterráneo. Seguramente se combinó la conciencia de los riesgos debidos a la acumulación de un exceso de vertidos procedentes de los continentes con la alarma asociada a las desgracias ocurridas con petroleros, que dieron origen a las catástrofes conocidas como mareas negras. Tengo la impresión de que estos daños pudieran haber sido exagerados, porque, en general, causaron menos daños o fueron más fugaces de lo que se podía temer, y esto en razón de la gran capacidad de manejar y descomponer hidrocarburos que está presente en infinitos organismos marinos.

También en relación con este tema se perdieron muchas ocasiones de adelantar en el progreso de nuestros conocimientos. Creo que los estudios sobre *mareas negras* nos han puesto de manifiesto fenómenos que atestiguan más bien la misericordia que la malignidad de la naturaleza, para decirlo de algún modo. Colegas familiarizados con temas de contaminación en aguas del Mediterráneo me han señalado, con cierta perpleja admiración, que algunos hidrocarburos contaminantes parece que se trasladen más a través de la atmósfera que con las propias aguas. Por poco que uno esté al corriente de las características fundamentales de la vida marina, no puede evitar la sospecha que la enorme capacidad metabólica de toda suerte de organismos presentes en el plancton marino se ha de manifestar sobre materiales tan genuinamente orgánicos como son los hidrocarburos. Extrapolando este hecho con aviesas intenciones alguien pudiera aceptar que la capacidad de los océanos para digerir toda la materia orgánica que le pongan por delante ha de rebasar cualquier límite, conclusión que me parecería exagerada o, por lo menos, poco prudente.

Hará poco más de dos décadas que recibí separadamente dos visitantes que me hablaron de la posibilidad de emplear tuberías de considerable diámetro, como las utilizadas por mover hidrocarburos, con el fin de conducir a niveles del mar relativamente profundos, materiales de desecho generados en los continentes, confiando que la naturaleza los incluiría en sus ciclos, tornándolos prácticamente inofensivos. De utilizar este recurso sólo se provocaría una aceleración notable, dentro de los límites de lo asimilable, en la actividad heterotrófica de la vida marina. Recuerdo que no manifesté entusiasmo ni deseos de colaboración, en términos que probablemente hicieron que mis interlocutores me tomaran por un *ecologista* cuya posible colaboración no era interesante.

Este recuerdo tuve que reavivarlo ante ulteriores insinuaciones acerca de las excelentes condiciones de la profunda cuenca marina del NW del Mediterráneo para ayudar a digerir materiales orgánicos procedentes del continente. No se puede decir que faltara conciencia en las autoridades, aunque a veces algo mal colocada. Hace muchísimos años que aguas depuradas de Barcelona se estaban y quizá se están

tratando con cal antes de devolverlas al medio marino, con lo que no se hace más que aumentar el volumen de depósitos sedimentarios costeros y pagar el precio de la cal viva utilizada.

Siempre he sido consciente de la capacidad del medio marino para asimilar material orgánico procedente de los continentes y todos sabemos que, durante largos períodos de la historia de la Tierra, los mares han tenido un carácter más heterotrófico que el actual, siendo prácticamente anóxicos en profundidad, en varias o en las más de las grandes cuencas oceánicas. De hecho, algunos de los episodios, bien de limitaciones en la vida marina, bien de cambios bruscos en la vida de todo el planeta, se han asociado, creo que con buen fundamento, con la acumulación lenta o con la evacuación brusca de CO_2 de los mares. Conviene insistir que tales ciclos fueron asimétricos, como lo son todos los ciclos comparables y de período generalmente más corto, caracterizados por una acumulación gradual de CO_2 en aguas profundas de lagos o mares y su evacuación más brusca o discontinua y aún potencialmente catastrófica. Asimetría que se manifiesta asimismo en relación con las fluctuaciones de *El Niño*.

Se conocen los mecanismos de ventilación que operan en las grandes profundidades oceánicas, que influyen sobre la distribución y las características de la vida marina, especialmente de la que es propia de aguas profundas. En los tiempos que corren, la mayor parte de éstas se hallan bien ventiladas y son ricas en oxígeno, aunque se observan localmente casos de una anoxia relativa, como en la fosa de Cariaco, en las costas de Venezuela, y en el mar Negro. La presión hidrostática elevada que opera en aguas profundas mantiene en disolución una alta concentración CO_2 —y de otros gases—, como en una botella de cava o champaña.

Aspectos Sociales de la Cuestión

Los hombres de estado podrían ver en la actual capacidad de *digestión* y oxidación de los océanos una invitación a probar extender su eficacia al tratamiento de la enorme cantidad y variedad de materiales oxidables que la humanidad produce. Siempre se podría argumentar, por otra parte, que la utilización de tal capacidad ayudaría a reintegrar buena parte de dichos materiales en un ciclo global que es deseable que continúe en términos no muy alterados. Recordaré a este propósito el interés que hace unos años se despertó ante la posibilidad de que el hierro fuera un elemento regulador de la producción de filoplancton marino, y que llevó a sugerir la utilización de la chatarra postbélica (flotas de guerra pasadas de moda) como suministro valioso para aumentar la fertilidad de las aguas marinas, que se suponía podría tener esperables efectos beneficiosos y multiplicativos sobre la explotación pesquera.

Cada vez se manifiesta con mayor urgencia la necesidad de desembarazarse por vías baratas y de resultados efectivos de la enorme cantidad de objetos materiales y de tantos residuos indeseables que produce nuestra civilización. Sería posible dejar los desperdicios sobrados, que deseáramos que entraran en un largo ciclo, en alguna zona de subducción de las bien conocidas, superando, por supuesto, los problemas técnicos que fueran apareciendo a lo largo del desarrollo de tal proyecto.

En la década de los 60 se alzó considerable revuelo a consecuencia del abandono en el Atlántico europeo de recipientes que contenían materiales radiactivos. Algunos incidentes, como los provocados por la recuperación de bidones cerrados por parte de pescadores de arrastre y su apertura posterior que expuso al aire libre diversos materiales que se dijeron de baja radiactividad, forzaron reconsiderar el tema de cómo proceder con semejantes vertidos. Era obvio que los materiales debían llevarse a profundidades mayores, por lo menos fuera del alcance de los arrastreros. Se propuso designar algunas áreas, entre otras una al Oeste de la Península Ibérica, como posibles vertederos autorizados. Entonces España estaba en el limbo, pero era prácticamente obligado contar con su presencia y recuerdo que asistí a una reunión y no a más de una. Supongo que sirvieron como prolegómenos de la que se conoce como la *London Convention* (*Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matters*, concluida en 1972 y que entró en vigor en 1975). Pero se sigue leyendo frecuentemente en la prensa acerca de materiales radiactivos en depósitos y aún de naves enteras cargadas de radioactividad, yacentes hasta en fondos relativamente someros de mares nórdicos.

Estos procedimientos, con ser potencialmente peligrosos, correspondían a utilidades secundarias o de limitado carácter bélico. Desde entonces, la presión para servirse de manera más generalizada de los mares como depósito de muy diversos residuos indeseados no ha hecho más que aumentar. La historia tiene episodios curiosos: por supuesto, la cantidad de vertidos no depurados o depurados de manera insuficiente (¿con qué criterio se va a evaluar el grado de tratamiento requerido?), o bien de materiales supuestamente inertes, se ha estado llevando a cabo de manera irregular y probablemente resulta inevitable o difícil de legislar. Una parte importante puede ser material teóricamente inerte, como el procedente de dragados, etc. Pero otras actividades más específicas pudieran ser más dañinas. Entre el final de la década de los 60 y comienzo de la de los 90 bastantes buques se dedicaron a la tarea de incinerar en alta mar materiales indeseables o peligrosos y arrojar las cenizas sobrantes al mar. Por supuesto, la cumbre de Río de Janeiro, en 1992, pidió a los participantes que cesaran este tipo de vertidos.

Una revisión más detallada de los episodios que se hilvanan en esta breve historia hace ver el interés que nunca ha cesado y que va en aumento para utilizar los océanos como basurero global, también de materiales sólidos que van a parar al sedimento, con las dificultades que puedan originar.

Si uno piensa en la manera cómo se han tratado globalmente otros problemas comparables y las decisiones a que ha llegado, se puede imaginar que se alcanzará probablemente alguna resolución, que podría incluir el ofrecer cierta compensación económica a entregar por los países que más uso hicieran de la oportunidad que se trata de legalizar y aún de intensificar, a los que no hicieran o no pudieran hacer inmediato uso de una autorización limitada que permitiera echar materiales varios a los océanos. Es decir, institucionalizar la compraventa del derecho a contaminar. Ciertamente, los países continentales podrían utilizar también los buenos oficios de los países con acceso directo a las grandes cubetas oceánicas, disfrutando así de este singular privilegio suplemenetario que la existencia de los océanos concede a la humanidad.

Recientemente, el *Journal of Marien Systems* ha dedicado un volumen al tema monográfico: «Abyssal Seafloor Waste Isolation: A Technical Economic and Environmental Assessment of a Waste Management Option», con casi 200 páginas, que testifica el reconocimiento por la sociedad de la actualidad del tema y la posibilidad de que ingrese definitivamente en el grupo de asuntos conflictivos que se intenten encarrilar o resolver por la vía legal. La presentación del volumen por sus editores, P. J. Valent y D. K. Young, ambos del *Naval Research Society*, del *Stennis Space Center*, MS, USA, expone el concepto de aislar —un considerable eufemismo— determinados materiales, como aguas residuales, cenizas de incineradora, material dragado contaminado, en las grandes profundidades marinas, examinando críticamente las ventajas e inconvenientes que pueda llevar consigo la puesta en práctica de tales posibilidades. Este proyecto ya ha sido bautizado con el acrónimo APWI, por *Abyssal Plains Waste Isolation Project*.

Dada la extrema actualidad del tema, las presiones que se supone obran en su entorno y el dinero implicado, es de suponer que se va a convertir rápidamente en el centro de estas discusiones internacionales interminables, que siempre se orientan hacia reglamentar o *controlar*, más bien que a reducir, los impactos negativos de las actividades humanas sobre la salud de nuestro planeta.

Por otra parte, como ha ocurrido en todas las situaciones comparables, es inevitable que se acabe aumentando las diferencias de nivel de vida y de oportunidades entre los distintos grupos humanos. El tema, considerado en sus dimensiones planetarias y en su urgencia, no ha entrado hasta hace pocos años en las preocupaciones y en las discusiones científico-políticas internacionales, y se puede decir que ha suscitado un interés periodístico y televisivo mucho menor que, por ejemplo, el llamado cambio climático o el famoso *agujero en la capa de ozono*, que pertenecen más al grupo de ejercicios de distracción.

La *lista negra* provisional de vertidos prohibidos al mar incluye, entre otros, los elementos químicos cadmio, mercurio y sus compuestos orgánicos y halógenos, incluyendo plásticos persistentes, también en forma de cuerdas y redes; hidrocarburos y derivados, sin tener demasiado en cuenta las muchas posibilidades que tienen los ecosistemas marinos de transformarlos; materiales radiactivos, sustancias que pueden hacer el producto de la pesca incomedible o nocivo, etc. Se ha previsto una *lista gris* complementaria que incluye vertidos y actividades *que tienen remedio* y para los que se prevé la concesión de permisos especiales.

Me gustaría añadir más comentarios acerca de los problemas planteados y su posición dentro de los mecanismos naturales de la biosfera, que son más o menos bien conocidos, algunos desde hace bastante tiempo. He recordado el carácter heterotrófico relativo de los océanos y el acoplamiento de su metabolismo como complementario del de los ecosistemas continentales. Un tema predilecto de la paleoceanografía ha sido el estudio de las fluctuaciones en la ventilación de las aguas profundas y las características de la producción marina. Por supuesto, ambas se relacionan con los cambios climáticos y aún con los cambios globales de carácter catastrófico que han afectado, de vez en cuando, a las características de la biosfera y a la continuidad y a los caminos de la evolución biológica. Puede ser interesante recordar que existe una considerable información a este respecto. Una utilización más prudente de la dinámica marina ha de pasar, además, por el conocimiento, siempre mejorable, de los fenómenos asociados con las glaciaciones, los episodios de transgresiones marinas o del Niño y los cambios en las corrientes de retorno en la profundidad de los océanos, que, por cierto, contribuyen a depositar los nódulos ferromagnesíferos hacia el centro del Pacífico.

Después de leer los artículos reunidos en el volumen indicado y recordando trabajos anteriores sobre la oceanografía de las profundidades, mis conclusiones, pidiendo perdón por ser reiterativo, irían en la siguiente dirección.

Actualmente la mayor extensión de los océanos está bien ventilada hasta el fondo, ofreciendo circunstancias favorables para la oxidación y transformación de muchos materiales potencialmente ofensivos en otros prácticamente inofensivos. Una situación opuesta se tuvo, por ejemplo, hacia el final del Cretácico, con las aguas de profundidad oceánicas estancadas y cargadas de CO_2 . Por supuesto, en aquellas épocas y,

seguramente, en la presente, tanto la acumulación gradual de CO_2 , como su evacuación, presumiblemente mucho más rápida y tumultuosa que su acumulación, influyeron sobre toda la superficie del planeta, sobre la atmósfera y naturalmente sobre la biosfera en grado mucho mayor de lo esperable de los cambios actuales debidos a la civilización humana.

El descubrimiento de surgentes submarinos de gases y, en general, de materiales reducidos cuya oxidación proporciona energía utilizable por parte de la vida, contribuyó también a modificar la visión que se tenía acerca de las posibilidades de la vida de colonizar ambientes harto distintos de los que actualmente predominan como marco de la biosfera. Es posible que tales estudios hayan contribuido o contribuyan en el futuro a modificar algunas de las maneras de considerar la contaminación del medio marino por diversos vertidos.

Las consideraciones anteriores no deben interpretarse como invitación a fatalismo y a la desidia, principalmente porque entradas o perturbaciones locales muy importantes pueden no ser neutralizables. Hay que ver en aquellas simplemente una recomendación a no descuidar los estudios de base sobre el funcionamiento de nuestro planeta y tener en cuenta la *fisiología planetaria*. Esto no se ha de echar en saco roto ahora que estamos en condiciones de amenazarla seriamente. Entradas o perturbaciones locales muy importantes pueden no ser neutralizables localmente. Ciertamente, hay que confiar en *Gaia*, que extreme su prudencia adquirida en una evolución millonaria en años y pueda poner siempre en juego más recursos que sus (¿incómodos?) inquilinos.

Al conjuro del nombre de *Gaia* acude a la mente otra consideración a propósito de la empresa en la que todos andamos, directa o indirectamente, metidos o comprometidos. La acción de la humanidad no se sale del funcionamiento normal y esperable de la biosfera. Ésta, en promedio, continúa su actividad de transportar electrones, oxidando hacia arriba y reduciendo hacia abajo. El consumo (oxidación) de materiales reducidos en forma de combustibles fósiles, para no hablar ya de la madera, operan en sentido opuesto. El efecto global consiste ahora en el aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera. Esta sería nuestra contribución negativa a las tendencias expresables como el efecto *Gaia*. Lo que ahora cabe preguntarse, con cierta alarma y en relación con la cuestión concreta que nos trae, es con qué grado de indiferencia o alarma debemos contemplar que una gran acumulación de poder reductor se haga en el mar. Ciertamente esto puede ser favorable para nuestra existencia cotidiana y demora la fecha en que pueda aparecer un problema grave, pero a la vez va cargando una bomba que va a estallar cuando los océanos contengan una cantidad tan grande de CO_2 en solución que cualquier inestabilidad de tipo mecánico pueda generar una catástrofe, que no sería la primera de su género.

Referencias Bibliográficas

- AGUSTÍ, JORDI Y JORGE WAGENSBERG (ED)
1998 *El progreso, ¿Concepto acabado o emergente?*
Barcelona, Tusquets
- ALBAIGÉS, J.; AUBERT M. Y AUBERT J.
1989 "El Mediterráneo Occidental"
en *Las huellas de la vida y del hombre*, Ramón Margalef (ed.), ediciones Omega, Barcelona,
cap. 10, pp 320–357
- COSTANZA, R. ET AL
1997 «The value of the world's ecosystem services and natural capital»
Nature, 387, pp 253–260
- GOLDSTEIN, J. S.
1988 *Long Cycles. Prosperity and War in the Modern age*
Yale University Press, New Haven and London, 433 pp
- KAMPIS, G.
1991 «Self-modifying systems in biology and cognitive science. A new framework for dynamics, information and complexity»
International series on system science and engineering, 6, Pergamon Press, Oxford
- KELLY, K.
1998 «The Third Culture»
Science, 279, pp 992–993

- KITE-POWELL, H. L. & PORTER HOAGLAND, D. J.
1998 «Policy, law and public opposition: the prospects for abyssal ocean waste disposal in the United States»
J. Mar. Systems, 14, pp 377–396
- LEVY, P.
1998 *Becoming virtual*
Plenum Press
- MARGALEF, R.
1970 «Régimen futuro de los océanos»
Arbor, 297–298, pp 49–61
- MARGALEF, R.
1997 “El riu planetari”
Congrès de Metges i Biòlegs de llengua catalana, Lleida
- MARGALEF, R.
1997 *Our Biosphere*
Excellence in Ecology. Institute of Ecology
- MARTÍNEZ ALIER, J. (WITH KLAUS SCHLÜPMANN)
1987 *Ecological Economics, Energy, Environment and Society*
Blackwell, Oxford, New York, 286 pp
- NADER, L.
1997 «Controlling processes. Tracing the dynamic components of Power»
Current Anthropology, 38, pp 711–737
- ROWE, G. T.
1998 «Organic carbon cycling in abyssal benthic food chains, numerical simulation of bioenhancement by sewage sludge»
J. Mar. Systems, 14, pp 337–353
- RUBIO, J.
1983 “Sociología e interdisciplinariedad”
en *Evolucionismo y cultura*, A. dou (ed.), Ed. Mesajero, Madrid, pp 115–152
- SPENCER, D. W.
1991 *An abyssal ocean option for waste management. Report of a Workshop held at the Woods Hole Oceanographical Institution. Jan 7-10*
Woods Hole, MA. 111 pp
- VALENT, P. J.; YOUNG, D. K.; SAWYER, W. B. & WRIGHT, T. D.
1998 «Abyssal seafloor waste isolation: the concept»
J. Mar. Systems, 14, pp 203–210