

SECCION ECOLOGICA

Ecología y sociedad: La incidencia del hombre sobre la naturaleza

Por ANTON AZKONA y
NESTOR GOIKOETXEA

La Tierra no pudo girar alrededor del Sol hasta el año 1835, fecha en que los escritos de Galileo Galilei fueron retirados del Índice. El hombre no ha sido capaz aún de integrarse en el ciclo ecológico junto con el resto de sus hermanos, como decía San Francisco, los seres vivos; pero la mayoría de los pueblos comienzan a tener conciencia de ello y a poner los medios técnicos y sociológicos necesarios para su correcto emplazamiento. Nosotros, en Euskadi, acabamos de creer a Galileo y la preocupación medioambiental de hoy proviene, evidentemente, del hecho patente de su degradación. Todos somos conscientes de que esta degradación está causada, como variable más específica, por la polución del aire y la contaminación de las aguas.

Para un ecólogo, la especie humana convertida en plaga está desplazando tan rápidamente al resto de las especies, que su número, unido al fuerte metabolismo cultural extra que demanda, ha desbordado la capacidad asimilativa de residuos que la naturaleza posee.

Ahora bien, suponiendo que el componente racional tiene un cierto peso en el hombre actual, ¿cómo ha sido posible semejante deterioro medioambiental? Solamente una determinada pauta de comportamiento humano puede explicar. La era de la industrialización, iniciada el siglo pasado, se hizo siguiendo un modelo prehumano, siguiendo el modelo que Darwin describe con gran acierto para la evolución

de las especies animales: el triunfo del mejor adaptado («The best fit»), por supuesto, exento de todo tipo de condicionamientos éticos, deontológicos o morales, si, todo vale con tal de triunfar económicamente y únicamente tiene valor lo que es escaso, el Medio Ambiente, que se convierte en escaso sólo muy al final de la cadena, y además en formas muy poco detectables en principio para el líder del sistema de producción - ejecución, que por su propia posición se encuentra muy disminuido en sus facultades sensibles de percepción de problemas humanos, difícilmente puede tener valor. El hastío, el desaliento, la falta de interés por el sistema, preceden a las posiciones de protesta, cada vez se hace más difícil tener ilusión y colaborar con un sistema productivo que sólo ofrece dinero con el que (y no todos) sólo se puede comprar un ocio empaquetado de vez en cuando, mientras obliga a vivir la mayor parte del tiempo en un entorno detestable y cada vez menos reconocible por el hombre autóctono, pero esto no hace parecer como de valor (escaso) al Medio Ambiente.

En esa época de industrialización, cuidar del Medio Ambiente hubiera frenado los beneficios privados; la plusvalía de la utilización de un capital colectivo, incluso sin amortización, daba grandes intereses, cuidar del Medio Ambiente hubiera obligado a un desarrollo más racional, indudablemente más agradable, habría dado más satisfacción, menos vio-

lencia, pero menos acumulación de dinero, y esto último, claro, es muy grave; sin esto, dicen los que pueden decirlo, no hay desarrollo y sin desarrollo...

En los principales países capitalistas (Estados Unidos, Inglaterra, Alemania) los economistas han aprendido de los ecólogos que el crecimiento del hombre, así como de cualquier especie, o se autorregula voluntariamente (sólo el hombre puede hacerlo) o serán fuerzas naturales (incluidas las guerras) las que se encargarán de hacerlo, y como dice Galbraith, la regulación dejada en manos de la naturaleza es muy dolorosa. Conscientes de este inexplorable devenir, la mayoría de los países desarrollados, aunque sin entrar todavía en un planteamiento en profundidad de su política medioambiental, cuestionando el actual modelo de crecimiento por el crecimiento, sí al menos propugnan unos fuertes controles, y dichos países han optado por legislar sobre la materia y haciéndola cumplir.

Al igual que la ley nos protege del robo, otrora bien visto, allá por las guerras de conquista y colonización, solamente estos fuertes controles que, entre otros, propugnan Galbraith o Leontieff, podrán proteger el Medio Ambiente en un sistema de economía de mercado hasta el punto que sea necesario.

No insistiendo más en este corto preámbulo sobre las posibles opciones de lo que pudiera ser un planteamiento sobre el Medio Ambiente, vamos a intentar comprender la incidencia del hombre sobre la naturaleza; el hombre y el ecosistema en que desarrolla sus actividades. Como al principio de este preámbulo decíamos, en Euskadi acabamos de creer a Galileo y es preciso que veamos claramente nuestras opciones como especie humana en el desarrollo futuro.

MEDIO AMBIENTE Y CONTAMINACION

Que el problema de la contaminación se ha salido del estrecho marco puramente tecnológico en el que estaba encerrado cuando, a finales del siglo pasado, algunas personas de las sociedades más industrializadas se dieron cuenta de que sus ríos cambiaban de color y comenzaban a producir olores, es evidente. El duro enfrentamiento entre las dos posiciones desde las que se enfoca el problema: una, urgiendo a su resolución, y la otra, minimizando su importancia hasta extremos de sospechosa parcialidad, es la demostración más evidente de que el problema es conflictivo y, por lo tanto, grave.

Ahora bien, cuando se intuye que un problema grave está afectando al hombre, como individuo y como especie, la actitud más sabia y prudente es ponerse a estudiarlo y analizarlo e invertir unos recursos en su investigación, porque pudiera muy

bien ocurrir que el resultado del análisis fuera el descubrimiento sorprendente de que hemos topado con uno de los pilares básicos que sustentan el futuro de la especie humana, el futuro de nuestros hijos.

Históricamente, la aproximación al concepto de contaminación se hace a través de la idea de río sucio, tal y como puede verse en la expresión del obispo de Londres en un sermón del año 1620: «...la limpieza del río... se dará a su debido tiempo». La suciedad del río, que había sido captada por el sentido de la vista, aparecía aquí esencialmente como una ofensa de tipo estético. Siglo y medio más tarde, las condiciones del Támesis habían empeorado como consecuencia del crecimiento de la ciudad y el establecimiento de una cierta industria, hasta el punto de que el escritor Tobías Smollett expresaría en una pieza literaria su repugnancia por el agua del Támesis. Smollett habla de putrefacción y veneno y por primera vez se hace mención a unos posibles efectos de la suciedad de las aguas sobre la salud humana. Pero todavía el Támesis presentaba un estado de salud muy satisfactorio: 130 salmones del río fueron enviados al mercado en un solo día del año 1766.

Sería en los años de la primera mitad del siglo XIX cuando el río sufrió un grave deterioro. La instalación de retretes y el consiguiente establecimiento de redes de alcantarillado hicieron que los residuos humanos comenzaran a llegar al Támesis de forma directa, provocando la disminución de especies piscícolas comerciales, hasta acabar completamente con ellas hacia el año 1850. La eliminación, por razones sanitarias, de los pozos negros de la ciudad había trasladado el problema a otro lugar, al río, donde los peces morían por asfixia. La suciedad había pasado a ser contaminación, había comenzado a afectar a la vida, era el inicio de un cambio cualitativo que, como tantas otras veces, el resultado de una bienintencionada acción había sido sorprendente e inesperado.

Además de la desaparición de especies, los olores en Westminster se hicieron insoportables para 1858, lo cual derivó en un gran interés personal por parte de los miembros del Parlamento por acabar con los mismos. Para 1864 ya se habían construido interceptores que llevarían las aguas sucias aguas abajo de la ciudad. El problema volvió a trasladarse unos veinte kilómetros aguas abajo de Westminster, a la villa de Barking, cuyo vicario y habitantes no dejaron pasar el año 1868 sin que se escuchara su más firme protesta ante la imposibilidad de navegar por las aguas del río y de habitar sus orillas. Por fin, 1882 marca el comienzo de una preocupación científica por el problema, se hacen medidas de oxígeno disuelto y se relaciona la baja concentración de este elemento con la eliminación de especies, y

se intenta buscar una tecnología de tratamiento de las aguas residuales.

Es curioso el paralelismo del tipo de acciones anticontaminantes seguidas en Londres y Bilbao ante los primeros brotes del problema. Desgraciadamente, en nuestro caso poseemos mucha menos información histórica, pero es evidente que el salmón fue muy abundante en el Nervión en épocas anteriores (véase la obra de Guiard: «Historia de la M. N. y M. L. Villa de Bilbao»), así como también es evidente la paulatina desaparición de especies piscícolas en nuestra ría, hoy reducidas a la presencia esporádica de la angula.

Diseñado y construido bajo la dirección de Recaredo de Huagón, a finales del siglo pasado, el año 1900 entró en servicio en Bilbao un sistema de recogida de aguas residuales y pluviales de tipo separativo que conducía la totalidad de las aguas sucias de la ciudad a una estación de bombeo aún existente en Elorrieta, las cuales eran impulsadas desde allí hasta los acantilados de la Galea para ser vertidas al mar. Era esta solución más perfecta que la de Londres, en cuanto a que el poder de dilución del mar es muy superior al del estuario y porque el vertido final se hacía en un área deshabitada. Sin embargo, lo que interesa destacar es la filosofía de comportamiento básico del hombre cuando se encuentra ante el problema. En primera instancia, es la concentración humana —muchos habitantes en poco espacio— la que invalida la posibilidad de disponer los residuos humanos en la tierra (pozos negros, cuadras, etc.), obligando a racionalizar su recogida y efectuar al final descargas puntuales y directas a los ríos.

En segundo lugar, el rápido aumento de cargas contaminantes a los ríos supera las ofensas de tipo estético y comienza a afectar directamente al hombre a través de la emanación de olores. La respuesta inmediata no es remediar el problema en sí, sino alejarlo, construyendo tuberías que desagüen en puntos alejados de la comunidad. No existe hasta el momento ninguna conciencia de que el ecosistema está dañado y, por lo tanto, el traslado de los residuos a otros puntos se considera como solución satisfactoria, en la medida en que existe agua suficiente como para suministrar a la población, y la cantidad total de pesca eliminada no es tan grande como para afectar seriamente a las economías locales; el interés por el deterioro de los ecosistemas no tiene ningún eco, quedando, en todo caso, reducido a unos estrechísimos círculos académicos y científicos.

La primera mitad del siglo presente contempla un cambio drástico en el comportamiento de la población humana; la moderna tecnología apoya en el

esfuerzo científico de la nueva era, consigue dominar las enfermedades, producir alimentos en cantidades muy superiores a las de épocas precedentes y provoca un crecimiento vertiginoso de la población. El número de ecosistemas dañados aumenta alarmantemente y la desaparición de especies en las aguas dulces es suficientemente amplia como para hacer pensar que algo va mal. Se comienza a relacionar el problema de la contaminación con la pérdida de especies animales hasta ahora compañeras de viaje del hombre en la evolución de la Tierra. Se habla de la acción destructiva del hombre y se relaciona la contaminación con un ataque a la vida misma.

La destrucción de los ecosistemas acuáticos a causa de la contaminación se relaciona rápidamente con degeneración de otros ecosistemas de manos del hombre:

- La fuerte regresión de la vegetación en la Península Ibérica, acelerada por la institución de la Meseta después de las fuertes talas de la Edad Media
- La desertización del Oriente Próximo ha hecho decir, con razón, que el beduino no es el hijo, sino el padre del desierto
- La carnicería que acabó con el bisonte en América, con matanzas de seis millones de ejemplares en un solo año (1873), con una utilidad muy baja, y
- El agotamiento de enormes extensiones en África, debido a unas prácticas agrícolas inadecuadas.

Estos son unos pocos ejemplos del alcance de la actividad destructora del hombre, dentro de la cual se incluye hoy a la contaminación, y que por su intensidad y repercusión han obligado a plantearse el problema a nivel del ecosistema total del globo.

La especie humana se ve en la necesidad de alimentar y sostener una población en rápido crecimiento, para lo cual no encuentra otra solución que intensificar los siglos de la naturaleza, desviar y consumir grandes cantidades de agua, forzar la productividad de la tierra con el empleo de abonos sintéticos, con la aplicación de cantidades crecientes de energía fósil a la agricultura, con el empleo cada vez mayor de insecticidas, incrementar las capturas en el mar mediante el empleo de artes y medios más y más complejos. El resultado es que cada vez utilizamos más energía para conseguir alimentos y el precio de la aplicación de esa energía extra es la polución.

Citando a Margaleff diremos que: **el hombre no solamente es constructor de utensilios, es también productor y acumulador de residuos.** La polución, como transporte desequilibrado, representa un freno sobre los ciclos naturales que el hombre, con sus otras intervenciones, quiere acelerar.

Así hemos llegado a la necesidad de englobar el problema de la polución dentro del problema general de explotación de recursos de un **ecosistema que es limitado.** Si sobreexplotamos el sistema nos encontramos no sólo con desapariciones como la de la anchoeta del Perú (rudo golpe a la economía peruana) y desertizaciones como las citadas, sino que, además, habremos generado cantidades crecientes de polución que eliminarán recursos que nos son necesarios para seguir viviendo. La polución ha comenzado ya a regular de una manera ciega nuestro crecimiento y las regulaciones de tipo darwiniano puramente competitivas son muy dolorosas. La especie humana merece una mayor consideración que la de ser dejada a manos de mecanismos tan crueles. Investigar, planificar e informar a la opinión pública son las verdaderas respuestas al problema.

* * *

Desde un punto de vista científico, una definición que ofrece garantías es la que la Academia Nacional de las Ciencias de USA hace de la contaminación:

«Polución (contaminación) es un cambio indeseable de las características físicas, químicas o biológicas de nuestro aire, tierra y agua que puede afectar o afectará perjudicialmente a la vida humana o la de las especies deseables, procesos industriales, condiciones de vida y acervo culturales; o que puede deteriorar o malgastar, o deteriorará o malgastará nuestros recursos materiales. Polutantes (contaminantes) son residuos de las cosas que nosotros hacemos, usamos y tiramos (throw away)). La contaminación crece, no solamente porque a medida que la población crece, el espacio disponible para cada persona es menor, sino también porque la demanda por persona está continuamente creciendo, de manera que cada uno tira (throw away) cada vez más y más. A medida que la tierra se va poblando no hay más un «away». La bolsa de la basura de una persona es el espacio viviente de otra».

Las dos grandes ventajas de la definición son, en primer lugar, su total antropocentrismo, que la hace muy realista, y en segundo lugar su paternidad, la cual aleja toda sospecha de ignorancia o progresismo revolucionario.

* * *

Aquí ya no podemos acudir a una segunda definición prefabricada (señal del fracaso de la primera definición) porque el hombre de la calle ha percibido la polución principalmente a través de dos vías:

La primera, la vía estética, cuando el cambio de color, olor y formas de aguas, tierra y aire ha sensibilizado aquellos centros cerebrales que la especie posee como sensores de alerta para su protección.

La segunda vía, la más importante, a través de los efectos nocivos directos, sobre todo de tipo sanitario, que sufre. En este sentido, el conocimiento de la forma en que se transmiten las epidemias ha constituido un poderoso factor de concienciación.

Ambas vías ofrecen pocas posibilidades de cuantificar, o incluso identificar, con la precisión que una definición requeriría cuando un cambio es indeseable.

Una tercera vía de percepción se empieza a abrir camino en el gran público, y es el de la pérdida de posibilidades y recursos (pesca, agua de abastecimiento, etc.).

Pero hay dos cosas que quedan fuera del gran público y del profano en general, y que es donde los respectivos especialistas centran el problema de la polución.

La primera se refiere a la salud. El descubrimiento de la causa de las enfermedades infecciosas y, sobre todo, su forma de tratamiento mediante antibióticos (en realidad, el principal tratamiento fue uno de tipo ecológico: la higiene), el gran progreso en el conocimiento de la anatomía y fisiología, con las consiguientes posibilidades de aplicación terapéutica, habrían hecho pensar al hombre de la calle (y a no pocos científicos) que podían depositar su absoluta confianza en el tratamiento artificial de la enfermedad. En realidad, el optimismo oficial alcanzaba a todos los campos; así se estaba seguro de poder inventar otro tipo de energía si se agotaban los combustibles, o importar los recursos minerales del espacio exterior ante un eventual agotamiento de los mismos en la Tierra.

El rotundo fracaso, no ya en la curación, sino en el conocimiento de qué es el cáncer, que hoy puede constatararse frente al inusitado optimismo de las décadas precedentes; el alarmante incremento de capas bacterianas resistentes a los antibióticos, etc., han sido objeto de profunda reflexión por parte de muchos hombres de ciencia. Al igual que fue la higiene quien realmente puso la gran barrera a las enfermedades infecciosas, hoy es esa misma higiene la que puede seguir previniendo al hombre no sólo de las enfermedades contagiosas, sino del propio cáncer.

Pero hoy la higiene no se consigue con que la población se lave, bañe o duche con frecuencia, con que lave los alimentos o se cambie de ropa cuanto sea preciso. Hoy en día el problema de la higiene radica en que las aguas con las que estamos poniendo

en práctica las normas higiénicas ya han sido utilizadas por otros; en que nuestro espacio viviente ha sido utilizado como saco de basura por el vecino. La reutilización de aguas contaminadas es especialmente grave por su frecuencia en Euskadi, con un anacronismo que no corresponde a la situación de desarrollo industrial que frecuentemente dicen y decimos tener. Pueblos como Getxo, Ermua, Sopelana, tienen un suministro de agua potable (?) que no se concibe se pueda dar en Europa, y lo que puede estar ocurriendo en pueblos más pequeños es inimaginable.

Pero no sólo a escala de pueblos pequeños se presenta esta situación anacrónica; también el Gran Bilbao utilizó durante cinco largos años el agua del Nervión, tomada en Bolueta, como fuente de suministro a casi un millón de habitantes. No hay estadísticas de morbilidad porque, salvo los médicos de pueblos pequeños, el resto no pasa informes a la Jefatura de Sanidad (inconcebible situación en un país civilizado), pero «a bulto», podemos encontrar una explicación a la tremenda frecuencia de enfermedades tales como la hepatitis, herpes, los frecuentes brotes de tifoidea y paratifoidea, la meningitis, etc. Hoy estamos otra vez ante el peligro de que las bombas de Bolueta se pongan en marcha, y de nuevo, como resultado del pleito por el agua con Vitoria, se vuelva a suministrar agua del Nervión al Gran Bilbao.

En la conciencia popular de cualquier país democrático se da por supuesto que los cambios que sufren las aguas que reciben vertidos residuales sin depurar en cantidades como las que lo hacen el Butrón, el Nervión, el Ormaiztegui, el Deva, etc., son indeseables si el agua va a ser utilizada como suministro a la población, y esto, con independencia del tratamiento de depuración que se le vaya a dar.

Así pues, es vieja la clasificación de los cauces en función de los usos que se proyectaban para sus aguas, con vistas a establecer las normas de vertidos. Esta legislación existía y existe en el Estado español, sólo que, al menos en Euskadi, ha sido absolutamente incumplida: de haberse cumplido, bastante mejor hubiera sido nuestro estado de salud.

Como decíamos, el mundo civilizado hace tiempo que estableció y cumplió una serie de normas efectivas para la protección de los recursos hidráulicos que iban a ser o eran fuente de suministro del agua potable para la población, desde un punto de vista sanitario infeccioso. Si hemos caído en la discusión procedente sobre un tema superado en Europa, ha sido sólo por el tremendo retraso que nuestro país lleva en materia sanitaria.

La dificultad de establecer los criterios para definir un cambio indeseable se presenta en los países desarrollados no con el fin de proteger al hombre frente a las enfermedades hídricas clásicas antes

enumeradas, sino por otra serie de cuestiones sanitarias más sutiles que arrancan de las fechas en que se descubrió que la muerte de cincuenta personas en Mina Matta se debió a la ingestión de pescado que había acumulado mercurio procedente del vertido de una fábrica en sus tejidos, o que la muerte de ciento cincuenta personas en Queensland fue debida al uso de agua que contenía plomo. El más reciente descubrimiento de la muerte de un elevado porcentaje de enfermos de riñón que practican diálisis, debida al contenido en aluminio del agua (Bilbao da el índice de mortalidad más alto que se conoce por encefalopatía), el descubrimiento de que en un agua residual depurada biológicamente con 100 mg/l de DQO (demanda química de oxígeno) hay ciento veinticinco elementos cancerígenos, no hacen sino confirmar que nos encontramos ante un problema grave. Nuestro desarrollo pasa por la necesidad de la reutilización del agua, y la reutilización del agua, a los costos hasta ahora considerados normales en Occidente, presenta estos graves problemas. Si el desarrollo sólo se entiende como mejora de la calidad de vida, ¿dónde está el cambio de la calidad de agua que asegura una mejora en el estado general de la salud? En la respuesta a esta pregunta tenemos la definición buscada. Estados Unidos ha legislado exigiendo la no descarga, o descarga cero, para muchas actividades industriales para el año 1982. Puesto que nosotros todavía no hemos llegado (o tal vez llegamos un día y hemos vuelto) a los planteamientos más simples, vamos a dejar el problema así, simplemente enunciado, añadiendo únicamente que un deber de solidaridad con los demás pueblos a los cuales podemos enviar nuestros desechos y de los cuales podemos recibir los suyos, obliga a definir este cambio no sólo en función de lo que nosotros deseamos.

La segunda cosa, que decíamos queda fuera del gran público, es lo que podíamos definir como problema ecológico en la acepción científica de la palabra. Desde el punto de vista ecológico se pueden reconocer dos tipos de polucionantes: polución relacionada con contaminantes biodegradables y polución relacionada con contaminantes no biodegradables.

Los contaminantes biodegradables tales como el agua residual urbana se descomponen con facilidad, tanto por procesos naturales como por sistemas ingenieriles bien diseñados. El problema surge cuando la entrada de contaminantes degradables en el medio ambiente excede de la capacidad de éste para degradarlos o dispersarlos. En teoría, el problema de los contaminantes biodegradables podría quedar perfectamente resuelto por el principio de degradarlos artificialmente, hasta el punto en que la cantidad total final que de ellos queda pueda ser manejada por el ecosistema medioambiental donde van a parar, sin que se exceda su capacidad de respuesta. Una serie

de aspectos del problema pone, sin embargo, unos límites a esta solución:

- Los contaminantes orgánicos van siempre acompañados de elementos no biodegradables, de los que hablaremos más adelante;
- el tratamiento artificial de los vertidos cuesta dinero, gasta energía y requiere espacio. El control normal de la contaminación tratable (agua + aire) puede costar hasta un 4% del producto bruto, consumir un 2% de la energía total utilizada por el país y, a título de ejemplo, la depuración de las aguas residuales del Gran Bilbao ocuparía unas 30 Hás.;
- en un proceso de desarrollo ilimitado, encontrar espacio puede ser muy difícil (ya lo ha sido en el Gran Bilbao) y los costos de depuración y gastos de energía pueden crecer más, debido a que, dado el carácter limitado de la capacidad asimilativa de las aguas, es necesario eliminar cada vez un mayor porcentaje de contaminantes;
- Hay un límite absoluto a la cantidad de materia orgánica que se puede degradar en una superficie determinada, y es el impuesto por la cantidad máxima de anhídrido carbónico (CO₂) que se puede eliminar a la atmósfera.

Los contaminantes no degradables incluyen metales tales como el mercurio, plomo, cadmio, bates de hierro y aluminio, compuestos orgánicos tales como el DDT, los PCB, algunos detergentes, etc., que se degradan muy lentamente. Además, muchos de estos contaminantes se van acumulando a lo largo de la cadena trófica, es decir, la concentración del metal o del compuesto orgánico va incrementándose en la dirección presa-depredador. Prácticamente, todos los metales pesados se acumulan en los seres vivos. El plomo se acumula miles de veces en las plantas de los bordes de las carreteras (por cierto, es alarmante el aumento de plomo en la sangre de los habitantes del Gran Bilbao). El mercurio se acumula en el tejido del bonito y del pez espada (hoy en día se rechazan por este motivo parte de las capturas de estas especies en el Mediterráneo), el DDT ha llegado a la leche de las madres europeas a través de la cadena trófica. La acumulación a lo largo de la cadena trófica es peligrosa, porque puede llegar al hombre, como es el caso del DDT o del mercurio; pero para el ecólogo no es éste el mayor peligro. La acumulación de estos elementos puede dar origen a la desaparición de especies (impidiendo la reproducción, debilitándola excesivamente), lo cual sí puede tener consecuencias imprevisibles para el ecosistema entero: la interrupción de la cadena trófica podría llevarnos a situaciones catastróficas al no

poder regenerar los materiales necesarios para la vida. Los ecólogos son claros a la hora de definir la contaminación de elementos no biodegradables acumulativos que podemos verter a la naturaleza: nada dicen. De ahí que Australia haya prohibido la fabricación y utilización de PCBs (policloruro bifenílicos) en el continente. El asunto es grave y plantea la necesidad de control no sólo por medio de elementos depuradores, sino en su propio origen, en la fabricación. Algunos de estos productos, tales como los plaguicidas, son difíciles de sustituir de golpe sin causar un importante descenso en la producción agrícola mundial (se habla de un 30%), pero si no queremos enfrentarnos a un problema grave en el futuro de la humanidad, es preciso acelerar tres procesos alternativos, aun después de una fuerte limitación del crecimiento:

- a) La búsqueda del pesticida ideal, que sea selectivo, biodegradable, etc., muy difícil de encontrar.
- b) Métodos biológicos para combatir las plagas (depredación, competencia estéril, etc.).
- c) Un cambio de las prácticas agrícolas: agricultura sin arado, riego gota a gota, etc., que utilicen cantidades pequeñas de estos elementos y, sobre todo, que impiden el arrastre de tierras por el agua de lluvia y de riego.

Resumiendo este segundo punto de vista respecto a que es un cambio indeseable en el medio ambiente, diríamos que:

- para las sustancias biodegradables, cambio indeseable es la introducción de cantidades que sobrepasan la capacidad de asimilación del ecosistema. Esta capacidad de asimilación sólo se puede conocer tras un estudio exhaustivo del sistema en cuestión;
- para las sustancias no biodegradables acumulativas, su introducción en cualquier grado es considerado un cambio indeseable.

LA CONTAMINACION Y EL ECOSISTEMA TERRESTRE

El ecosistema terrestre tomado en su totalidad se sitúa físicamente en una parte de nuestro planeta llamada biosfera (esfera de la vida). La biosfera tiene unas dimensiones definidas, 511 millones km² por km. de espesor, es una parte de la Tierra y sólo una parte. La biosfera es, por lo tanto, limitada, no es infinita. Si, además, sabemos que la Tierra se encuentra aislada del resto del Universo, del cual no recibe ningún material, constataremos una segunda limitación: **la cantidad de materia viva, de seres vivos que puede albergar, tiene un límite.**

Sólo hay una conexión de la Tierra con el exterior. La Tierra recibe energía del Sol, la luz que el Sol envía es la única fuente importante de energía que poseemos en el planeta y la luz es el motor que hace andar al ecosistema terrestre y, dentro de él, al hombre.

Muy poca de esta energía solar la aprovecha a su paso por la Tierra antes de que vuelva a ser disipada y perdida de nuevo en el Universo. Solamente las plantas son capaces de captarla y transformarla en materia orgánica viva, que después servirá de soporte a todo el resto de seres vivos. Así, las plantas captan un 3% de la energía solar y la utilizan para hacer reaccionar al anhídrido carbónico presente en la atmósfera con el agua del suelo y fabricar, primero, azúcares, después, hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas, etc., pudiéndose afirmar que todos estos elementos **son almacenes especializados de la energía solar que fue captada por las plantas.**

Las plantas son los únicos seres que pueden vivir con independencia del resto mientras tengan a su disposición los minerales que necesitan para la formación de los tejidos. El resto de los seres vivos dependemos absolutamente de las plantas, los herbívoros se alimentan directamente de las plantas, los carnívoros de los herbívoros y los omnívoros, como el hombre, pueden hacerlo tanto de animales como de plantas. Se establece así una especie de cadena, en la que unos seres ponen a disposición de otros energía solar almacenada originariamente por las plantas. En cada paso de nivel, plantas a herbívoros, por ejemplo, el aprovechamiento de energía no es total, es decir, un herbívoro que ingiriera un kg. de proteínas de una planta no fabricaría más allá de 200 ó 300 gramos de materia viva, con lo que solamente aprovecharía de un veinte a un treinta por ciento, perdiéndose el setenta u ochenta por ciento restante en forma de calor, que al final escapa al Universo.

La conclusión es que la cantidad de biomasa (masa viviente) que puede soportar el ecosistema terrestre depende de la cantidad de energía solar captada por las plantas (producción primaria).

Ahora bien, este proceso, a pesar de su bajo rendimiento no se puede mantener indefinidamente, puesto que de lo contrario se acabaría por incorporar a la materia viva todos los elementos minerales que existen en la biosfera y son necesarios a los seres vivos: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, etc. Si así fuera, alguno de ellos haría tiempo que se hubiera agotado a lo largo de los 1.500 millones de existencia que lleva la vida sobre nuestro planeta.

La explicación a la continuidad del fenómeno de utilización de energía solar por las plantas (fotosíntesis), es decir, que siga apareciendo la vida, está en que la materia que conforma a los seres vivos

se usa de una manera cíclica. Con la misma constancia con la que la Tierra gira rítmica y periódicamente alrededor del Sol, completando el ciclo del año por el paso de las cuatro estaciones, o la Luna gira alrededor de la Tierra en ciclos mensuales, los distintos elementos que constituyen las células de los seres vivos pasan por la vida (materia orgánica) y por la no vida (materia inorgánica) de una manera cíclica. Sin referirnos a una ideología de ciclo como elemento circulatorio cerrado, sino más bien entendiéndolo como balance de materia y energía variable en el tiempo, creemos necesario explicar algunos de ellos.

El ciclo del carbono, uno de los más importantes, puede resumirse del siguiente modo: hay unas quince toneladas de carbono en forma de anhídrido carbónico flotando sobre nuestras cabezas por cada hectárea de superficie terrestre. Una de estas hectáreas de tierra cultivada con caña de azúcar extraería más de cuarenta toneladas de carbón en un año y puesto que constatamos no una constancia, sino un aumento constante de CO₂ en la atmósfera, debe haber alguna forma de devolución de ese carbón que las plantas han tomado a la atmósfera. Cuando los animales herbívoros y omnívoros se comen a las plantas, queman la mayor parte de alimento para obtener energía, en una acción llamada respiración; se toma oxígeno de la atmósfera, que pasa a la sangre, para provocar una combustión controlada, que produce anhídrido carbónico y agua, que son devueltos en la espiración a su lugar de procedencia atmosférica. Por otra parte, las bacterias se encargan de descomponer los cuerpos muertos de plantas y animales que no han sido consumidos por otros, utilizando el mismo procedimiento de respiración y devolviendo el anhídrido carbónico al agua.

De la velocidad de asimilación y desasimilación del carbono en este ciclo dependerá el rendimiento que el hombre pueda obtener de la energía solar. El hombre intenta constantemente acelerar el ciclo, produciendo cada vez mayores cosechas a base de dedicar importantes cantidades de energía a labores de labranza, abonado con fertilizantes, protección de unas determinadas cosechas con insecticidas, etc. Por mucho que se pretenda acelerar el proceso, es claro que existe un límite en el mismo; por tanto, hay un límite a la producción máxima que se puede obtener por parte de las plantas y, en consecuencia, a la cantidad de seres vivos que pueden ser alimentados en el planeta. Pero hay algo más curioso en este intento de aceleración del ciclo: el hombre ha conseguido importantes progresos con el empleo de medios artificiales, pero para ello ha habido que consumir unas cantidades enormes de energía; piénsese en las fábricas de abonos, tractores, transporte de semillas y abonos, etc., y la energía utilizada viene de quemar carbón, petróleo y gas natural, principal-

mente. Pues bien, todos estos combustibles provienen exclusivamente de plantas terrestres o acuáticas que quedaron sometidas a cambios químicos distintos de los de la putrefacción por bacterias, por haber quedado bajo el agua por períodos de tiempo prolongados.

El hombre ha conseguido aumentar el rendimiento de la agricultura a costa de descapitalizar la energía de la Tierra, consumiendo en doscientos años lo que tardó miles de millones de años en formarse, y es el empleo de esta energía la causa principal de la contaminación que padecemos.

El nitrógeno y el fósforo son otros dos importantes elementos cuya incorporación a la vida es cíclica. Las plantas toman el nitrógeno que está en el suelo en forma de nitrato inorgánico, y lo importan a sus células para formar las proteínas; cuando son consumidas por animales, parte de dichas proteínas se utilizan para formar las proteínas animales, y, de otra parte, se degradan, liberando el nitrógeno en forma de amoníaco. El amoníaco es oxidado a nitrato por ciertas bacterias, cerrando así el ciclo que les pone a disposición de las plantas.

Dentro del ciclo de la materia, los elementos nitrógeno y fósforo suelen ser los más escasos; sus ciclos son los que limitan la cantidad de plantas que se van a producir. El hombre intenta evitar esta limitación trabajando la tierra y suministrando cantidades superabundantes de nitratos, superfosfatos y sales amónicas a la tierra de labor, los cuales han sido artificialmente extraídos de las rocas o sintetizadas en fábricas de alto consumo en energía. El resultado es la creación de una doble contaminación: la primera, porque la tierra trabajada ha perdido facultades para retener el nitrógeno y fósforo que, arrastrados por las lluvias a los ríos, lagos o estuarios, crearán el problema de contaminación conocido con el nombre de eutrofización, y la segunda, porque la utilización de energía industrial es casi siempre contaminante.

Otro ciclo de vital importancia es el del agua y depende también de la **energía solar**. El calor del Sol **evapora cantidades importantes de agua en los océanos**, el vapor forma nubes que son arrastradas por los vientos hacia tierra, hasta que encuentren algún punto de temperatura más baja, donde condensan y precipitan en forma de lluvia. La lluvia forma cauces superficiales (ríos) o subterráneas, que van a parar a lagos, estuarios o mares, o bien queda atrapada en el terreno en forma de humedad. Del ciclo del agua se extrae energía eléctrica mediante saltos de agua, además de abundantes cantidades de este elemento para su uso por el hombre. Con ser grandes las cantidades movidas por el ciclo (100 km. cúbicos/año), no dejan de ser concretas y limitadas. De hecho, es uno de los recursos que se está agotando con mayor celeridad, porque son muchos los factores que sobre

él influyen: urbanización extensiva, contaminación, que las hace inservibles, cambios en la vegetación, etcétera.

Nuestro País Vasco, a pesar de la gran intensidad de precipitaciones de que disfruta, tiene planteados serios problemas con el agua: el conflicto del agua en Navarra, el problema surgido entre Bilbao y Vitoria por el uso de los recursos del Zadorra, la baja calidad de la mayoría de los abastecimientos públicos en los pueblos que cuentan con una alta dosis de reciclaje de aguas usadas y que ofrecen una alarmante inseguridad, son ejemplos claros de que este recurso es limitado.

Concluyendo, podría decirse que el ecosistema terrestre es limitado o finito, tanto espacialmente (dimensiones físicas definidas) como en el tipo y cantidad de elementos materiales que lo forman (aisladamente, con respecto al resto del Universo). La Tierra únicamente recibe del exterior energía solar, energía que, captada por las plantas, pone en marcha el fenómeno de la vida; toda la energía solar, una vez utilizada o simplemente reflejada, vuelve a ser enviada al Universo. La cantidad de material disponible para los procesos de la vida es limitado, la posibilidad de utilizar la energía solar es también limitada; el hombre intenta acelerar los ciclos mediante la aplicación de energía fósil a la agricultura (descapitalizando la tierra); esta explotación intensiva con gran energía fósil añadida, es el origen de la perturbación de los ciclos, es el origen de la contaminación que, a su vez, actúa como freno en el desarrollo.

EL USO DE LOS ECOSISTEMAS POR EL HOMBRE EN LA HISTORIA

El reconocimiento masivo por parte de la especie humana de que grandes sectores de su ecosistema se encuentran muy contaminados (podría mejor utilizarse la expresión muy dañados) por el simple hecho de que no pueda utilizar los recursos que ésta ofrecía (agua, pesca, aire, etc.) ha hecho que comience a poder hablarse de un uso de los ecosistemas. Excesivamente habituados a un lenguaje que en la historia de la vida corresponderá a un período muy corto, el hombre no ha podido darse cuenta del valor de la naturaleza hasta que ha tropezado con dificultades para utilizarla, hasta que los bienes que extraía de ella se han convertido en escasos y se ha visto que un uso indiscriminado y no planificado de la misma supone un freno al desarrollo. En este sentido la contaminación regula las posibilidades de desarrollo ciego y peligroso para el porvenir del hombre, al limitar los recursos (agua, salud física y salud moral, etc.), puestos a disposición de ese desarrollo.

El hecho de que el hombre se haya dado cuenta de todo ello muy recientemente, no quiere decir que

no haya existido un uso o abuso de los ecosistemas y, por ende, un efecto regulador del abuso sobre el desarrollo.

El hombre de Neandertal que habitó varios miles de años atrás, el pleistoceno europeo, al igual que sus predecesores, basó su desarrollo en el almacenamiento estacional de energía solar a corto plazo, quemando leña. Es decir, la energía solar se transformaba en tronco de madera que el hombre cortaba y quemaba. La disponibilidad de este tipo de energía calorífica permitió el desarrollo de los sistemas sociopolíticos de los Imperios Romanos y Griegos, con una precaria dependencia del tipo de energía utilizado. La caída de estos sistemas fue, en parte, debida a que llegó un momento en que el suministro energético no se podía mantener sin desarrollar un sistema extractivo caro, basado en la posesión de enormes extensiones de terreno excesivamente alejados de los centros de consumo. Es seguro que el rendimiento neto de la madera llevada a Roma desde el monte de los Alpes, sin la posibilidad de utilizar los trenes de carbón o los camiones madereros de hoy en día, era negativo.

La especie humana entró en un largo período de estancamiento. hasta que, allá por el siglo diecisiete, comenzó a explotar la energía almacenada en los combustibles fósiles (carbón, lignito y, más tarde, petróleo). El carbono, que constituye la esencia de estos combustibles, se fija a razón de veintiocho millones de toneladas por año, es decir, esta es la cantidad de combustible que se produce anualmente; en cambio el consumo que actualmente hace de estos combustibles el hombre es de seiscientos millones de toneladas año. El hombre está, por lo tanto, descapitalizando la tierra a marchas agigantadas. Lo más grave de esta práctica ciega no es que el hombre descapitalice la Tierra, sino que busca frenéticamente la aparición de fuentes de energía para dar rienda suelta a expansiones de población, sin medir las consecuencias (una de ellas la contaminación) de esta extraña práctica irracional en un ser que, ampuosamente se autocalifica de racional.

En este sentido, la puesta en manos del hombre de fuentes ilimitadas de energía significa esencialmente dotarle de una potestad ilimitada para dañar y erradicar ecosistemas enteros.

Los etruscos y los griegos prácticamente talaron la totalidad de los bosques de las tierras que bordeaban el Adriático; a esta tala siguió un mal uso de la tierra para labores agrícolas por parte de los romanos. Todo ello llevó a dar origen a una inestabilidad del ecosistema que, en lugar de recuperarse, va destruyéndose cada vez más, al haberse aumentado la erosión del suelo por las lluvias, toda vez que el suelo mal utilizado no retiene el agua y da origen a rápidas escorrentías que se traducen en inundaciones cada vez mayores en el valle de Florencia, provo-

cadadas por el río Arno. En nuestro país, la experiencia es aún más dolorosa, porque no podemos ir hasta los etruscos a la hora de justificar la cada vez mayor inestabilidad de nuestras cuencas, afectadas por inundaciones crecientes. Difícilmente podrán las soluciones ingenieriles (abrir cauces, ensanchar puentes) evitar nuevas catástrofes que, lejos de disminuir, van a ir aumentando a tenor del aumento de la escorrentía, provocado por la asfaltización masiva, la cubrición de la tierra con árboles tan devastadores como el pino, el descuido y falta de miramientos, con el cual una pala excavadora cualquiera arranca el manto vegetal que antaño nos ofrecía protección y estabilidad, absorbiendo cantidades importantes de agua de lluvia y disminuyendo la escorrentía.

Creemos que la especie humana ha alcanzado ya la edad adulta y ha llegado el tiempo para la reflexión y la autocrítica, tras mirarse en el espejo de la historia pasada.

El hombre, al igual que cualquier animal que pretende ocupar un nicho en la biosfera, ha modificado sus lugares de casa y hábitat; el uso del fuego y el regadío son claros ejemplos de estas modificaciones. Hasta ahora, el hombre, sea propietario o simple visitante de un ecosistema, lo modifica en función de sus necesidades a corto plazo, de manera que el futuro de nuestros hijos nos importa bastante menos de lo que aparentamos. Podemos decir casi por definición que cada una de las alteraciones del ecosistema llevadas a cabo por el hombre tiende a hacerlo más primitivo, más orientado hacia el «crecimiento ciego» (no desarrollo humano), menos estable, dirigido más hacia la producción de bienes de consumo que a la protección del ecosistema. Reflexione el lector bajo estas bases sobre el desarrollo del armamento nuclear, que ha colocado al mundo en una posición tan inestable como la de desaparecer en cuestión de horas si se desata el conflicto armado; la energía nuclear pretende solucionar el problema energético a base de aumentar los riesgos de la población, la creación de las modernas urbes monstruo, cada vez más vulnerables a fallos en el suministro de alimentos, agua, en la eliminación de basuras, etc.

Cada avance tecnológico, desde el hacha de piedra, al cuchillo de piedra, desde la lanza hasta el arco y de aquí al arma de fuego, ha servido fundamentalmente para que este hombre, sostenido por la energía solar, pueda ocupar proporciones crecientes de la tierra, sometiéndolas a su dominio, para lo cual ha modificado tanto el ecosistema sobre el que reside como el de sus vecinos. Así, mientras continúa en debate si el hombre cazador del pleistoceno fue el responsable de la extinción de muchos mamíferos, es, en cambio, seguro que ha sido el hombre quien ha modificado fundamentalmente la composición animal del ecosistema en toda Europa Occidental y, pro-

bablemente, en Norteamérica. Dificilmente el clima por sí solo hubiera eliminado de forma selectiva los animales utilizados como alimento por el hombre sin haber causado la extinción simultánea de otras especies menores de animales y plantas de una forma proporcional.

La intención de esta visión retrospectiva de nuestra actitud como especie no tiene, ni mucho menos, como objetivo el provocar una actitud pesimista en cuanto al futuro del hombre. Es probable que el hombre, como especie, haya hecho lo mejor que ha podido por sobrevivir; sin embargo, es sabio y prudente que este hombre, una vez alcanzada la madurez científica de nuestros días, haga una revisión del pasado y trate de enfocar el futuro para seguir sobreviviendo en condiciones cada vez mejores. Una primera conclusión que emerge claramente del estudio del uso histórico que el hombre ha hecho de los ecosistemas que ha conquistado, es la de que en el contexto limitado en que vivimos no sólo no puede seguir deteriorando más ecosistemas, sino que tiene que adquirir un compromiso serio por recuperar los que quedaron dañados en el pasado. Esta consecuencia ha comenzado a calar en muchas de las sociedades humanas, que ya dedican parte de sus recursos a la recuperación de zonas dañadas. Unos pocos ejemplos son la restauración del Támesis, el lago Washington, varios lagos suecos, la recuperación de superficies de minas abandonadas en Estados Unidos, etc.

Entre las modificaciones más profundas y, por tanto, más preocupantes del ecosistema causadas por el hombre moderno pueden citarse:

El desarrollo de una agricultura que utiliza masivamente el riego, los fertilizantes sintéticos y los pesticidas y herbicidas. El ecosistema agronómico es hoy en día uno de los más preocupantes por el grave deterioro en que se encuentra, y debe ser uno de los primeros en ser recuperado si no queremos traspasar a las generaciones futuras una situación catastrófica.

El desarrollo industrial, en gran parte al servicio de la agricultura, que, junto a indudables ventajas, presenta serios problemas de contaminación, puesto que la síntesis artificial de productos de consumo (plásticos, abonos, elementos químicos) se consigue siempre por una distorsión de la naturaleza.

Las aglomeraciones humanas en territorios reducidos, que lleva a la creación de urbanizaciones, asfaltado de grandes zonas, producción concentrada de aguas residuales, utilización masiva de recursos hidráulicos, aumento del transporte de alimentos, distanciamiento entre el lugar de degradación, etc., son el tercer grupo, y no por ello el menos importante, de estas modificaciones del entorno, cuyo análisis sereno es imprescindible para comprender a dónde vamos y rectificar si es preciso en aras a un principio de solidaridad con las generaciones venideras.

ENERGIA Y CONTROL DE LA CONTAMINACION

El control del impacto de la contaminación en nuestro ecosistema terrestre puede definirse no solamente desde el punto de vista ecológico, sino incluso desde el puramente mercantilista, como un consumo de energía; energía que el primero la engloba en un marco más amplio, en un completo balance de energía del sistema solar, y el segundo la valora parcialmente por medio del patrón de energía transformada en el propio ecosistema terrestre, apta para su inmediata utilización y empleo industrial.

Así pues, nos encontramos con un posible aspecto cuantificable a escala de ecosistemas y sociedad, del control de la contaminación y que puede situarnos dentro de la problemática del silogismo calidad de vida - desarrollo económico.

Tal vez los Estados Unidos de América, la sociedad que con el mayor desarrollo económico capitalista, más seriamente se haya planteado dicho silogismo, que unas veces se nos presenta y otras nos lo presentan como dos parejas de categorías en contradicción. Ante ello, recientemente le oímos afirmar al profesor Leonfieff que el verdadero desarrollo económico de la sociedad es aquel que arrastra, unido e inseparablemente, aumento del bienestar de la calidad de vida.

Indudablemente es difícil y conflictivo medir dicho bienestar en su totalidad, pues se presenta de forma distinta para las necesidades tangibles inmediatas de las diversas clases sociales, e incluso para distintas áreas geográficas. Pero no tenemos duda alguna que una de las variables que componen ese bienestar, esa calidad de vida en los países que se encuentran en un nivel intermedio de desarrollo económico, o en áreas como Euskadi con un elevado desarrollo industrial, es indudablemente el control de la contaminación.

Este control de la contaminación es preciso para el aumento de la calidad de vida de todos los estratos sociales de Euskadi y muy en particular de la clase trabajadora, cuyo hábitat queda, la mayoría de las veces, prefijado, ajeno a su elección. Así y a través de muchos y claros ejemplos por todos conocidos, podremos cuantificar la variable del control de la contaminación. En el bienestar total del pueblo vasco, recordaremos solamente aquellos que tuvieron que desarrollarse por la alternativa extrema de innumerables manifestaciones, unas multitudinarias y otras trágicas.

Estados Unidos ha cuantificado para su país la variable del control de la contaminación como elemento integrante del bienestar, dentro de la continua escalada de demanda energética que el actual desarrollo económico viene necesitando. Basándose en el análisis de la situación actual, la EPA valora la energía necesaria para eliminar todo tipo de emisión de

dióxido de sulfuro (SO_2), depurar las aguas residuales y recoger y tratar convenientemente todas las basuras sólidas, en un 1'04% de la demanda total de energía. Así pues, este bajo consumo de energía representa en Estados Unidos la eliminación del SO_2 emitido por todas las centrales de producción de energía, la depuración de todas las aguas residuales, incluyendo tratamientos terciarios de afino y que todos los municipios recojan sus basuras y las depositen en campos apropiados.

Para tener un ejemplo claro, estos 748 trillones de BTU por año que USA utiliza para el control de su contaminación, no llega a representar ni tan sólo el doble de la cantidad de energía utilizada en 1968, en el acondicionamiento del aire de sus propias casas.

Una estimación realizada durante el año 1968 en en distintos municipios de USA promediaba el consumo de la energía eléctrica consumida en el proceso de depuración de sus aguas residuales en 0'018 kw/h por día y habitantes de dicha comunidad, alcanzando en algunas áreas servidos con tratamientos terciarios el valor de 0'226. Ello supone una demanda energética de 29 trillones de BTU por año, que representa un consumo de 7.5×10^6 kw/h por día, lo que representa solamente el 0,04 por ciento de la demanda total de energía de los Estados Unidos, o, indicado de otra forma más significativa, el setenta por ciento de consumo anual de energía utilizada en mantas eléctricas durante dicho año de 1968.

El estudio realizado por EPA, extrapolaba los valores para obtener el dato de 0'25 por ciento de la demanda total de energía valor que representaba la energía empleada en depurar todas las aguas residuales municipales, e incluidas las industriales, es aproximadamente de 290 trillones de BTU al año, es decir, el 0,4 por ciento del consumo total de energía. En el caso de emplear métodos de afino por medio de tratamientos tecnológicos muy sofisticados, la demanda se duplicaría, representado el 0'8 por ciento del consumo total de energía de los Estados Unidos.

Vemos así que, indudablemente, el control de la contaminación y degradación del medio ambiente del hábitat en que vivimos tiene un precio, reflejado en energía aportada a ese ecosistema, pero que englobada en la demanda dentro de la energía que precisa el actual desarrollo económico, es pequeña. Si esta energía precisa para el control de la contaminación del orden del uno por ciento, es muchísimo más pequeña que la energía aportada en los procesos de producción, no vemos razonamiento alguno para argumentar que la toma de dichas medidas del control de la contaminación afecten al rendimiento del desarrollo económico de una forma negativa.

Es más, en todo proceso industrial, si se realiza un balance de energía desde el comienzo de su acti-

vidad, en el rendimiento de su operacionalidad, vemos minimizado el costo debido a los medios del control del impacto de la contaminación en el medio ambiente. Es por ello que si existe un desequilibrio en un momento determinado del proceso productivo, la razón no está en el costo del control de la contaminación, habría que buscarlo en otros argumentos diferentes para cada caso.

En general, y con la promulgación en Estados Unidos por la EPA de los estándares de los efluentes en 1977, los impactos proyectados en el costo de la producción debido al control de la contaminación de las aguas, se ha estimado menor que el tres por ciento de los costos totales de venta, e igualmente la demanda de energía ha representado solamente el tres por ciento de la necesitada en el sistema productivo.

Como conclusión, vemos que el impacto del control de la contaminación de las aguas en la producción es muy poco significativo. Entre el uno al cinco por ciento puede ser considerado el inciso de dicho control en los costos de producción. Por ello vemos que la pareja de valores desarrollo económico - calidad de vida, sigue siendo un silogismo y si se nos quiere presentar como contradictorios, son por otras razones ajenas a la problemática de un correcto planteamiento del control de la contaminación.

CONTAMINACION Y PERDIDA DE RECURSOS PROPIOS

Siguiendo emplazando a la contaminación dentro de los cauces económicos, tras este breve análisis de los costos de energía, podríamos visualizar la problemática de la polución como una clara pérdida de recursos. Este punto de vista se encuentra muy estudiado en los Estados Unidos de América, país muy sensibilizado ante un posible aislamiento y que en la actualidad está adoptando programas ambientales basados en el reciclaje de los materiales, hasta el límite de recomendación de vertidos cero.

La pérdida de recursos cuando se permite la contaminación aparece de dos forma:

- una, en forma de materiales, como hierro, zinc, níquel, nitrógeno, fósforo, que si su vertido se prohibiese, acabarían recuperándose;
- otra, en forma de recursos naturales que se destruyen. Como cauces de agua, lagos, mares, quedando inutilizados para el suministro de agua, usos recreativos, riegos, disminución de recursos pesqueros, etc.

Todos preferimos quedarnos sin comida que sin agua en los límites de nuestra subsistencia; por ello

recordemos que son muchos los científicos que opinan que la población humana se encuentra en mucho mayor peligro al quedarse sin agua potable que sin suministro de alimentación sólida. Es evidente que cada vez va a ser más difícil aumentar el standard de vida de la población humana, pues el techo se va tocando. No era, pues, difícil para el ecólogo predecir esta involución cuando, tras estudiar la armonía de la comunidad que vivía en la cabeza de coral, no puede resistir el hacer un comentario al margen titulólo: «Implicaciones para el hombre urbano», y dice:

«Si las muchas adaptaciones especiales para desviar energías al reciclaje regenerativo y reorganización de los sistemas naturales son parte de un sobrevivir y persistir efectivo, algún paralelo puede verse en la cultura urbana del hombre, que está en

peligro de verse obstruida con acumulaciones, residuos, viejas estructuras y otras unidades manufacturadas de nuestro sistema. Las tendencias instintivas de algunos jóvenes a ser destructivos pueden estar sirviendo ahora, como en el pasado, como parte de un sondeo de un proceso emergente de autodiseño, que estabilice el sistema humano desarrollando módulos especiales que mejoren el ciclado y el reordenamiento de nuestras ciudades y otras instituciones. Los centros decadentes de muchas de nuestras mayores ciudades permanecen como evidencia muda de la necesidad de regeneración y recrecimiento. El hombre puede escoger entre canalizar sus energías en esta dirección con fuegos incontrolados, revueltas y continuo decaimiento, o a través de dedicar los mayores esfuerzos a la renovación urbana controlada y el entendimiento social» (ODUM).

La capacidad de producción de los océanos

Por RAMON MARGALEF

Ya no se habla tanto, con entonación retórica, de los recursos ilimitados del mar, pero se sigue especulando con mayor motivación práctica sobre las posibilidades de incrementar la extracción de proteínas alimenticias de los océanos. Hoy día estos problemas reflejan una mayor preocupación política por diversas razones, aparte de las intrínsecamente ligadas a las necesidades de la humanidad. Por una parte, se avanza lenta, pero inexorablemente, hacia una legislación internacional de los océanos que, según la forma que tome, podrá tener resultados favorables o adversos. De otra, la transferencia de conocimientos entre los que los poseen y los que los necesitan, no es ni automática ni fácil, incluso con la mejor voluntad. Es posible que para el hombre de la calle la ecología, el estudio global de la naturaleza y de cómo funciona, no sirva más que para formular siniestras profecías; sin embargo, la ecología posee ya unas nociones muy claras que pueden servir de marco para debatir algunos problemas que plantea la explotación de los mares.

La capacidad de producción de los mares, en forma de peces y otros animales comestibles, es sólo una fracción pequeña de la producción marina a nivel de los vegetales. Conocer la producción marina vegetal es, pues, un dato importante. Aunque las algas de la costa son de gran tamaño, y algunas de ellas crecen con mucha rapidez, su contribución a la producción primaria marina es muy pequeña. La base de la producción marina es el plancton, es decir, los pequeños organismos suspen-

didos en el agua y no sujetos a las rocas ni al fondo; entre ellos hay gran número de plantas microscópicas que forman como una pradera pulverizada y suspendida en las aguas. Pero quizá es más justo comparar al mar con un desierto que con un prado. A pesar de que la superficie de los océanos es como unas tres veces la superficie de los continentes, la producción de plantas por los océanos es aproximadamente semejante a la producción de plantas por la superficie de los continentes, de manera que, por término medio, una unidad de superficie oceánica produce como un tercio solamente de una unidad de superficie terrestre. Lo mismo que en tierra, la capacidad de producción marina varía de un lugar a otro; así las áreas del centro de los grandes océanos (exceptuando la faja del Ecuador) y el Mediterráneo, producen muy poco, son perfectamente comparables a desiertos o a garrigas pobres y su producción se evalúa en unos 50 gramos de carbono orgánico asimilado por metro cuadrado y año. Sin embargo, otras regiones marinas son más productivas y se pueden comparar correctamente con pastizales y cultivos terrestres. Por desgracia, estas áreas fértiles marinas son de extensión reducida. Es obvio que el conocimiento de las causas de las diferencias entre las regiones fértiles y las pobres ha de ser muy importante, pues es posible que algún día la tecnología pueda suplir lo que falta a las áreas pobres, inaugurando así una verdadera acuicultura.

Sin embargo, no hay razón para sentirse muy optimistas, porque se comprueba fácilmente que el esta-

do más previsible, al que tiende el mecanismo de la producción marina, ha de ser de producción muy baja. Merece la pena considerar dicho mecanismo con alguna atención. Imaginemos un área marina alejada de la costa, en la que existirán, por supuesto, pequeños vegetales planctónicos en las capas superiores penetradas por la luz del sol. Esta es otra limitación importante de la capacidad de producción de los océanos, pues la luz solar es absorbida por el agua y a cierta profundidad reina total oscuridad. Prácticamente, sólo los organismos vegetales que viven en una capa de agua de no mucho más de 50 metros de espesor, inmediata a la superficie, tienen luz suficiente para crecer. Estos 50 metros, en relación con los 4.000 metros, que es la profundidad media de los océanos, no representan más que una delgada película del 1/8 del espesor total.

En un área oceánica típica, además, el desarrollo de las algas en suspensión está frenado por la concentración extremadamente baja de elementos nutritivos esenciales, como por ejemplo, el fósforo. Piénsese, por ejemplo, que el agua de lluvia que cae sobre Barcelona lleva más fósforo en solución que el agua del Mediterráneo en verano, a pocas millas de la ciudad. Y, sin embargo, las aguas marinas contienen una reserva considerable de fósforo y de otros elementos necesarios, aunque en el mal lugar, es decir, en profundidad, donde no llega la luz. Esto ocurre por la siguiente razón: imaginemos que las aguas de superficie se enriquecen en los nutrimentos necesarios, inmediatamente el plancton se multiplica y una gran proporción de dichos nutrimentos pasa de estar en solución en el agua a encontrarse en el cuerpo de los organismos. Ahora bien, siempre hay una mayor probabilidad de moverse hacia abajo si están en partículas sólidas, es decir, en el cuerpo de organismos —o en sus excrementos— que si están en solución. Esto significa que las algas del plancton, especialmente cuando están debilitadas o cuando mueren, tienden a sedimentarse; por otra parte, los animales del plancton, que se mueven nadando arriba y abajo con regularidad, tienen la costumbre de comer en superficie —que es, desde luego, donde hay más plancton— por la mayor intensidad de luz, y defecar en aguas profundas, a varios centenares de metros de la superficie. Todo el sistema actúa, pues, de tal manera que parece que tuviera el propósito de eliminar todos los nutrientes en solución de la superficie y llevarlos a las profundidades. En el agua profunda, por acción de bacterias o espontáneamente, los elementos nutritivos —el precioso fósforo y otros— abandonan las partículas sólidas y pasan a estar en solución. Me he extendido particularmente en explicar este ciclo porque es fundamental para entender la limitación fundamental en la capacidad de producción de los océanos. La cosa se comprenderá mejor si se compara con lo que ocurre en la

superficie de los continentes, donde los nutrientes quedan retenidos en el suelo y no escapan más abajo, aunque pueden experimentar un transporte considerable en la dimensión horizontal.

Podemos preguntarnos cuál sería el límite de la producción sostenible en un océano ideal de aguas quietas. El límite es increíblemente bajo, pero no es cero. En un medio líquido como el mar, no podemos confinar todos los nutrientes en disolución en las aguas profundas, quedando las aguas de superficie exentas de ellos: a favor del gradiente que se establece, siempre habría un pequeño flujo de nutrientes de abajo hacia arriba. Pero sin importancia, el transporte real que se hace en este sentido obedece a otras causas, a procesos de mezcla vertical del agua o al transporte de masas de agua profunda —en las que han acumulado nutrientes— hacia la superficie, donde se encuentran a plena luz. Esta remoción o arado de las aguas marinas asegura su producción y existe una relación estrecha entre la producción de las aguas marinas y la intensidad de los procesos que localmente aportan a la superficie aguas ricas en sales nutritivas.

Como se puede suponer, se ha dedicado mucho esfuerzo de investigación a tratar de conocer la base de la fertilidad marina, a relacionar la producción a nivel de las algas con la intensidad de la luz o con las concentraciones de distintos elementos esenciales, con los equilibrios entre unos y otros y con otros factores que afectan a la rapidez con que se fija el carbono. El carbono, por cierto, no es limitante, pues las aguas marinas, por su composición salina, mantienen constantemente una gran reserva de carbono inorgánico: un litro de agua de mar contiene casi tanto carbono como un metro cúbico de aire, de manera que en este respecto las plantas marinas no están ciertamente peor que las terrestres.

A pesar del interés científico que tiene el haber logrado aclarar muchos detalles de las circunstancias que regulan la producción marina, el interés directo práctico de estos conocimientos es pequeño. En realidad, las relaciones existentes se pueden presentar de otra manera mucho más simple y efectiva.

Ocurre con frecuencia que la ciencia es influida por la técnica, y no solamente porque ésta proporciona aparatos mejores y nuevos medios de investigación, sino también porque la divulgación de ciertas técnicas dispone a veces a contemplar la naturaleza de otra manera. Así, por ejemplo, es cierto que el perfeccionamiento de las cámaras fotográficas estimuló a estudiar al ojo como una cámara y a considerar sus adaptaciones como si fuera un sistema óptico; el desarrollo más reciente de las computadoras ha podido contribuir a cambiar el acento; ahora interesa particularmente el sistema nervioso subyacente en la retina, que proporciona una primera elaboración de la información visual y da las bases de

una percepción rápida, tan importante en el comportamiento animal. En el campo de la tecnología marina, de desarrollo de los sondadores por eco, ha llevado a buscar y a prestar mayor atención a la ecolocación practicada por animales como murciélagos y cetáceos. Quizá ahora nos encontremos en una situación semejante en lo que concierne a energía auxiliar, a energía que es importante para la vida de los organismos, pero que no circula o se degrada en sus cuerpos, sino en su entorno. La vida del hombre actual está ligada en gran manera a esta energía; la energía invertida en el transporte, la calefacción, etc., es ya, en promedio, unas diez veces superior a la energía contenida en los alimentos que consumimos. No hace falta pensar mucho para darnos cuenta que el rendimiento de la agricultura actual es una función de la energía auxiliar invertida en las prácticas agrícolas, aparte de la energía solar que captan las plantas. Dicha energía auxiliar se invierte en máquinas, transporte de fertilizantes, irrigación y en una agricultura moderna mecanizada representa dos o tres veces la energía química proporcionada por las cosechas. La actual preocupación por todo lo que se refiere a la energía ha preparado a los ecólogos para reconocer la importancia de esta energía externa o auxiliar. Antes apenas se contabilizaba más que la energía solar en cuanto reaparecía en forma de energía química en los compuestos de carbono sintetizados. Hoy estamos dispuestos a aceptar que para la vida de las plantas terrestres es tan importante la radiación luminosa que capta la clorofila, como la energía de la lluvia, de la evaporación, del viento y de la erosión y arrastre de materiales sólidos en el suelo.

Estas consideraciones nos preparan para entender las diferencias locales de la fertilidad en el mar y la distribución de sus valores. Todo es función de la energía invertida o disponible localmente. La atmósfera y los océanos están acoplados en una enorme máquina térmica que conduce calor del ecuador a los polos y que tiende a hacer que las condiciones de vida en la superficie del planeta sean menos desiguales de lo que en otro caso serían. Pero aquella máquina funciona con una estructura considerablemente discontinua e irregular. Los estados del tiempo no son continuos, sino fragmentados en frentes y tormentas; las corrientes marinas existen como tales corrientes, es decir, destacan sobre masas menos móviles y presentan cambios de dirección y de intensidad, todo ello también en relación con la forma de las cubetas oceánicas y el contorno de los continentes. Como resultado de todo ello existen lugares particularmente favorables donde el agua oceánica profunda, rica, por tanto, en los elementos nutritivos necesarios, sube hasta la superficie y se expone a la luz. En definitiva, si buscamos algún factor clave con el de relacionar la produc-

ción primaria marina, el más sencillo es la energía disponible y degradada en un lugar determinado, por intercambio entre la atmósfera y el mar. Es sabido que el paso de un tornado deja tras sí un surco de fertilidad en las aguas marinas. Ahora bien, entre las perspectivas de la tecnología actual, y en este caso de las observaciones desde satélites, está la posibilidad de medir aproximadamente, y aun de anticipar la energía disponible para la mezcla y ascensión de agua en los distintos puntos del océano.

El análisis se presenta algo más fácil en algunos casos. Existen cuatro regiones marinas muy fértiles y simétricas, las costas de California, del Perú, del NW de Africa y del SW de Africa. Las cuatro ocupan el margen oriental de los grandes sistemas de circulación marina que giran en sentido anticiclónico. En todos estos casos la combinación de la dinámica atmosférica y de la dinámica marina canaliza y concentra la energía, de modo que se produce un importante afloramiento o surgencia de agua profunda junto a las costas occidentales de los continentes respectivos. Sus efectos son amplios: no sólo se produce mucho plancton y muchos peces, sino que al remontar agua profunda a la superficie, que es más fría, pueden aparecer nieblas bajas y, en todo caso, la circulación atmosférica se hace descendente, de modo que en estas costas no llueve y las áreas marinas más fértiles lindan con desiertos. La vida terrestre, las aves, buscan su sustento en el mar y, bajo el clima seco, perduran sus excrementos sobre la costa. En casi todas estas áreas hay un cabo blanco por la aridez y por el guano, y al abandonar la zona árida, los navegantes bautizaron también, en general, algún otro cabo con el nombre de Verde. Es una circunstancia afortunada para el desarrollo de la ciencia marina que se disponga por cuadruplicado de un fenómeno que es sustancialmente el mismo, permitiendo introducir un estudio comparado. Sin embargo, las cuatro regiones mencionadas son bastante diferentes en producción. La peruana es, con mucho, la más fértil, quizá cuatro o cinco veces más que las otras, y ella sola puede proporcionar cerca de la décima parte del pescado total que se retira de los océanos.

Existen otros afloramientos de causa más local, debidos al régimen monzónico, en algunas áreas del Indico, especialmente en las costas de Somalia, uno moderado en las costas atlánticas de la Península Ibérica y otros mecanismos que, en todo caso, implican una disponibilidad importante de energía y que explican la fertilidad de los mares australes, de la región de los Grandes Bancos de Terranova, de algunas áreas del Japón, etc. En las regiones fértiles, la producción raramente se sostiene en el mismo nivel durante todo el año. En las épocas más productivas se miden asimilaciones de 1 a 6 gramos de carbono por metro cuadrado y día, y, sobre la base anual, la producción de las áreas de afloramiento suele que-

dar entre 300 y 1.000 gramos de carbono por metro cuadrado, perfectamente comparable a la producción de tierras de labor y prados abonados, y de 6 a 20 veces mayor, por unidad de superficie, que la producción de extensas áreas del centro de los océanos.

En estos últimos años la investigación de las áreas de afloramiento ha experimentado un auge importante: se han emprendido numerosas expediciones de estudio, muchas de ellas con la colaboración de diferentes países, y son numerosas las reuniones científicas cuyo tema principal es el estudio de las áreas marinas donde la producción está forzada por movimientos verticales del agua.

De momento, he escrito solamente acerca de la producción primaria del mar, es decir, de la producción de plancton vegetal principalmente. Las algas microscópicas sustentan a pequeños animales, éstos a animales mayores o a peces, y así sucesivamente. Tal como están organizadas las cosas, el paso de un nivel a otro representa una pérdida de energía que, como orientación, se puede estimar en el 90% de pérdida, es decir, una producción o crecimiento de cien a nivel de las plantas, se convierte en un crecimiento de diez a nivel del herbívoro y en un crecimiento de uno a nivel del carnívoro. Con un criterio de maximizar la producción para el hombre, es obvio que debe retirarse el rendimiento lo más cerca posible de su origen: son, ciertamente, más baratas las proteínas del trigo que las proteínas de la carne y a nadie se le ocurriría seriamente mantener una explotación de animales terrestres carnívoros —aunque no son pocos los que pretenden desarrollar una acuicultura con animales marinos carnívoros—. La mejor explotación de la producción marina consistiría en colectar directamente el fitoplancton, pero sus elementos son tan pequeños y están dispersos en una masa de agua tan grande, que, independientemente de otras consideraciones, su extracción sería un mal negocio. Hay que obtener el producto marino a un nivel en que pueda hacerse fácilmente, por medio de redes o aprovechando el propio comportamiento de los peces, como cuando se usan líneas y anzuelos. Pero, desgraciadamente, de esta forma se capturan animales que están ya separados varios pasos de los productores primarios, de manera que la producción inicial aparece ya muy mermada a este nivel. Además, recuérdese que la producción marina por unidad de superficie es menor que la terrestre. En definitiva, la producción primaria marina total se puede estimar en unos 30.000 millones de toneladas de carbono anuales; si los peces aprovechables están a dos o tres picos de distancia en la cadena alimentaria marina, a su nivel la producción sería entre 300 y 30 millones de toneladas de carbono anuales, que se pueden multiplicar por diez para tener su expresión no en peso de carbono, sino en peso del ani-

mal en fresco. Es decir, la producción total anual de peces aprovechables es del orden de los 500 a los 1.000 millones de toneladas anuales, con lo cual es poco verosímil que el hombre pueda retirar, económicamente, más de unos doscientos millones de toneladas por año. Aun aproximarse a este límite, resulta difícil. La pesca en caladeros alejados, incluyendo combustible, amortización del buque, congelación, etc., invierte cinco o seis veces más energía que la energía química contenida en los peces como alimento. Claro que es energía de diferente calidad: una cosa es la energía de las proteínas de los peces y otra la energía del petróleo, pero la relación es elocuente y si se piensa que la agricultura más mecanizada no invierte más que dos o tres veces la energía externa que la retiene se debe aceptar que un serio handicap pesa sobre la pesca y que no es posible hacerse muchas ilusiones sobre el futuro de la pesca tradicional. Se dice, a veces, que los animales de gran profundidad o de aguas antárticas representan una reserva que se podrá utilizar en el futuro, pero estas aserciones son falsas, porque precisamente dichas poblaciones tienen una tasa de renovación muy lenta, de modo que sus poblaciones no pueden soportar una explotación intensa. Todo lo contrario de las especies propias de las regiones de afloramiento, representadas por especies de sardinas y anchoas que se encuentran al final de cadenas alimentarias cortas, es decir, en las mejores condiciones de transferir energía y con el beneficio adicional de existir menos riesgo de acumulación de sustancias dañinas, como el mercurio, riesgo que es máximo en especies de larga vida y que pertenecen al grupo de los supercarnívoros, como los peces espada y los atunes. Sin embargo, se menciona que las áreas de afloramiento son inconstantes, con altos y bajos; en el Perú, el fenómeno denominado «el Niño», con un aporte excepcional de aguas más cálidas e interrupción local del afloramiento, produce verdaderas hecatombes cada unos cuantos años. Por otra parte, el hombre tiende siempre a concentrar excesivamente la explotación de un recurso apetecible y es capaz de amenazar su continuidad. Pero las poblaciones de peces de las regiones de afloramiento, sometidas por millones de años a estas fluctuaciones, han tenido que incorporar en su evolución una capacidad fantástica de rehacer sus poblaciones, de reponerse después de grandes quebrantos, y esta facilidad, de rebote, es la base de su explotabilidad. En una actitud más filosófica, debemos pensar que las periódicas crisis de producción, que el hombre tanto resiente, han preparado y mantienen las especies en un alto nivel de productividad. Nada de esto ha ocurrido con las poblaciones de peces de profundidad, que son incapaces de soportar una explotación humana, porque no estuvieron sometidas a una intensa y fluctuante explotación por la propia naturaleza. Las sardinas y

anchoas de las áreas de afloramiento aparecen, pues, como especies preadaptadas a la futura maricultura o cultivo de los mares. En cambio, especies que tenían un gran dominio del medio —migraciones, etc.— y pocos enemigos naturales y que ahora están siendo perseguidas intensamente por el hombre —ballenas, atunes—, están, probablemente, condenadas a declinar hasta densidades de explotación no rentable.

Las perspectivas de aumentar la producción y extracción de proteína utilizable son pequeñas en la situación actual; pero es posible preguntarse si habrá una nueva tecnología apropiada para encauzar procesos naturales de disponibilidad de energía y utilizarlos en promover el afloramiento en áreas adecuadas. La idea más simple es buscar parajes donde exista en profundidad agua menos salada y más fría: si esta agua se hace subir a la superficie a través de un tubo que incorpore cambiadores de calor —o bien si dicha agua se usa como agua de refrigeración de centrales productoras de energía térmica o nuclear— se tiene en superficie agua menos densa, por menos salada, y rica en nutrientes, por más profunda, que puede ascender automáticamente y fertilizar regio-

nes marinas amplias. El Cabo Frío, en Brasil; Sainte Croix, en Antillas, y las costas de Mauritania son lugares donde este esquema sería válido, aunque quizá su realización llega al límite de la tecnología actual. Esta sería una verdadera acuacultura a gran escala. Nada tiene que ver con ella el cultivo de ostras, langostinos u otros productos de gran precio, utilizando a veces harina de pescado, en un proceso ecológicamente absurdo. Pero esta acuacultura modesta, costera, se puede acoplar con la utilización parcial de los vertidos de aguas contaminadas. Lamentamos la contaminación marina, que consiste en la introducción en el mar de materia orgánica parcialmente descompuesta y en elementos promotores de la fertilidad local. Por otra parte, deseáramos aumentar la fertilidad de los océanos. Es natural que una tarea de la ecología futura ha de ser ensamblar los vertidos con áreas productivas, orientando el reciclado de manera que presente los menores inconvenientes y el máximo de provecho. Pero no es previsible que el hombre varíe sustancialmente la capacidad de producción de los océanos, que está fijada por mecanismos de escala planetarios.

