

Algunos problemas medioambientales en Europa

José A. SOTELO NAVALPOTRO

Departamento de Análisis Geográfico Regional. UCM
jasotelo@ghis.ucm.es

Recibido: 2 septiembre 2006

Aceptado: 12 septiembre 2006

El espacio europeo es eminentemente cultural, sin embargo, la base de esa realidad la encontramos en un medio físico, que si ayer era hostil, hoy transformado y en no pocos casos degradado, puede ser un punto de referencia fundamental en la búsqueda del tan ansiado «desarrollo sostenible». En él, elementos como el paisaje, entendido como representación de la naturaleza, se nos presenta como una construcción de la imaginación que va conformando paulatinamente una memoria, y constituye la biografía de cada territorio, en continua mutación. De esta forma, el paisaje no es igual a la naturaleza, sino una interpretación de ella. La definición de paisaje está unida por lo tanto a la de horizontes y planos, pero también el paisaje entraña en sí elementos que representan la cultura territorial tanto pasada como presente, siendo así el resultado de multitud de procesos naturales e históricos. Sin embargo, este hecho de ser una señal tan llena de contenidos, es a la vez una de las razones por las que el paisaje se muestra como algo tan frágil, afectado por multitud de variables de diferente orden. Lo fundamental para poder comprender el paisaje es que nada en los paisajes cambia al mismo tiempo, a la misma velocidad y en el mismo sentido. Por ello, el territorio analizado desde la realidad de sus paisajes, conforma una realidad base para que el ser humano se aproxime a él, como una referencia fundamental para el desarrollo, entendido éste, no tanto desde una perspectiva económica, sino como un espacio cultural. En definitiva, Europa.

Desde esta perspectiva, señalar que el medio ambiente europeo dista mucho de ser el resultado exclusivo de la interacción de los elementos naturales. Desde la prehistoria, la humanidad ha incidido profundamente en su entorno natural, modificándolo y modelándolo, y desencadenando procesos de consecuencias a veces inesperadas y algunas dramáticas. Detengámonos en su análisis.

1) «Alteración de la vegetación»:

Un impacto ambiental muy acentuado de las actividades humanas ha sido sobre la vegetación. Antes de que los humanos se convirtieran en un importante factor de cambio, más del 80% de Europa tenía una superficie forestal. Dos tercios de esta cubierta arbórea ha sido destruida durante los últimos 3500 años. Además, los actuales terrenos forestales reflejan siglos de prácticas forestales selectivas. Algu-

nas especies han sido eliminadas o reducidas, y otras han sido introducidas desde otros continentes, mientras que modernamente y durante bastante tiempo la explotación forestal se ha asimilado a una especie de cultivo a largo plazo.

Los bosques del Mediterráneo empezaron a desaparecer mucho antes del auge de Grecia y Roma. Había una demanda permanente de madera como fuente de energía y material de construcción, también para la fabricación de barcos. Las pintorescas poblaciones de piedra del sur de Europa constituyen una adaptación relativamente reciente a la progresiva erradicación del bosque. Los árboles se convertían también en carbón vegetal para uso doméstico y metalúrgico. Muchos bosques fueron deliberadamente destruidos para la obtención de pastos. La eliminación de bosques en la región mediterránea ha sido una constante. Los delgados suelos de las empinadas laderas que predominan en la zona experimentaron fenómenos de laminación y arroyada al desaparecer la cubierta vegetal que los protegía. El proceso ha sido tan completo que, al visitar Dalmacia o Grecia, cuesta creer que las pedregosas colinas y montañas que caracterizan ahora a estas regiones estuvieran antaño pobladas de árboles.

A lo largo de mil años, la mayoría de bosques del centro y el noroeste de Europa fueron eliminados. Igual que en el Mediterráneo, la extracción de madera se destinaba en buena medida a la producción de carbón vegetal; no fue hasta el siglo XIX que se generalizó el uso de carbón bituminoso en la industria y en el hogar. También la demanda imparable de madera para la construcción de viviendas y barcos se cebó en los bosques.

La destrucción del bosque al norte de los Alpes no comportó la aparición de graves procesos erosivos como sucedió en los países del Mediterráneo. En áreas de importancia marginal para la agricultura, los bosques que eran talados para obtener madera y carbón rebrotaban rápidamente, para volver a ser cortados una y otra vez por las siguientes generaciones. Las excepciones se dieron allí donde los terrenos deforestados se sometían a pastoreo. Aunque las cabras no constituían un factor de importancia al norte de los Alpes, la cría de ovejas y vacas iba acompañada de incendios frecuentes para favorecer la aparición de renuevos. En Gran Bretaña, los antiguos robledales fueron sustituidos por una vegetación de páramo compuesta de brezo, gramíneas y juncos. En otro tiempo, un manto forestal recubría casi por completo el territorio de las islas Británicas, pero en la actualidad sólo subsiste el 5% del mismo, debido al impacto del pastoreo y la roturación para la instalación de cultivos.

Si bien los terrenos roturados para la agricultura tienden a perpetuarse hasta el presente, los bosques han recuperado antiguas tierras de cultivo, sobre todo en laderas montañosas. Este proceso empezó en la época de las primeras roturaciones, cuando la erosión de los campos desnudos obligaba a abandonarlos. Más recientemente, el desarrollo comercial de la agricultura ha comportado que fincas marginales de montaña recuperaran su naturaleza forestal original. Algunos gobiernos han favorecido el proceso mediante la adquisición de terrenos para repoblación forestal y usos recreativos.

La destrucción del bosque afectó a otros aspectos del medio ambiente europeo. Especial importancia tuvo el transporte de sedimentos hasta el Mediterráneo, causado por la erosión acelerada de las vertientes de sus cuencas hidrográficas. A resultas de ello, poblaciones que eran puertos marítimos en la antigüedad, se encuentran ahora a varios kilómetros tierra adentro en el sur de Francia y en el delta del Po en Italia.

La práctica de la agricultura continúa explotando la tierra. La revolución agrícola dejó un discutible balance ecológico en numerosas áreas. La fusión de pequeñas parcelas en grandes campos y la sustitución de cultivos tradicionales por monocultivos comerciales han favorecido generalmente una mayor lixiviación y erosión del suelo; el agotamiento de nutrientes del suelo y la mecanización abusiva de la agricultura han acelerado también los procesos erosivos.

Factores de riesgo para los hábitats: en Europa septentrional y central, la causa ha sido una explotación maderera intensiva que ha tenido como resultado una considerable disminución de la edad media de los árboles, una tendencia a la división de los bosques en zonas uniformes y homogéneas en términos de la edad de los árboles y una drástica reducción en la cantidad de madera muerta. En otras regiones, especialmente en el Mediterráneo, los bosques han perdido muchas de sus principales funciones como hábitat a consecuencia de su excesiva explotación, el fuego y el sobrepaseo, sobre todo de ganado bovino. Debido al uso extensivo de especies no autóctonas, como la picea de Sitka (*Picea sitchensis*) en el norte y el eucalipto (*Eucalyptus*) en el sur, la repoblación forestal de grandes extensiones en los países europeos (Noruega, Reino Unido, Irlanda, Francia, Portugal, España) ha tenido como resultado la sustitución de los árboles autóctonos, normalmente frondosas de hoja caduca, y de la composición original de especies animales y vegetales, mucho más rica desde un punto de vista ecológico. La modificación de los bosques ha sido especialmente intensa en los últimos tiempos con la importancia cada vez mayor que ha adquirido la producción de pulpa y fibra. Por este motivo, han empezado a explotarse otras especies arbóreas y se han acortado los períodos de rotación de las plantaciones.

Los bosques se encuentran especialmente amenazados en los límites de su distribución natural, como en las regiones de bosque-estepa en el sur de Ucrania y Rusia o en la cuenca mediterránea. La mayor parte de los bosques aluviales de Europa central a lo largo de los principales cursos fluviales han desaparecido casi en su totalidad. Los hábitats que sobreviven necesitan protección y los corredores ribereños deben regenerarse para impedir las más que negativas consecuencias, derivadas de las inundaciones estacionales, amén de la recuperación de los bosques aluviales.

En definitiva, las principales causas de la pérdida de biodiversidad en los bosques naturales son:

- disminución de los ecosistemas forestales no gestionados;
- desecación y alteración de las llanuras aluviales de los principales sistemas fluviales;
- incendios, especialmente en la región mediterránea;

- introducción de especies no autóctonas (muchas veces especialmente vulnerables al fuego, a los insectos y al azote del viento);
- mayor fragmentación y aislamiento de los bosques;
- aumento del turismo;
- gestión inadecuada de la vida silvestre y la ganadería (sobrepastoreo, ramoneo, caza); y,
- aumento de la contaminación atmosférica.

Para evitar conflictos con las funciones recreativas ya existentes, la designación de grandes reservas forestales naturales estrictamente protegidas debe ir acompañada de soluciones alternativas para el turismo tradicional local o estacional.

Por otra parte, señalar que la principal causa de la pérdida de los hábitats de monte bajo, prados y pastizales durante los últimos sesenta años ha sido la mecanización agrícola generalizada, que ha permitido roturar grandes zonas de prados y pastizales naturales y seminaturales. Como consecuencia, gran parte de los hábitats que quedan en las zonas de monte bajo, prados y pastizales (especialmente en las tierras bajas del noroeste de Europa) han sufrido una intensa fragmentación y se han visto restringidos a las laderas escarpadas y a los terrenos con una fina capa de suelo. En los últimos tiempos, la intensificación de la agricultura ha provocado la pérdida de barbechos y rastrojos y el deterioro directo de la vida silvestre debido al uso de fertilizantes y biocidas. Estos dos impactos, sumados al turismo cada vez más intensivo que atraen las áreas protegidas, amenazan ahora la viabilidad de las especies que requieren para su supervivencia grandes áreas contiguas no alteradas con hábitats de alta calidad.

En Europa oriental, los ecosistemas propios de la estepa son ya extremadamente raros en toda Ucrania y en el sureste de Rusia. Sólo quedan áreas extensas de estepa en la zona de transición a los semidesiertos del sur (norte y Oeste del mar Caspio: delta del río Volga y región de Terek).

2) «Las aguas»:

Según el Informe Dobrís (1998), los ecosistemas de agua dulce, como los ríos y lagos, constituyen sistemas esenciales para sustentar la vida en una amplia gama de hábitats de zonas húmedas dentro de sus áreas de captación. Siendo por sí mismos unos hábitats de gran valor, cumplen una función ecológica única dentro del paisaje al conectar tipos de ecosistemas muy diferentes. Los corredores ribereños pueden extenderse a lo largo de grandes distancias y proporcionar hábitats para muchas especies de plantas y animales, permitiendo al mismo tiempo la necesaria movilidad y supervivencia de estas poblaciones. Los lagos, por su parte, cumplen importantes funciones transicionales y estacionales como áreas de descanso para las especies durante las largas migraciones. Los ecosistemas de agua dulce son vulnerables a las presiones externas derivadas de las actividades humanas del uso de la tierra, principalmente la contaminación de las aguas y las modificaciones hidrológicas. Los lagos, así como los ríos, no terminan en sus orillas y riberas, ni pueden considerarse aislados de la tierra que les rodea. Existe un vínculo especialmente estrecho entre los sistemas de agua dulce y los hábitats de las zonas húmedas, como las turberas, las zonas

pantanosas y los marjales que se describen más adelante en este capítulo. Todas las zonas húmedas se ven profundamente afectadas por su medio ambiente local y por los cambios que tienen lugar en la tierra, incluso en puntos muy alejados.

La contaminación de las aguas de un río afecta a todos los ribereños situados aguas abajo; afecta a la vida de todo el curso del río; puede afectar a los usuarios de grandes extensiones acuíferas e, incluso, a determinadas áreas costeras próximas a su desembocadura. Una acción contaminante ejercida sobre un punto de un acuífero puede, igualmente, afectar a una vasta extensión del mismo.

Para llegar a tener una visión integradora del papel de las aguas continentales (sean fluviales o subterráneas) en la dinámica de la biosfera, y en su concreción europea, es necesario partir de una correcta comprensión del denominado ciclo hidrológico.

Sabemos que constantemente está llegando vapor de agua a la atmósfera terrestre, no solamente desde las superficies de mares y océanos sino también desde el interior de los continentes, a través de la evaporación directa de las superficies de agua y de la evapotranspiración del suelo ejercida por las plantas.

El agua evaporada no sale de la atmósfera, de modo que pronto o tarde tiene que volver a la superficie de la Tierra en forma de precipitaciones, ya que su contenido global en la atmósfera es sensiblemente constante.

El agua evaporada en un lugar de la Tierra es integrada en la dinámica general de la atmósfera y vuelve a la Tierra en forma de precipitaciones, allí donde y cuando las circunstancias meteorológicas generales y locales se lo permiten.

No toda el agua precipitada llega directamente a alcanzar el suelo, ya que una parte significativa se ve obligada a «lavar» antes la superficie de la cubierta vegetal sobre la que cae; incluso una parte, a veces significativa, se evapora directamente desde las superficies foliares sin haber llegado a alcanzar siquiera el suelo: es la llamada *agua de intercepción*.

En la medida que la capacidad de infiltración del suelo lo permite, la parte de las precipitaciones que alcanza en un momento u otro su superficie comienza a infiltrarse.

Casi todas las rocas y formaciones geológicas que constituyen el subsuelo no afloran directamente más que en pequeñas extensiones; el resto aparece normalmente cubierto bajo una capa de *suelo vegetal*, que es donde se desarrolla la vida de las plantas.

A medida que una lluvia progresa en el tiempo, el suelo vegetal va reponiendo su humedad perdida por la evapotranspiración y, con ello, disminuyendo su capacidad de infiltración. Llega un momento en el que la intensidad de la lluvia supera la *capacidad de infiltración del suelo* y entonces el caudal excedentario comienza a acumularse en la superficie del suelo.

Cuando el terreno no es totalmente horizontal, una vez superada la llamada capacidad de retención superficial del suelo, el caudal excedentario comienza a fluir ladera abajo en busca del primer cauce elemental por el que canalizarse e incorporarse así a la red fluvial de la cuenca. Entre tanto, ese agua que discurre ladera abajo en busca de ese cauce es la llamada *arroyada*.

Cuando el interior de un suelo recibe un volumen de lluvia que supera su déficit de humedad el agua que le sigue llegando no puede ser almacenada en su interior; comienza así a percolar verticalmente atraída por la gravedad.

En ese recorrido descendente, una parte infiltrada puede llegar a encontrar su salida al exterior a las pocas horas (o días) de haberse infiltrado, gracias a la presencia de algún nivel del terreno menos permeable que desvíe la trayectoria vertical del agua percolante.

En la superficie de contacto ente los horizontes A y B de los suelos hay un marcado contraste de permeabilidad que favorece ese desvío parcial de los caudales percolantes. En el mismo sentido puede actuar la superficie de contacto roca/suelo. El agua infiltrada que encuentra así su pronta salida al exterior lo hace en forma de pequeños regueros o manantiales esporádicos; es la llamada *escorrentía hipodérmica*, que junto con la arroyada y con las precipitaciones caídas directamente sobre la superficie de los cauces, constituye las llamadas *escorrentías directas* del caudal de los ríos.

Las escorrentías directas normalmente representan la componente más importante de la aportación anual de casi todos los ríos. La otra componente es el llamado *flujo de base*, que más adelante describiremos.

El agua de percolación que escapa tanto al poder de retención de los suelos como al flujo hipodérmico, desciende por el interior del subsuelo hasta alcanzar la *zona de saturación*, en donde todos los huecos del terreno (poros, cavidades, fisuras, etc.) están ocupados por agua anteriormente infiltrada. La base de la zona de saturación es el llamado *sustrato impermeable*; por debajo de él la compacidad del terreno no permite el flujo descendente del agua.

En función de la facilidad que ofrecen para dejar circular el agua a su través, la variedad de terrenos que pueden llegar a constituir la zona de saturación se divide en: *acuíferos*, *acuitardos* y *acuicludos*.

Los primeros (los *acuíferos*) permiten el flujo del agua a su través con una marcada facilidad, es decir, son terrenos permeables. Los segundos (los *acuitardos*) ofrecen muy poca facilidad; los pozos abiertos en ellos no pueden proporcionar caudales lo suficientemente significativos como para justificar una instalación de bombeo, por ejemplo. Y los terceros, los *acuicludos*, son a muchos efectos terrenos prácticamente impermeables, aunque saturados de agua.

Por todos ellos, si bien a velocidades muy diferentes, circula el agua de la zona de saturación buscando, de acuerdo con las leyes de la hidráulica, su salida natural a la superficie del terreno. La duración de ese viaje (desde el momento en el que el agua se infiltró en la superficie del suelo hasta que de nuevo vuelve a conocer la luz) puede oscilar entre límites enormemente amplios; desde unos días a unos cuantos miles de años. Esa duración es conocida como *tiempo de permanencia* durante el cual el agua y los minerales de las rocas están en íntimo contacto. Es durante ese tiempo de contacto cuando el agua tiene ocasión de atacar geoquímicamente a la roca y adquirir así su composición química característica.

En función de las circunstancias hidrogeológicas locales y regionales, el flujo subterráneo puede emerger en forma concentrada, dando lugar a importantes

manantiales, en forma más difusa, originando multitud de pequeños manantiales de caudal a veces no permanente, o en forma todavía más difusa e imperceptible, alimentando una *zona húmeda*, la ladera frondosa de un valle o rezumando agua por las márgenes y fondo de los propios cauces (esta es la causa por la que, frecuentemente, los ríos van ganando caudal de forma paulatina).

En cualquier caso, una parte muy importante de ese flujo subterráneo de la zona de saturación acaba por incorporarse a la red fluvial tras su emersión, constituyendo el ya referido *flujo de base* de la escorrentía de los ríos, que es el que alimenta sus caudales cuando pasan semanas o meses sin llover.

A todo este conjunto de etapas hidrológicas naturales por las cuales las aguas oceánicas, las continentales de ríos, lagos y humedales, las subterráneas, y las propias aguas de la atmósfera se interrelacionan, se le da el nombre de *ciclo hidrológico*.

Especial importancia cobran las «aguas naturales»; entendiéndose por tales aquellas que presentan unas características físico/químicas propias de su entorno; son éstas el resultado de la interacción físico/química del agua con el medio natural por el que ha circulado. Agua natural no es sinónimo de potable, aunque frecuentemente lo sea. El calificativo *potable* expresa la aptitud general de un agua para una serie de usos que la habilitan para ser puesta en las redes públicas de distribución.

En función de su contenido salino total un agua natural puede ser calificada de *dulce* (<1,5 gr/l), *salobre* (<10 gr/l), *salada* (<100 gr/l) y *salmuera* (> 100 gr/l).

El agua (sea la de un río, un acuífero o un manantial) adquiere su salinidad natural tras su contacto con los minerales solubles de las rocas por las que circula; algunas de ellas pueden ser muy solubles, como es el caso de los yesos y las evaporitas en general. Estas aguas, aun cuando sean impotables por sobrepasar los 1,5 gr/l (que suele ser el máximo permitido en muchas legislaciones) no dejan de ser naturales; no podemos, por tanto, en estos casos hablar de contaminación.

El término *contaminación* queda restringido para los casos en los que el contenido salino (y otros contenidos físicos, químicos o biológicos) no deseado de un agua no potable es debido a acciones antrópicas.

El concepto de *agua pura* tampoco es sinónimo de natural. El agua químicamente pura sólo existe en laboratorio. La conocida expresión H_2O (dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos) es una manera excesivamente simple de expresar lo que químicamente es una molécula de agua. Existen tres tipos de hidrógenos diferentes (el $1H$, $2H$ o deuterio, y el $3H$ o tritio). De igual modo, existen tres tipos diferentes de átomos de oxígeno (160, 170 y 180). Teóricamente existen, pues, dieciocho tipos de moléculas de agua químicamente diferentes. Sin embargo, como el átomo de hidrógeno más abundante es el $1H$, y el oxígeno más abundante el 160 , la molécula de agua más frecuente en la naturaleza es la $1H_2 160$.

Por otra parte la molécula de agua no se encuentra como tal (dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno unidos) sino formando grupos discretos de numerosas moléculas. El número de moléculas arracimadas es función de la temperatura; a la temperatura de $25^{\circ}C$ es de unos 90, por lo que una forma estequiométrica más precisa de expresar lo que es el agua pura sería algo así como $1H_{180} 160$.

En su recorrido natural las aguas van adquiriendo una composición química en función de las condiciones ambientales del medio en el que se encuentran y del tiempo que llevan en él. Así, cuando el agua llega a la atmósfera en forma de vapor lo hace como agua esencialmente pura; sin embargo al condensarse para formar los pequeños aerosoles que constituyen las nubes y las gotas que generan las lluvias, tiene que hacerlo sobre pequeños núcleos de condensación; esos núcleos en una atmósfera natural serían las impurezas naturales de la atmósfera:

cristalitos de cloruro sódico procedentes de la acción del viento sobre la espuma del oleaje de los mares, emanaciones de vapores terrestres (eventuales emanaciones volcánicas, humos), polvo terrestre, polen, etc.

En mayor o menor cantidad todos esos sólidos son solubles, así como los *gases atmosféricos naturales* (nitrógeno, oxígeno y CO_2 , por no citar más que los más abundantes). El oxígeno atmosférico disuelto confiere al agua de condensación un marcado carácter oxidante. El CO_2 disuelto reacciona con el agua y da el CO_3H_2 , que se disocia en ión bicarbonato (CO_3H^-) e hidrogenión (H^+). De esta forma, ya las aguas de precipitación atmosférica, con las que se inicia el ciclo hidrológico, aún en condiciones naturales son aguas que tienen unos pocos miligramos por litro de sales disueltas, un marcado carácter oxidante y una notable acidez (presencia del H^+). Bajo contenidos naturales medios de CO_2 atmosférico ($10^{-3,5}$ b de presión parcial) las aguas en equilibrio con ese gas llegan a adquirir valores de pH de 5,7.

Antes de alcanzar la superficie del suelo, una buena parte de las aguas de precipitación lavan primero la superficie de *la cubierta vegetal*; en ese momento pueden llegar a disolver pequeñas cantidades de polvo terrestre en ella acumulado así como pequeñas sustancias de segregación vegetal.

Una vez que el agua alcanza la superficie del suelo una parte discurrirá por encima de él buscando un pequeño cauce por el que canalizarse. Durante ese tiempo se enriquecerá en determinados compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, que serán esencialmente función de la naturaleza mineralógica de la superficie de los suelos y rocas por los que discurra. Tras un tiempo de contacto relativamente corto (minutos, horas) el agua de arroyada llega al primer cauce elemental y desde él se encauza en la red fluvial para iniciar su desagüe natural en el mar, al que llegará tras un viaje también corto, función de la distancia a la costa (a tal fin, como primera orientación podríamos hablar de la velocidad de desplazamiento medio de las aguas fluviales del orden de 3 Km/h). En ese recorrido superficial, relativamente corto, las aguas no tienen ocasión, en condiciones naturales, de adquirir altos contenidos minerales, por eso las aguas de *las escorrentías directas* suelen tener muy pocos cientos de mg/l de sales disueltas, bastantes menos que las subterráneas, como más adelante veremos.

Hay otra parte del agua de precipitación que tras alcanzar el suelo se infiltra en el terreno, percola en él e inicia un recorrido subterráneo cuya duración puede oscilar entre unos pocos días y siglos o miles de años, incluso.

Las aguas infiltradas atraviesan en primer lugar el suelo vegetal, en donde debido a las aportaciones producidas por la respiración de las raíces y la descomposición de la materia orgánica se encuentran con un aire extraordinariamente más rico

en CO₂ que el atmosférico; en cambio, una buena parte del oxígeno adquirido en la fase atmosférica es consumida aquí en los procesos de oxidación de esa materia orgánica. Por otra parte se carga en ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) procedentes de la descomposición de la materia orgánica.

De esta suerte, *las aguas infiltradas*, tras atravesar el suelo bajo condiciones naturales son aguas ligeramente menos oxigenadas que las atmosféricas; son aguas todavía muy poco mineralizadas (el tiempo de permanencia con los minerales del suelo es muy corto en relación con el resto del camino subterráneo que les queda por hacer) y, sobre todo, son aguas marcadamente ácidas, es decir, con una fuerte capacidad agresiva frente a los minerales del subsuelo.

En su *recorrido por el subsuelo* la mayor parte de las aguas subterráneas tienen tiempo de llegar a alcanzar las condiciones de equilibrio químico con los minerales de las rocas. Una serie de procesos químicos: disolución, hidrólisis, precipitación, intercambio iónico, oxidaciones y reducciones, etc. (que no es cuestión de describir aquí) tienen lugar a lo largo de ese viaje subterráneo.

En función de esos procesos, de la propia solubilidad de los minerales de las rocas y del tiempo de duración de ese viaje (permanencia del agua en el subsuelo) las aguas subterráneas al emerger tienen una composición química u otra, que no es sino el reflejo de las circunstancias hidrogeoquímica/hidrogeológicas que se han encontrado y que, en cualquier caso, están considerablemente más cargadas en sales que las aguas que alcanzaron los cauces a través de las escorrentías directas.

Cuantitativamente, en lo que respecta al contenido total en sales disueltas, la mayor parte de las aguas subterráneas naturales son en el momento de su salida a la biosfera aguas dulces. Sin embargo, en multitud de casos y circunstancias hidrogeológicas, las aguas subterráneas aflorantes son aguas salobres, saladas o, incluso, salmueras. Todas ellas, no obstante, son aguas naturales. Siete componentes químicos (seis iónicos y uno no iónico) representan más del 90 ó 95% de su composición química: bicarbonatos, sulfatos y cloruros, por parte de los aniones; calcio, magnesio y sodio, por parte de los cationes. El componente no iónico es la sílice, que aparece en disolución coloidal. Son estos siete los *componentes químicos mayores* de las aguas subterráneas naturales (los mismos que los de las superficiales, si bien en concentraciones generalmente varias veces menores).

Otros siete componentes se reparten ese 5 ó 10% restante: carbonatos, nitratos, flúor, hierro, potasio, boro y estroncio. Son los llamados *componentes menores* (secundarios) de las aguas naturales. Los restantes son los componentes traza, presentes en las aguas naturales en concentraciones generalmente inferiores a 0.1 mg/l.

Las aguas de los humedales, charcas, lagunas y lagos naturales son en la mayor parte de los casos acumulaciones de masas de aguas esencialmente subterráneas. Su composición química responde a esa naturaleza.

Los cauces de los ríos son, desde el punto de vista hidrológico, los colectores naturales de sus respectivas cuencas; a través de ellos se recogen todas las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca; según el momento hidrológico sus aguas representan una proporción u otra de mezcla entre aguas subterráneas y superficiales; en las épocas lluviosas los caudales de los ríos corresponden esencialmente a

aguas de escorrentías directas; pero fuera de las épocas lluviosas la componente subterránea es cada vez mayor, hasta poder llegar a ser total. De esta forma la composición química de las aguas de un río, aún en condiciones naturales, es algo constantemente variante, según la proporcionalidad en cada momento de esa mezcla. Por otra parte, la propia componente subterránea de los caudales de un río es químicamente constante en el tiempo y depende de la proporción relativa que en cada momento cada sistema acuífero aporta al río.

No obstante, en condiciones naturales la mayor parte de los ríos llevan aguas dulces. Sólo en los casos en los que los terrenos que constituyen la superficie aflorante de la cuenca son muy solubles (importantes afloramientos de evaporitas) o cuando existen importantes descargas de aguas subterráneas altamente salinizadas, pueden no ser dulces.

La aparición y desarrollo de la era industrial y la revolución experimentada en esta últimas décadas por la agricultura, con la incorporación de los fertilizantes inorgánicos y los pesticidas, ha supuesto para el medio ambiente un impacto de unas consecuencias inimaginables, hoy en día imposibles de valorar en su justa medida, que se concreta en la propia contaminación de las aguas.

Atmósfera, aguas y suelo están soportando desde entonces, y en especial desde hace escasamente cuarenta años, una acción degradante que puede ser calificada de auténtico atentado contra la habitabilidad del Planeta y de fraude frente a las generaciones venideras.

Flora y fauna, aguas continentales y costeras de amplias extensiones del globo están soportando unas acciones antrópicas que de seguir creciendo al ritmo actual no resulta aventurado predecir una situación auténticamente apocalíptica para la Humanidad apenas a medio siglo vista.

Atmósfera e hidrosfera se han convertido en los auténticos vertederos universales de todo tipo de productos sólidos, líquidos y gaseosos, entre ellos los radiactivos. El grado de contaminación de la hidrosfera continental y costera es en casi todos los países desarrollados altamente alarmante. La propia estabilidad de la atmósfera está siendo puesta a prueba con vertidos químicos que atentan la estabilidad de la capa de ozono.

Las condiciones naturales por las que discurrían las aguas del ciclo hidrológico, tanto en su fase atmosférica como superficial y subterránea, han empezado a sufrir *una profunda modificación*. En vastas extensiones del globo todas las aguas (fluviales, subterráneas y costeras) tienen contenidos químicos y propiedades fisicoquímicas no deseables.

La mayor parte de los ríos de esas regiones soportan unos niveles de contaminación en los que las aguas han perdido no sólo su potabilidad química natural sino que son ya inservibles para muchos usos; ha desaparecido de ellos la vida de los peces, se han hecho inutilizables para usos humanos tan ancestrales y naturales como el baño, y se han convertido en elementos de notable insalubridad pública.

También las aguas subterráneas de pozos y manantiales de algunas zonas han experimentado unos crecimientos importantes en elementos tóxicos y nocivos para la salud.

La suciedad y la contaminación de las aguas de las zonas playeras de amplios sectores del litoral es tan notoria como grave.

Hagamos un recorrido a las diferentes fases del ciclo hidrológico y veamos cuáles son esas nuevas circunstancias que hacen perder a las aguas su calificación de naturales para pasar a ser aguas contaminadas, es decir, con contenidos químicos y propiedades fisicoquímicas de origen antrópico no deseables para el desarrollo de la vida del hombre, los animales y las plantas.

A lo anterior debemos añadir que como consecuencia de las actividades industriales (emisión de humos procedentes de procesos químicos, del uso de combustibles —carbones y derivados del petróleo—, emanaciones radiactivas, etc), de las actividades urbanas (humos de calefacciones, emisiones de los escapes de los coches, utilización generalizada de sprays) y de las actividades bélicas y militares, la composición de la atmósfera, especialmente la de las zonas de los países industriales, y las de las zonas situadas a su barlovento, está experimentando una notable variación.

Las consecuencias de las *lluvias ácidas* es uno de los problemas medioambientales más graves que tienen planteados extensas zonas de Centro Europa y de los Estados Unidos; son en Europa la causa de la destrucción acelerada de su patrimonio arquitectónico a través de la denominada enfermedad de la piedra, que no es sino el resultado del ataque a la piedra por unas aguas extraordinariamente agresivas debido a su acidez.

Las lluvias ácidas son también la causa de la fuerte degradación y destrucción de vastas extensiones de masas forestales. En Alemania Federal más de un tercio de las masas forestales están afectadas por la acción destructora de las lluvias ácidas. En Norte de Europa son varios miles los lagos muertos como consecuencia de las lluvias ácidas; la situación es todavía peor en el NE de los Estados Unidos.

Las principales «fuentes de contaminación» de los sistemas hidrológicos son:

1. La acumulación de residuos domésticos y urbanos. Se estima que la producción de residuos de este tipo en un país desarrollado es del orden de 3 kg/habitante y día, esto equivale a decir que una ciudad de 1 millón de habitantes genera al cabo de un año un volumen de desechos sólidos equivalentes a un paralelepípedo de 80 ha de base por 5 m de altura. Algunos de estos residuos son almacenados en vertederos controlados; una buena parte de los restantes se acumulan de forma incontrolada o bajo condiciones poco adecuadas para impedir su llegada a los sistemas hidrológicos, sea por arrastre de lluvias, arroyadas y crecidas, sea por la acción de los lixiviados, que se incorporan a la red fluvial o al flujo subterráneo.
2. Los líquidos y sólidos de la actividad industrial. Muchos de ellos son vertidos directamente en los cauces públicos; otros son evacuados de forma pirata en barrancos, canteras abandonadas o solares urbanos; otros son acumulados en escombreras y vertederos desprovistos de todo sistema de drenaje controlado, y otros, finalmente, son almacenados en balsas de filtración o inyectados a través de pozos y sondeos al subsuelo.

3. La actividad agrícola con el empleo de pesticidas y fertilizantes inorgánicos del tipo NPK.
4. La utilización de combustibles minerales (carbones, lignitos) cuyo contenido en azufre produce una fuerte contaminación de la atmósfera; son la causa principal de las llamadas lluvias acidas y del contenido salino relativamente alto de las propias aguas de lluvia (en ocasiones varias decenas de mg/l).
5. La combustión del petróleo y derivados.
6. La propia utilización y manejo de combustibles y sustancias derivadas del petróleo a través de tanques enterrados y redes de conducción, sujetas a un importante caudal permanente de fugas en el suelo y subsuelo.
7. La evacuación de residuos radioactivos y la de las propias aguas de refrigeración de los sistemas de producción de energía nuclear.
8. Las inyecciones y enterramientos profundos de sustancias altamente tóxicas, salinas o radioactivas procedentes de la actividad minera e industrial.
9. Los emisarios submarinos de las costas.
10. Las experiencias nucleares y ciertas actividades bélicas y militares.
11. El tráfico fluvial, marítimo y aéreo.
12. Otras varias fuentes menos tipificadas o generales, tales como: los accidentes con sustancias tóxicas o radioactivas, la utilización masiva de sal común para combatir la formación de hielo en ciudades y carreteras, la propia irresponsabilidad de muchos ciudadanos arrojando desechos por doquier, etc., etc.
13. El problema de la contaminación de los sistemas hidrológicos es una de las lacras que actualmente tiene el medio ambiente.

Los hábitats de los ríos y otros cursos de agua incluyen el cauce del río con su fango, los bancos de arena y grava y la vegetación. Sin embargo, los hábitats de los corredores ribereños, y especialmente las llanuras aluviales, tienen una importancia similar (Starkel, 1987). Algunos de estos ecosistemas, como los bosques aluviales (véase más arriba), están íntimamente conectados con las fluctuaciones de las avenidas y las condiciones de las aguas subterráneas a lo largo del río. Otros ecosistemas, como los marjales y las turberas altas, pueden existir gracias al movimiento independiente de las aguas subterráneas regionales o de la escorrentía que baja por las laderas de los valles.

Los ríos y lagos constituyen el hábitat de muchas especies piscícolas, muchas de las cuales dependen en cierta manera de las zonas húmedas adyacentes, ya sea para su alimentación, freza, cría u otros requisitos de los hábitats. El movimiento de los peces suele estar estrechamente relacionado con el ciclo hidrológico de la cuenca fluvial y la llanura aluvial. Las implicaciones están claras:

- suelen generarse vínculos complejos y esenciales entre las zonas húmedas, los ríos, los lagos y el mar abierto;
- la alteración del régimen hídrico en una zona húmeda o del ciclo de inundaciones dentro de la cuenca fluvial como resultado, por ejemplo, del drenaje, el riego o la regulación del curso fluvial, puede tener efectos negativos con-

- siderables en las especies acuáticas y en la producción de los bancos de pesca; y,
- los beneficios medioambientales o económicos de hábitats asociados, como las zonas húmedas, pueden obtenerse a una distancia considerable de su emplazamiento o incluso en otra región o país.

Por otra parte, los lagos y las cabeceras de los ríos en las tierras altas del norte y noroeste de Europa suelen ser, de forma natural, pobres en nutrientes (oligotróficos) y el agua de la lluvia constituye su principal fuente. Estas zonas se caracterizan por la presencia de rocas duras ácidas, generalmente cubiertas por extensas áreas de turba. Las aguas tienen elevadas concentraciones de oxígeno y ofrecen unas condiciones favorables para la reproducción de los peces. Suelen encontrarse en zonas poco habitadas. Sin embargo, los lagos oligotróficos son muy vulnerables a la acidificación por fuentes atmosféricas o al drenaje en tierras altas por su capacidad natural limitada de amortiguación.

Los lagos eutróficos, por el contrario, tienen un elevado contenido de nutrientes y son característicos de las zonas bajas de las áreas de captación de rocas blandas con una geología rica en bases y suelos fértiles. Las zonas húmedas son vitales para mantener la integridad de los ecosistemas lacustres, no sólo en términos de los hábitats y las especies naturales de flora y fauna, sino también por toda una serie de beneficios medioambientales, entre ellos la capacidad de mejorar la calidad del agua mediante procesos como la desnitrificación, que reduce los niveles de nitratos, y la eliminación de fósforo por su incorporación a la biomasa vegetal. Por supuesto, también pueden derivarse grandes beneficios a través del uso recreativo y económico de estas zonas.

Por otra parte, excepción hecha de algunos casos concretos, la mayoría de los ríos europeos, especialmente los más grandes, han sufrido importantes cambios físicos debido a la modificación de los cursos de agua (desconectándolos de los meandros de los ríos, las zonas húmedas y las antiguas llanuras aluviales) y al control de las inundaciones. La construcción de presas y canales de navegación pueden cambiar profundamente las condiciones medioambientales de los ríos, en general reduciendo la velocidad del agua y por lo tanto, afectando a la ecología del río. En consecuencia, pueden verse seriamente afectadas las cadenas alimenticias, así como las pautas migratorias de las especies de peces. Las especies que están especialmente adaptadas a ciertos hábitats fluviales suelen ser sustituidas por una fauna y una flora más generales y menos diversas. La modificación generalizada de las orillas de los ríos incluye también la construcción de diques y muros de contención de hormigón. Cuando los ríos se ven artificialmente separados de sus corredores ribereños y de las zonas bajas adyacentes, puede producirse un grave deterioro de los bosques aluviales, lo que les convierte en uno de los tipos de hábitats actualmente más amenazados de Europa. Tanto los ecosistemas fluviales como lacustres son especialmente vulnerables a los cambios en la calidad del agua.

La utilización del agua de los ríos y lagos para fines industriales suele afectar tanto a su cantidad (cuando se extrae agua) como a su calidad (cuando se reintro-

duce como aguas residuales, algunas veces contaminadas o a temperaturas más elevadas). Muchas industrias, como la maderera y la minera, lavan grandes cantidades de materia particulada en los ríos y lagos.

Se están aplicando algunas políticas integradas para proteger las aguas continentales en muchas áreas de Europa, por ejemplo, en torno al mar del Norte, el mar Báltico, el Rin, el Elba y el Danubio. Aunque se ha conseguido mucho, queda como un reto para el futuro el mejorar la integración de la política ambiental con la económica.

En particular la política agraria será clave para controlar las aportaciones que proceden de las fuentes difusas, pero hoy sigue siendo difícil, tanto desde el aspecto técnico como desde el político. Aunque la reforma que define la Política Agraria Común (PAC) de la U.E. se está utilizando para integrar las medidas encaminadas a reducir el aporte de nutrientes, debe hacerse más y mejor (v.gr.: cuidar que ciertas políticas, como la retirada de tierras agrícolas se conciben teniendo en cuenta la maximización de los beneficios ambientales).

Por otra parte, tal y como recoge la «Segunda Evaluación» de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2001), hay que valorar y cuidar el uso y la extracción de agua dulce. De hecho, el consumo total de agua se ha multiplicado por siete desde los comienzos del siglo pasado. Tradicionalmente, la extracción ha aumentado para seguir el ritmo de la creciente demanda. En muchos países europeos, aunque con grandes variaciones, se ha dado un descenso general de las extracciones hídricas totales desde 1980. Este descenso ha sido más acusado a partir de 1990, y mayor en Europa oriental que en otras regiones. En algunos países occidentales, el descenso puede atribuirse a un cambio general en la estrategia de gestión, abandonándose el crecimiento del suministro mediante la construcción de embalses por una gestión más eficiente de la demanda hídrica (gestión secundaria de la demanda), a través de la reducción de pérdidas, el uso más eficiente del agua y la reutilización. En Europa oriental, las conmociones políticas de 1989-1990 y el cambio de una economía centralizada a una economía de mercado han influido notablemente en la reducción de las demandas.

La comparación entre la extracción total de agua dulce y la totalidad del recurso disponible indica que potencialmente todos los países europeos tienen recursos suficientes para atender la demanda nacional, dadas las correspondientes tasas de renovación. Más del 60% de los países analizados extraen menos de una décima parte de sus recursos totales, y los restantes (excepto Bélgica), menos de un tercio. En Bélgica se extrae el 40%.

En Europa el agua dulce se extrae principalmente para el abastecimiento público, la industria y la refrigeración de los generadores de energía. Sin embargo, la comparación entre naciones es complicada, porque la definición de uso del agua varía entre países.

El abastecimiento público incluye el agua para diversos usos. Tienden a dominar los usos domésticos, que se cifran aproximadamente en el 44% del suministro público de agua en el Reino Unido, el 57% en los Países Bajos y el 41% en Hungría. El suministro público de agua constituye el principal destino en muchos paí-

ses nórdicos y de la Europa occidental, pero no lo es tanto en Europa oriental y meridional. La utilización para suministro público aumentó paulatinamente en muchos países desde 1980-1990, impulsada por el aumento de la población y el incremento del consumo per cápita con el nivel de vida. Se espera que en el futuro se establezca o incluso disminuya el uso doméstico, reflejando las tendencias demográficas y el empleo más eficiente del agua. Pero esta tendencia puede cambiar por el continuo incremento del número de hogares.

En la mayoría de los países, el uso para riego predomina dentro de la demanda agraria. En los países mediterráneos, la agricultura es el principal usuario de agua; siendo responsable de un 80% de la demanda en Grecia, 50% en Italia, 70% en Turquía, 65% en España y el 52% en Portugal, lo que contrasta acusadamente con el resto de Europa, donde, por término medio, se utiliza menos del 10% de los recursos para el regadío. En los prolegómenos del siglo XXI, la superficie regada ha venido aumentando desde 1980 en el conjunto de Europa, particularmente en los países europeos occidentales y en los mediterráneos. En Europa oriental se produjo un rápido incremento hasta 1988, seguido de una disminución suave. En 1994, apenas se regaba el 5% de su superficie, por debajo del grupo mediterráneo, que superaba el 8% y por encima del 2% de Europa occidental. Las prácticas agrícolas habituales en la UE se orientan sencillamente al suministro bajo la dirección de la Política Agraria Común (PAC). En Europa oriental la demanda agraria de agua ha venido cayendo como consecuencia de los problemas económicos y las modificaciones en la propiedad de la tierra.

El uso industrial del agua varía mucho de un país a otro; la inclusión o no del agua de refrigeración dentro de este apartado dificulta las comparaciones. Por lo general, la cantidad que se utiliza en refrigeración es muy superior a la empleada en los procesos industriales (por ejemplo, el 95% del agua industrial empleada en Hungría se destina a la refrigeración). El agua refrigerante retorna sin apenas alteraciones, salvo el aumento de su temperatura y la evaporación de fracciones relativamente pequeñas. Por lo tanto, su uso se considera como no consuntivo».

En muchos países europeos la utilización industrial del agua ha disminuido lentamente desde 1980. Ello refleja la caída de la producción industrial durante este período. Con el abandono de industrias de gran consumo hídrico, como la textil, la del hierro y el acero, y el aumento de las de servicios, cuyo consumo es menor, ha mejorado la eficiencia del uso del agua y ha aumentado la reutilización. La extracción para uso industrial en Bulgaria y en Hungría también ha disminuido desde 1990, a causa de la caída de la producción industrial y los problemas económicos.

La demanda urbana de agua dulce puede exceder, en no pocos lugares, la disponibilidad local a largo plazo, lo que resulta más notable en la Europa meridional y en los centros industriales. En estas áreas no puede satisfacerse la demanda actual sin elevar los recursos, lo que requiere el trasvase entre cuencas y el almacenamiento en embalses.

Incluso en áreas con suficientes recursos hídricos a largo plazo, la irregularidad estacional e interanual de la disponibilidad puede, a veces, producir escasez. Los planificadores de recursos hídricos basan con frecuencia sus decisiones sobre el

suministro de agua en la disponibilidad esperada durante el tiempo seco y con menor caudal en los ríos. Un indicador válido para este flujo es el percentil nonagésimo (Q90) que representa el flujo de agua dulce disponible durante el 90% del tiempo. El mapa 9.3 muestra la distribución del Q90 en toda Europa y puede emplearse para identificar las regiones potencialmente sometidas a escasez hídrica estacional, entre las que destaca la Península Ibérica.

En Europa hay una creciente concienciación de la necesidad de preservar los recursos hídricos para el futuro. Pese a que el análisis de las tendencias futuras sea especulativo y a menudo la demanda dependa de muchos factores contrapuestos, parece probable que las extracciones, especialmente las destinadas al uso doméstico, continuarán estabilizándose. En los sistemas de distribución de todos los países europeos se producen pérdidas de agua, que varían, por ejemplo, desde la pérdida masiva del 50% en Moldavia y Ucrania, hasta las menores, en torno al 10%, de Austria y Dinamarca (AEMA-CTE/AC, 1998). Muchos países, especialmente los de Europa oriental, prevén un cierto crecimiento industrial (ICWS, 1996), aunque el aumento de la demanda hídrica se podrá compensar con la reutilización, el desarrollo de una tecnología hidroeconómica y otras medidas de conservación, como la gestión de la demanda. La mejora de la eficiencia en el sistema de riego, la política agraria y el control de precios influirán en la demanda agraria. Parece posible adoptar nuevas estructuras de precios y otros incentivos económicos para lograr mayor eficiencia en todos los sectores que usan el agua. Desde aproximadamente 1990, la extensión del uso de las aguas subterráneas en el consumo humano de agua potable está convirtiendo la calidad del agua en un asunto cada vez más importante en muchos países europeos.

En definitiva, las principales «fuentes» de contaminación de los sistemas hidrológicos podemos resumirlo en los puntos siguientes:

1. La acumulación de residuos domésticos y urbanos. Se estima que la producción de residuos de este tipo en un país desarrollado es del orden de 3 kg/habitante y día, esto equivale a decir que una ciudad de un millón de habitantes genera al cabo de un año un volumen de desechos sólidos equivalentes a un paralelepípedo de 80 ha de base por 5 m de altura. Algunos de estos residuos son almacenados en vertederos controlados; una buena parte de los restantes se acumulan de forma incontrolada o bajo condiciones poco adecuadas para impedir su llegada a los sistemas hidrológicos, sea por arrastre de lluvias, arroyadas y crecidas, sea por la acción de los lixiviados, que se incorporan a la red fluvial o al flujo subterráneo.
2. Los líquidos y sólidos de la actividad industrial. Muchos de ellos son vertidos directamente en los cauces públicos; otros son evacuados de forma pirata en barrancos, canteras abandonadas o solares urbanos; otros son acumulados en escombreras y vertederos desprovistos de todo sistema de drenaje controlado, y otros, finalmente, son almacenados en balsas de filtración o inyectados a través de pozos y sondeos al subsuelo.
3. La actividad agrícola con el empleo de pesticidas y fertilizantes inorgánicos del tipo NPK.

4. La utilización de combustibles minerales (carbones, lignitos) cuyo contenido en azufre produce una fuerte contaminación de la atmósfera; son la causa principal de las llamadas lluvias ácidas y del contenido salino relativamente alto de las propias aguas de lluvia (en ocasiones varias decenas de mg/l).
5. La combustión del petróleo y derivados.
6. La propia utilización y manejo de combustibles y sustancias derivadas del petróleo a través de tanques enterrados y redes de conducción, sujetas a un importante caudal permanente de fugas en el suelo y subsuelo.
7. La evacuación de residuos radioactivos y la de las propias aguas de refrigeración de los sistemas de producción de energía nuclear.
8. Las inyecciones y enterramientos profundos de sustancias altamente tóxicas, salinas o radioactivas procedentes de la actividad minera e industrial.
9. Los emisarios submarinos de las costas.
10. Las experiencias nucleares y ciertas actividades bélicas y militares.
11. El tráfico fluvial, marítimo y aéreo.
12. Otras varias fuentes menos tipificadas o generales, tales como: los accidentes con sustancias tóxicas o radioactivas, la utilización masiva de sal común para combatir la formación de hielo en ciudades y carreteras, la propia irresponsabilidad de muchos ciudadanos arrojando desechos por doquier, etc., etc.

BIBLIOGRAFÍA

- ALFIERI, A. y BARTELMUS, P. (1998): «Implementation of environmental accounting: forwards an operational manual», *Environmental Accounting in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Gran Bretaña, pp. 13-32.
- ALGARRA, A. et al. (2000): *El medio ambiente en la política económica: hacia un modelo de integración para España*, Fungesma y Mundi Prensa, Madrid.
- ALONSO ZALDÍVAR, C. (1996): *Variaciones sobre un mundo en cambio*, Alianza Editorial, Madrid.
- ÁLVAREZ CARREÑO, S. M. (2002). *El régimen jurídico de la depuración de aguas residuales urbanas*, Madrid.
- AGUILERA KLINK, F. (1993) «La planificación hidrológica: Una perspectiva diferente», *Revista de Economía Aplicada*, 2, vol. I, pp. 209-216.
- AMTMANN, C. A. (1997): «Identidad regional y articulación de los actores sociales en procesos de desarrollo regional», *Revista Austral de Ciencias Sociales*, nº 1, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- ARROJO, P. (2001) *El Plan Hidrológico Nacional a debate* Fundación Nueva Cultura del Agua. Bakeaz. Bilbao
- (2002) *La revisión de la planificación hidrológica española ante la Directiva Marco del Agua* III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Sevilla, 13-17 de Noviembre.
- AZQUETA, D. (1994): «Economía, medio ambiente y economía ambiental», *Revista Española de Economía*.
- (1994): *Valoración económica de la calidad ambiental*, McGraw-Hil, Madrid.

- BARKING, D. y KING, T. (1991): *Desarrollo económico regional (enfoque por cuencas hidrográficas de México)*, Siglo XXI, México.
- BAKER, S. (1996): «Environmental policy in the European Union: institutional dilemmas and democratic practice», *Democracy and the Environment. Problems and prospects*, Lafferty W. M. & Meadowcroft J., pp. 213-233, Edward Elgar, Cheltenham.
- BARTELMUS, P. (1998): «The value of nature: valuation and evaluation in environmental accounting», *Environmental Accounting in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Gran Bretaña, pp. 263-307.
- BATOR, M. E. (1958): «The Anatomy of Market Failure», *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 72.
- BECK, U. (1991): «La irresponsabilidad organizada», *Debats*, Marzo-Junio, pp. 30-37
- BEIERLE, T. C. (2000): «The Quality of Stakeholder-Based Decisions: Lessons from the Case Study Record», *Discussion Paper 00-56. Resources for the Future*, Washington.
- BIRKS, J. S. y LETTS, S. E. (1977): «Díqal and Iluqayda: Dying Oasis in Arabia», *Tesg*, nº 3, pp. 145-152.
- BLAKCMORE, H. y SMITH, C. T. (1983): *Latin America. Geographical Perspectives*, 2ª edición, Methuen, London.
- BLANC, A. y CHAMBRE, H. (1974): *La URSS*, Ariel, Barcelona.
- BLAYO, Y. (1980): «L'urbanisation dans les régions en développement», *Population*, nº 6, pp. 1163-1176.
- BOATENG, E. A. (1978): *A political geography of Africa*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BOISIER, S. (1993): «Descentralización en Chile: antecedentes, situación actual y desafíos futuros», *Contribuciones*, nº 4. Fundación K. Adenauer/CIEDLA, Buenos Aires.
- (1997): «El vuelo de una cometa. Una metáfora para una teoría del desarrollo territorial», *Revista Eure*, 69, U. Católica de Chile, Instituto de Estudios Urbanos, Santiago de Chile.
- BOISIER, S. et al. (1981): *Experiencias de planificación regional en América Latina. Una teoría en busca de una práctica*, ILPES/SIAP, Santiago de Chile.
- BOR, M. (1970): *Objetivos y métodos de la planificación soviética*, Ciencia Nueva, Madrid.
- BORDE, J. y SANTANA AGUILAR, R. (1980): *Le Chile. La terre et les hominifés*, CNRS, París.
- BORNE, W. D. (1970): *Historia y estructura de la población mundial*, Istmo, Madrid.
- BOUQUEREL, J. (1970): *Le Gabon*, PUF, París.
- BOURDIEU, P. (1997): «Symbolic Power», *Critique of Anthropology*, 13/14, Sage Publications, Londres.
- (1993): *Las cosas dichas*, Gedisa Editorial, Barcelona.
- BRAND, D. (1982): *L'Union Soviétique*, 2ª edición, Sirey, París.
- BRASSEUR, G. (1974): «Le Mali», *Notes et Études Documentaires*, nº 40.
- BRAUDEL, F. (1969): *Las civilizaciones actuales*, Tecnos, Madrid.
- BRICE, W. (1966): *South-West Asia*, University London Press, London.
- BRIGGS, K. (1975): *A geographical notebook of North America (Canada and USA)*, University of London Press, London.
- BROMLEY, R. (1982): *South American development*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BROOKFIELD, H. C. y HARD, D. (1971): *Melanesia. A Geographical Interpretation of an Island World*, Methuen, London.
- BROOKFIELD, H. C. (1975): *Interdependent development*, Methuen, London.

- BROWNING, C. (1974): *Population and organized areal growth in Megalopolis, 1950-1970*, University of North Carolina, Chapel Hill.
- BRUNEAU, M., DURAND-LASSERVE, A. y MOLINIE, M. (1977): «La Thailande, analyse d'un espace national», *L'Espace Géographique*, nº 3, pp. 179-194.
- BRUNET, R. (1968): *Les phénomènes de discontinuité en géographie*, CNRS, Paris.
- (1972): «Pour une théorie de la géographie régionale», *La pensée géographique française contemporaine*. Presses Universitaires de Bretagne, Saint-Brieuc, pp. 649-662.
- (1981): «Géographie du Goulag», *L'Espace Géographique*, nº 3, julio-septiembre, pp. 215-232.
- BRUNHES, M. J., DEFFONTAINES, P. y JOURNAUX, A. (1975): *Géographie Régionale*, Gallimard, Tours.
- BUCHANAN, K. (1973): *L'espace chinois. Ses transformations des origines à Mao Zedong*, A. Colin, Paris.
- BUNGE, M. (1985): *La metodología en la economía*, Alianza Universidad, Madrid.
- ALMANAQUE MUNDIAL (1997): Ed. Televisa.
- BUNKER, R. (1978): «Capital cities», *Australia, a geography*, Routledge and Kegan P., London, pp. 386-411.
- BURNLEY, I. H. (1983): «Immigration et ethnicité en Australie», *L'Espace Géographique*, nº 2, pp. 81-90.
- CABOT, J. (1978): «Les frontières coloniales de l'Afrique», *Herodote*, nº 11, pp. 114-132.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2001): Lección inaugural. Apertura del curso 2000-2001 I.E.S. Alfonso X El Sabio.
- CARLEIAL, L. M. DA FROTA (1993): «A Questao Regional no Brasil Contemporâneo», *Reestruturação do espaço urbano e regional no Brasil*, ANPUR, Editora Hucitec, Sao Paulo.
- CEPAL (1997): *Evolución reciente de la pobreza en Chile*, LCIR. 1773, Santiago de Chile.
- CIRCULO DE EMPRESARIOS (2003): *Agricultura: Reflexiones críticas sobre un sector subvencionado* Documento Círculo: <http://www.circulodeempresarios.org>
- CLAD (1997): «Desafíos y Perspectivas de la Descentralización», *Anales 1*, Primer Congreso Interamericano del CLAD sobre Reforma del Estado y de la Administración Pública (Río de Janeiro, 1996), Caracas.
- COASE, R. H. (1960): «The problem of social cost», *Journal of Law and Economics*, Vol. 3.
- COMMON, M. (1996): «Sustainable Development», *Environmental and Resource Economics*, Longman, New York, pp. 377-393
- CONSTANZA, R. et al. (1999): *Una introducción a la economía ecológica*, CECSA. México.
- CONYERS, D. (1999): «Whatever happened to development? A personal view from Africa», *Locality, State and Development*, ISS, La Haya.
- CUADRADO ROURA, J. R. (1995): «Planteamiento y teorías dominantes sobre el crecimiento regional en Europa en las últimas cuatro décadas», *Eure. Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*, vol. XXI, 63, Instituto de Estudios Urbanos, Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- CHRISTENSEN, P. P. (1989): «Historical Roots for Ecological Economics», *Ecological Economics*, nº 1(1).
- DE CASTRO, I. E. (1994): «Visibilidade da Regiao e do Regionalismo. A Escala Brasileira em Questao», *Integração, Regiao e Regionalismo*, Editora Bertrams Brasil S.A. Río de Janeiro.

- DE MATTOS, C. A. (1986): «Paradigmas, modelos y estrategias en la práctica iberoamericana de planificación regional», *Pensamiento Iberoamericano*, 10, AECI/CEPAL, Madrid.
- (1996): «Nuevas teorías de crecimiento económico: una lectura desde los territorios de la periferia», *Estudios Regionales*, 56, pp. 15-36.
- DE SOUZA, C. M. (1997): *Constitutional Engineering in Brazil: The Politics of Federalism and Decentralization*.
- DEVOLUY, M. (1998): *Théories Macroéconomiques*, Colin, París.
- DINAN, T. M. (1993): «Economic Efficiency Effects of Alternative Policies for Reducing Waste Disposal», *Journal of Environmental Economics and Management*, nº 25 (3).
- EIONET: La Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET) se compone de puntos focales nacionales (organismos encargados de consolidar la red en su ámbito territorial); centros temáticos europeos (consorcio de instituciones), centros nacionales de referencia (CNR's) y puntos focales autonómicos (PFA's).
- ESTÉBANEZ, J. (2000): *Globalización, espacio y geografía*, Madrid, Editorial Complutense, vol. I, pp. 269-285.
- ESTEVAN, A. (2002): *La gestión del agua en el Mediterráneo español. La necesidad de una solución europea para un problema europeo* documento no publicado
- FLYVBERG, B.; HOLM, M.S. y BUHL, S. (2002): «Underestimating Costs in Public Work Projects. Error or Lie?», *Journal of the American Planning Association*, Vol. 68, N. 3
- FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J. (1993): *Epistemología política. Ciencia con la gente*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires
- GIL OLCINA, A. (1992): «Desequilibrio hidrográfico en España y trasvases a la vertiente mediterránea: utopías y realizaciones», *Investigaciones Geográficas*, nº 10, pp. 347-369
- (1993) *La propiedad de aguas perennes en el sureste ibérico* Alicante, Univ. de Alicante, 191 pp.
- (1995) «Conflictos autonómicos sobre trasvases de agua en España», *Investigaciones Geográficas*, nº 13, pp. 17-28
- (1997) «Agua y agricultura: transformaciones recientes, problemas ambientales y socioeconómicos», *Geographicalia*, nº 34, pp. 69-99
- GÓMEZ, C. M. (1998): «La gestión económica de los recursos naturales y sus críticos», *Revista Asturiana de Economía*, nº 13.
- GÓMEZ MENDOZA, J. (1992): «Regeneracionismo y regadíos», en *Hitos históricos de los regadíos españoles*, Madrid, MAPA, pp. 231-262
- GORVES, T., YONGMIAO, H., MCMILLAN, J. y NAUGHTON, B. (1991): *Autonomy and Incentives in Chinese State Enterprises*, San Diego, California.
- GRANICK, D. (1990): *Chinese State Enterprises: A Regional Property Rights Analysis*, University of Chicago Press, Chicago.
- HAMILTON, K. (1998): «Greening the National Accounts: valuation issues and policy uses», *Environmental Accounting in theory and Practice*, Fluwer Academic Publishers, Gran Bretaña, pp. 337-354.
- HE, J. (1993): «Graduates given more freedom to choose jobs», *China Daily*, p. 3.
- HSU, R. (1991): *Economic Theories in China, 1979-1988*, Cambridge University Press, Cambridge.
- HUANG, Y. (1993): *Government intervention and Agricultural Performance in China*, Australian National University.

- HUSSEIN, A. y STERN, N. (1991): «Effective Demand, Enterprise Reforms and Public Finance», *The Development Economics Research Program*, London School of Economics, n° 10, marzo.
- INTERVIEW WITH CHEN XIWEN (Reported by Chen Xiao y Zhang Xiaogan) (1991): «Surplus workers in the spotlight», *China Daily*, 21 de Julio.
- JACOBS, M. (1996): *La economía verde. Medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro* Icaria. 1996, Barcelona
- JEFFERSON, G., ROWSKY, T. y YUXIN, Z. (1999): «Growth, Efficiency and Convergence in Chinas State Collective Industry», *Economic Development and Cultural Change*.
- JIMÉNEZ HERRERO, L. (1999): «Economía ecológica aplicada e integración económico-ecológica: contabilidad ambiental e indicadores de desarrollo sostenible», *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*, Síntesis, Madrid, pp. 207-260.
- LOSADA, A. (1994) «Eficiencia técnica en la utilización del agua de riego», *Revista de Estudios Agrosociales*, No. 167, pp. 131-154.
- MALTHUS, T. R. (1798): *Essay on the Principle of Population as it Effects the Future Improvement of Society*, Ward, Lock and Company, London.
- MANKIW, G. (1985): «Small Menu Costs and Large Business Cycles: A Macroeconomic Model Of Monopoly», *Quarterly Journal of Economics*.
- MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, Macmillan, London.
- NAREDO, J. M. (1994): «Fundamentos de la Economía Política», *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*, Icaria-Fubem.
- PAIRAULT, T. (1983): «Politique industrielle et industrialisation en Chine», *Notes et Etudes Documentaires*, n° 4735-4736.
- PALAZUELOS, E. (2000): *Contenido y método de la economía*, Akal ediciones, Madrid.
- PEARCE, D. W. y TURNER, R. K. (1990): *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, New York.
- PEZEU-MASSABUAU, J. (1972): *La China*, A. Colin, Paris.
- PIGOU, A. (1920): *The Economics of Welfare*, Macmillan, London.
- PNUD (1990): *Desarrollo Humano, Informe 1990*, Tercer Mundo editores, Bogotá.
- PRADA, C. (1997): «La dictadura de las constructoras», *Ecosistemas*, n. 22
- RACINE, J. (1986): *Calcuta*, Edition de la Maison des Sciences de l'Honune, Paris, p. 500.
- RAVETZ, J. (1996): «Conocimiento útil, ¿Ignorancia útil?», en Thies J., Kalaora B. (comps), *La tierra ultrajada: Los expertos son formales*, FCE
- REY MEJÍAS, C (2002): «Indicadores de sostenibilidad ambiental», *Observatorio Medioambiental*, n° 5, Universidad Complutense. Madrid.
- ROMERO, C. (1994): *Economía de los recursos ambientales y naturales*, Alianza Economía, Madrid.
- SEN, A. K. (2000) *Desarrollo y libertad* Planeta. Barcelona.
- SHRADER-FRECHETTE, K. (1997): «Amenazas tecnológicas y soluciones democráticas», *Ciencia, tecnología y sociedad*. González, López and Luján (eds.), pp. 225-236, Ariel. Barcelona.
- SOTELO, J. A. (2000): *Regional Development Models*., Oxford University Press, 195 pp.
- (2000): *Desarrollo y Medio Ambiente en España*, Madrid, INFODAL, 285 pp.
- (2001): *Environmental Europe*., Londres, Oxford U.P.
- (2001): *Medio Ambiente y medidas de conservación del medio natural de Madrid*., Revista Situación., Serie de Estudios Regionales, Madrid, pp. 495-521.
- (2002): *Medio Ambiente, Desarrollo y Libertad en Europa*., Madrid., Oxford U.P., 495 pp.

- SOTELO, J. y ALGARRA, A. (1999): «Política económica y medio ambiente: un enfoque integrador», *Observatorio medioambiental*, nº 2. Universidad Complutense. Madrid.
- TOURAINÉ, A. (2001): «¿Choque de culturas o crisis de una hegemonía?», *El País*, 15-XII, p. 21.
- TURVEY, R. (1963): «On Divergences Between Social and Private Cost», *Económica*, Vol. 30.
- VANOLI, A. (1998): «Modelling and accounting work in national and environmental accounts», *Environmental Accounting in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Gran Bretaña, pp. 355-373.
- VV.AA. (1996): *China: economía, política y sociedad*, nº monográfico (3), *Revista de Estudios Asiáticos* (UCM), p. 263.
- WORLD ECONOMIC FORUM 2005, es el Foro económico Mundial que se desarrolla en Suiza con la colaboración de *Yale Center for Environmental Law and Policy* de la *Universidad de Yale* y el *Center for International Earth Science Information Network* de la *Universidad de Columbia*.