

Desarrollo y medio ambiente en Europa

El patrimonio natural como base de la sostenibilidad

José Antonio SOTELO NAVALPOTRO

Instituto de Ciencias Ambientales (UCM)
jasotelo@ghis.ucm.es

Recibido: 1 de diciembre del 2004

Aceptado: 12 de abril del 2005

RESUMEN

El continente europeo presenta límites claramente diferenciados y precisos en su extremo occidental, pero menos definidos por el Este. Europa se extiende desde la tundra septentrional hasta los climas mediterráneos y desérticos del Sur. Limita con Asia por el Este, comparte el Atlántico con América y el Mediterráneo con frica y Oriente Próximo. El aire lo comparte con todo el globo. Cobra, desde esta perspectiva, gran importancia el paisaje europeo. Así, una primera aproximación nos acerca a las cuestiones conceptuales (intentando responder a qué es y cómo se clasifican los paisajes). No son pocos los que han definido el medio geográfico como el escenario o paisaje natural en el que se desarrollan las actividades humanas. Tal vez no quepa expresar mejor el género de influencia que el contorno físico, el «medio» tiene sobre el animal y especialmente sobre el hombre. El territorio influye en el hombre, pero ¿de qué forma? ¿Es el hombre como todo organismo vital, un ser reactivo? Indudablemente, la modificación producida en él por cualquier hecho externo no es nunca un efecto que sigue a la causa. El hombre, por otra parte, al situarse ante su «medio» percibe el paisaje. Este es un acto individual y filosófico, que, como tal, establece ya de entrada diferencias entre los individuos, puesto que es difícil encontrar dos personas con las mismas características visuales. La percepción del paisaje está influida, por tanto, por las propias características fisiológicas del ser humano, por su carácter y personalidad, y, también por las representaciones colectivas. A lo largo del presente trabajo, queremos mostrar la importancia que para el desarrollo humano y económico de Europa, tiene el medio, base del denominado patrimonio natural.

Palabras clave: Sostenibilidad, Desarrollo, Medio Ambiente, Europa, Patrimonio Natural.

Development and environment in Europe: the natural wealth as a basis for sustainability

ABSTRACT

The European Continent presents clearly differentiated and precise limits in its western part, but less defined in the Eastern one. Europe stretches from the northern tundra to the mediterranean and desertic climates in the South. It borders on the East with Asia, it shares the Atlantic with America and the

Proyecto CICYT REN 2002-02557

Mediterranean with Africa and the Middle East. It shares the air with all the globe. From this perspective, the European landscape gains a new perspective. Thus, a first approach brings us close to conceptual issues (trying to answer what is and how one classifies landscapes). Quite a few are the people who have defined the geographical setting as the scenario or natural landscape in which human activities are carried out. There may not be a better way to express the kind of influence that the physical contour, the «environment», has on the animal, and specially on man. The territory influences on man, but, in which ways? Is man, as any vital organism, a reactive being? Undoubtedly, the change brought about on him by any external circumstance is not an effect that follows the cause. Man, on the other hand, when he positions before his «setting,» perceives the landscape. This is an individual and philosophical act, that, as such, establishes to begin with differences among individuals, as it is difficult to encounter two people with the same visual characteristics. The perception of the landscape is influenced by the very own physiological characteristics of the human being, by his character and personality, and also by collective representations. Throughout this paper, we would like to show the importance the environment has on the European economic and human development, basis for the so-called natural wealth.

Keywords: Sustainability, Development, Environment, Europe, Natural Wealth.

SUMARIO: 1. Primera aproximación: el patrimonio natural de Europa. 2. Transformaciones y cambios del patrimonio natural. 3. A la manera de conclusión. 4. Bibliografía.

1. PRIMERA APROXIMACIÓN: EL PATRIMONIO NATURAL DE EUROPA

El continente europeo presenta límites claramente diferenciados y precisos en su extremo occidental, pero menos definidos por el Este. Europa se extiende desde la tundra septentrional hasta los climas mediterráneos y desérticos del Sur. Limita con Asia por el Este, comparte el Atlántico con América y el Mediterráneo con África y Oriente Próximo. El aire lo comparte con todo el globo.

Europa y Eurasia, conocidas, en sus líneas generales, después de los primeros viajes de circunnavegación en el siglo XVI, la mayor parte de las tierras emergidas fueron agrupadas por los geógrafos en tres grandes unidades, denominadas Continente Antiguo, Continente Nuevo y Continente Novísimo, según el orden cronológico de su descubrimiento. Europa formaba, con Asia y África, el «Antiguo», y lo constituía la mayor masa de tierras unidas, en una extensión de cerca de ochenta millones de km². La apertura del Canal de Suez el 17 de noviembre de 1869 rompió superficialmente esa unidad, separando África de Asia.

La imprecisión de los límites naturales entre Europa y Asia y el análogo proceso de la formación geológica de sus territorios respectivos, han motivado interesantes discusiones acerca de si Europa constituye o no un ente geográfico independiente. Alejandro de Humboldt, por ejemplo, considera a Europa como un apéndice de la extensa masa de tierras asiáticas y denomina al conjunto *Eurasia*. Pero frente a este criterio, la Historia ha sancionado la diferenciación fisiográfica y humana de los territorios que quedan a uno y otro lado de los Montes Urales y de los mares Caspio y Negro. Por consiguiente, opinamos que no es posible dudar de la individualidad perfecta de Europa.

Cobra, desde esta perspectiva, gran importancia el paisaje europeo. Así, una primera aproximación nos aproxima a las cuestiones conceptuales (intentando responder a qué es y cómo se clasifican los paisajes). No son pocos los que han definido el medio geográfico como el escenario o paisaje natural en el que se desarrollan las actividades humanas. Tal vez no quepa expresar mejor el género de influencia que el contorno físico, el «medio» tiene sobre el animal y especialmente sobre el hombre. El territorio influye en el hombre, pero ¿de qué forma? ¿Es el hombre como todo organismo vital, un ser reactivo? Indudablemente, la modificación producida en él por cualquier hecho externo no es nunca un efecto que sigue a la causa. El hombre, por otra parte, al situarse ante su «medio» percibe el paisaje. Este es un acto individual y filosófico, que, como tal, establece ya de entrada diferencias entre los individuos, puesto que es difícil encontrar dos personas con las mismas características visuales. La percepción del paisaje está influida, por tanto, por las propias características fisiológicas del ser humano, por su carácter y personalidad, y, también por las representaciones colectivas (sociales y culturales) que los grupos humanos realizan de su entorno. Este conjunto de factores conforma un «filtro perceptivo» que desempeña un papel fundamental en la formación de imágenes que, a la par, influyen de manera más o menos directa en nuestra evaluación del paisaje y en nuestro posterior comportamiento ambiental.

Igualmente, es por todos conocida la polivalencia y equivocidad de la palabra paisaje, tomándose en ocasiones como término estético, otras como ecológico, e incluso como geográfico, según convenga la expresión. Algunas aproximaciones desde el ámbito de la arquitectura crean una red lo bastante tupida como para apriionar algunos de sus significados; se concibe el paisaje como inspiración, o bien en su metamorfosis constante; como hitos, horizontes, signos o ambientes que permanecen en nuestra memoria y valen tanto para el que los recuerda como para el que los descubre, evoca o inventa por primera vez; también suele reconocerse que el paisaje es en realidad un descubrimiento y una revisión, aceptando que un paisaje nunca está completo del todo y nos llega precedido de muchas lecturas para encabezar otra serie también incompleta.

Tantas lecturas e interpretaciones se concretan al estudiar el paisaje en dos grandes temas: por un lado el paisaje visual, cuya consideración corresponde con el referido enfoque estético; el segundo nos lleva de la mano del «paisaje total», a la identificación del paisaje con el «medio». En conjunto con un sustrato común, formado por un espacio —porción de terreno, «sitio»—, y una determinada percepción del territorio. En otras palabras, existe una realidad espacial percibida bajo un cierto prisma, una fuente de información más o menos directamente asimilable que se recoge también, en mayor o menor medida, mediante las potencialidades del sujeto receptor, el hombre. ¿Existe, pues, una realidad objetiva del paisaje unida a la realidad geográfica del territorio —incluso identificada con ella—, o hay tantos paisajes como percepciones o aún perceptores?

El paisaje queda sujeto a la doble indeterminación que su apariencia cambiante le añade, y a la capacidad e interés del que lo contempla. El paisaje pasa a ser el resultado de la interacción existente entre el observador y el entorno, poniendo de

manifiesto la existencia de imágenes individuales, de imágenes colectivas (propias de grupos humanos que concuerdan en su apreciación) y de paisajes en abstracto (que han cobrado universal significado). No son pocos los que opinan que tras la contemplación viene la acción, comprendiéndose mejor el que en no pocas ocasiones las intervenciones realizadas sobre la naturaleza son, cuando menos, apresuradas, demoledoras, en lucha abierta con ella, degradante: «lo que sustituyó a esta percepción moral o ética del paisaje fue la visión del ingeniero. Estamos sólo empezando a estudiar los orígenes y el crecimiento del paisaje del ingeniero, y la insidiosa manera en que su filosofía ha afectado a nuestras actitudes hacia todo el paisaje.

A esta acción del hombre sobre el paisaje corresponde otra en sentido opuesto, acaso menos patente pero igualmente real. Pese a que los artistas plásticos y los escritores lo hayan descubierto en un determinado momento y lo interpreten de manera diferente en cada nuevo periodo histórico o cultural (el paisaje puede valorarse, igualmente, como el territorio en clave histórica), el paisaje no es la simple escenografía que nos rodea, sino el molde físico al que tras la suma del molde humano llega a conformar el cuadro geográfico que de alguna manera determina las costumbres de una zona, comarca o región, formando el carácter y explicando las cualidades y los gustos de las gentes (paisanaje) que lo vive. De aquí que se relacione íntimamente con la forma de ser de quien lo habita y lo puebla, ayudándole a su comprensión y a su más exacto conocimiento.

Los elementos que, desde esta perspectiva, integrarían el paisaje —teniendo en cuenta las lógicas que intervienen en su diseño, las características de la tecnología que los implanta y lo constante-permanente de su huella— son tres: en primer lugar, las líneas y las redes viarias (camino, carreteras, autopistas, constituidas por elementos con una dimensión lineal mucho más potentes que las otras); en segundo lugar, las tramas del parcelario rural y la vegetación (elementos claramente constituidos en dos dimensiones que desarrollan su forma en el suelo); por último, los volúmenes y las áreas cubiertas (edificios, tejidos urbanos, plantaciones arbóreas que generan las emergencias visuales del territorio rural y el perfil y las texturas del territorio urbano; estos elementos, de tres dimensiones, desarrollan un nuevo relieve o perfil en el terreno a escala pequeña que, no obstante, a escala del valle resultan leerse, solo como una modificación de texturas). De las líneas y las redes, las dos primeras categorías, hay que señalar como aspecto específico que son las que más claramente permiten fijar y aprehender la imagen del territorio, porque marcan los miradores más importantes y ofrecen las lecturas secuenciales más comunes, facilitando la interpretación del relieve al ponerse en el suelo con una geometría conocida.

El paisaje se nos muestra así como un campo de tensiones entre individualidades y aspiraciones colectivas, como lugar donde generar un alfabeto para expresarse y donde encontrar un punto de vista. No son pocos los que piensan que el paisaje solo existió y existe en las pinturas, las fotografías o los textos que le enseñaron cómo representarlo; y, sin embargo, la estética del paisaje es en cierto modo redundante, al tener algo de inolvidable, de inconsciente, que se mimetiza en los pliegues de la memoria colectiva e individual, indistintamente.

Dejando, momentáneamente, al margen las acepciones no globales, nos quedan dos concepciones del paisaje con pretensiones de globalidad: el *geosistémico* o del *paisaje integrado*, junto con las metodologías afines, y el *perceptual* o *visual*. La diferencia entre ambos es muy clara. Estriba, por una parte, en la ya comentada reducción del objeto de análisis del enfoque integrado al subsistema extramental del proceso perceptivo, pero también en la naturaleza de los elementos que se consideran en cada caso, así como en el tipo de observadores que ejercen la percepción. Mientras en el paisaje integrado, el observador que puede usar ese concepto es exclusivamente el experto, que es el que puede «ver» las unidades complejas de paisaje, definir las, cartografiarlas y denominarlas con un metalenguaje preciso después de abstraer los detalles anecdóticos, en el paisaje visual o perceptual el público es el primer protagonista, el que percibe los elementos puramente sensoriales en los que se basa este concepto, aunque esa percepción del paisaje por parte de la población —las imágenes mentales— y el paisaje-objeto, puedan ser analizados a su vez por el experto. Este no se queda en la pura acumulación yuxtapuesta de sensaciones o en imágenes elaboradas exclusivamente de acuerdo con los filtros de la memoria y la escala de valores de los observadores profanos, sino que puede *intentar* calibrar objetivamente diversos parámetros del paisaje y de los factores de la percepción, incluidos los psicosociales, así como valorar la calidad de los paisajes con métodos directos, a través de encuestas, o con métodos indirectos, mediante el análisis de componentes.

Por otra parte, los estudios de paisaje tienen una vieja tradición en la práctica científica de la Geografía. De hecho, la geografía moderna siempre se ha ocupado del paisaje como objeto central de su análisis, aunque no siempre con ese nombre ni con las conceptualizaciones sistémicas de que hoy disponemos como herramienta conceptual y metodológica derivada de las teorías de Von Bertalanffy. Antes de este hallazgo, la certeza de que la interpretación de las realidades espaciales debía buscar algo más que los análisis sectoriales yuxtapuestos, hizo nacer términos como «síntesis», «trabazón», «urdimbre», «encrucijada de concausas» y otros, que trataban de expresar mediante la aproximación semántica la existencia de una realidad geográfica global en la que el todo es superior a la suma de sus partes, de la misma manera que la psicología de la Gestalt o los estructuralismos lingüísticos apuntaban los conceptos básicos de lo que luego serán los holismos contemporáneos, de los que la Teoría General de Sistemas es la aportación fundamental y precisa de las ciencias formales.

La moderna Geografía del paisaje integrado o Ciencia del Geosistema, lo mismo que la moderna Ecología de los sistemas abiertos, aprovecha rápidamente, aunque no siempre correcta ni coherentemente (Rubio Romero, 1995) la nueva herramienta intelectual, porque cuadra perfectamente con el objeto complejo y dinámico que venía tratando de entender sin un modelo teórico adecuado para integrarlo convenientemente. Paralelamente, las técnicas de reconocimiento de tierras, la cartografía temática superpuesta georreferenciada (*Survey*), iniciada en algunos países anglosajones (Australia, Canadá, Estados Unidos) con finalidad planificadora, perfeccionan los procedimientos de evaluación de tierras y la manipulación cartográfica.

ca y aunque su estatuto epistemológico no sea tan preciso ni ambicioso, contribuyeron también a afinar la herramienta, proporcionándole desarrollos metodológicos y técnicos imprescindibles, precedentes, nada menos, de lo que actualmente constituyen los Sistemas de Información Geográfica.

Este enfoque concibe el paisaje como un *geosistema*, un modelo que intenta explicar los hechos complejos de la superficie terrestre como una realidad con valor sustantivo, una integración de una serie de componentes o *elementos* perceptibles (*fenosistema*), generados y mantenidos por una serie de *factores* no perceptibles (*criptosistema*). Es la vieja dualidad que advirtieron los clásicos entre forma y norma. Esos elementos son las formas del relieve, las litologías, los suelos, los cursos y acumulaciones de agua, las formaciones vegetales, los cultivos, las vías de comunicación, los conjuntos construidos, etc., que funcionan como *subsistemas interactivos y dinámicos*, y pueden valorarse por el estudioso con independencia de las condiciones físicas o humanas de la percepción y desde fuera, es decir, el observador no es afectado por los condicionantes concretos del escenario. Por eso mismo, el paisaje integrado, aparte de ilustraciones complementarias de fotografías y dibujos de enfoque oblicuo, es representado en cartografías de síntesis con discriminación de unidades objetivas basadas en la combinación de los diferentes elementos y explicadas en su cualidad y jerarquía recurriendo a los factores que los condicionan y producen, sean físicos o antrópicos.

Uno de los problemas más complejos del estudio del paisaje integrado es la difícil delimitación y ponderación de los factores, frecuentemente criptosistémicos o no perceptibles, pero que explican la génesis y la dinámica de los paisajes, y los elementos estrictos del paisaje formal y perceptible. Tal delimitación es a veces incluso imposible ya que la interacción y secuencia causal de los hechos hace que los elementos se comporten, a su vez, como factores que determinan en mayor o menor medida a otros elementos. Así, el suelo es un elemento clásico en los estudios integrados de paisaje, pero también se comporta como un factor que determina a la biocenosis sobre tierra firme. Y viceversa.

La multiplicidad de elementos, así como la ya comentada ambivalencia de muchas variables y la difícil ponderación de su peso en el conjunto del geosistema han multiplicado las tipologías, las taxonomías y las terminologías hasta magnitudes imposibles de incluir en este artículo, por lo que me veo obligado a resumir, quizá en exceso, englobándolos en dos grandes bloques: los *elementos arquitecturales*, que son los que configuran formalmente las geometrías básicas del paisaje, especialmente en las escalas medias y pequeñas, y son aportados, según las escalas, por la tectónica, la geomorfología estructural (y la orografía), la geomorfología dinámica y climática (y la topografía); y los *elementos de recubrimiento*, que son los que se superponen sobre los anteriores proporcionando al paisaje la estructura y la dinámica de detalle apreciables, y protagonistas, en la gran escala: la vegetación, los suelos y las litologías, como elementos paisajísticos de los dominios naturales; los diferentes cultivos, la parcelación, los microrrelieves de labor, etc. como elementos del paisaje agrario; y las edificaciones e infraestructuras construidas como elementos del paisaje urbano. Aclaremos que las dimensiones de estos últimos ele-

mentos les confiere el doble carácter de arquitecturales (incluso a *fortiori* en la macroescala urbana) y de recubrimiento.

Las metodologías del paisaje integrado tienen que aceptar que aunque el objeto, el paisaje, es un hecho global, «holístico», las entradas al sistema siguen siendo analíticas, lo que explica que en todo análisis territorial o ambiental complejo, la primera fase es la de *inventario*, seguida de la de elaboración de los datos brutos hasta hacerlos operativos en función del modelo general de geosistema y de las particularidades del modelo específico en consonancia con las características más o menos especiales del área estudiada o con algún tipo de opción menos general o global en el objetivo del investigador.

La segunda fase se ocupa de la definición de las *unidades homogéneas* de paisaje y su ulterior clasificación en función de su estructura y su dinámica, así como la conveniente *jerarquización escalar*. Todo ello con un creciente y cada vez más sofisticado aparato conceptual y metodológico que no es el momento de detallar, por lo que remitimos al lector al resumen bibliográfico que incluimos al final.

Algunos estudios académicos de paisaje integrado se han quedado —o han primado básicamente— esas fases de inventario, definición, cartografía y clasificación de los paisajes pero, por lo general, y cada vez más, prosiguen los estudios con fases de mayor virtualidad para la aplicación o planificación, incluyendo una fase de *prognosis* y otra de *diagnosis* de adecuación entre las bases naturales y los usos antrópicos del territorio, señalando las disfuncionalidades o desequilibrios existentes entre potencialidades y realidades. Como consecuencia de esta última fase aludida, se produce normalmente otra fase de *previsión* mediante la extrapolación hacia el futuro de las tendencias dinámicas detectadas, que desemboca, a su vez, en una última fase *propositiva* o, menos pretenciosamente, de recomendaciones.

De esta forma nos encontramos con el *paisaje perceptual o visual*. Es obvio que cualquier observador de un paisaje no percibe las unidades del mismo tal como las definen los estudios integrados. El observador profano, en tanto que sujeto activo en la generación del *recurso paisaje*, como individuo inmerso en una sociedad que es titular indiscutible de dicho recurso, es incapaz de distinguir la diferencia existente entre unidades ambientales de aspecto parecido aunque de muy distinta naturaleza por la génesis o por las diferencias tipológicas de modelado, suelo o comunidad vegetal. Percibe, en cambio, un conjunto más o menos estructurado, más o menos legible para sus condiciones culturales, de *formas, colores, líneas y texturas* en un escenario de unas determinadas características topográficas y en unas condiciones de visibilidad, olor, ruido, temperatura, etc.

Aunque la percepción tiene otros canales aparte del de la vista, hablaremos preferentemente de ésta, porque constituye casi el 90% de la percepción humana. Otros sentidos, como el oído o el olfato, canalizan menos información perceptiva, aunque hay lugares y momentos en que tales informaciones son intensas y de alta valoración, bien positiva, bien negativa. En las tierras altas, el sentido térmico, la capacidad de sentir la temperatura, contribuye también a la percepción cabal de la montaña, puesto que el desfase térmico negativo con respecto a las tierras bajas, es una constante de su clima y una de sus más claras señas de identidad física.

En consecuencia, podemos definir con precisión el *paisaje percibido* como la *imagen surgida de la elaboración mental de un conjunto de percepciones, fundamentalmente visuales, que caracterizan a un espacio geográfico cualquiera observado en un momento concreto, desde un punto de observación determinado y por un observador individual*. Es decir, el paisaje visual siempre es distinto, dependiendo del territorio, del punto desde el que se observe dentro de su campo visual, del momento del día o del año en que se haga, y según la persona de que se trate, lo que introduce inevitablemente la subjetividad. Este es el punto de partida, aunque luego pueden derivarse generalizaciones a partir de la observación repetida del mismo escenario por un observador, o de la comparación y el tratamiento estadístico, por parte del experto, de la imagen de paisaje de diversos observadores, y esas generalizaciones pueden reflejarse en unas cartografías originales y específicas.

Estamos, pues, ante una realidad de análisis diferente de la del paisaje integrado, aunque podamos, y debamos, utilizar los datos proporcionados por ese enfoque para entender la procedencia profunda de los parámetros fenosistémicos que tenemos que manejar, ya que la forma, el color, la textura o la línea son elementos perceptivos que dependen en última instancia del relieve, de la vegetación, de las corrientes y acumulaciones de agua, de los suelos, de los cultivos o las edificaciones, que son elementos específicos del paisaje integrado. Y de las particulares secuencias espaciales de distribución de esos elementos se derivan también otras categorías perceptuales más complejas, como la *composición*, el *espacio* y la proporción o *escala*. No debe existir, por tanto, contradicción ni oposición entre los dos enfoques, sino un ineludible acercamiento que desemboque en complementariedad.

Las *condiciones físicas de la percepción del paisaje* se refieren a las propias dimensiones y conformaciones del territorio, o bien a los factores que permiten, impiden o alteran las condiciones de visualización. Limitando pues nuestra atención a la percepción visual, las condiciones físicas de la percepción incluyen todas aquellas variables no antrópicas del escenario que hacen posible la observación del paisaje con diverso grado de amplitud, profundidad o nitidez.

El *subsistema humano* es el otro coprotagonista en la percepción del paisaje, no sólo porque es el sujeto activo de la percepción como tal, sino también porque las modificaciones que introduce en el territorio —que devienen automáticamente elementos del paisaje—, funcionan también, a veces, como condicionantes o factores externos al individuo que protagoniza la percepción. Por eso cabe desglosar en este apartado tres grandes bloques de condicionantes humanos: los *factores territoriales de origen antrópico*, los *demográficos*, y los *psicosociales*.

Los factores territoriales antrópicos se refieren, en primer lugar, a la existencia de vías de comunicación que faciliten la *accesibilidad* a los puntos de observación de los paisajes. Si no existen esas comunicaciones que permitan tanto la aproximación como la penetración del público en general en los escenarios, la posibilidad de acceso se reduce a individuos o colectivos, generalmente poco numerosos, que acceden esporádicamente a pie o con transporte animal. Es pues una accesibilidad muy restringida, si bien la tendencia creciente al uso de los vehículos todo terreno está cambiando este factor.

Otra variable que es a la vez un factor y un elemento significativo del paisaje es la distribución del poblamiento, del habitat. Es a un tiempo un factor territorial y demográfico, ya que contribuye directamente a la *afluencia* de observadores, condición fundamental de la percepción, ya que convierte en acto perceptivo lo que el concepto de accesibilidad contempla sólo en potencia. Esta variable puede analizarse en función de su cuantía, cifras totales, medias, etc., o bien en relación con ritmos y frecuencias: diarios, semanales, estacionales.. Influyen también las modalidades de transporte y sus efectos sobre el propio paisaje.

Las dificultades para una *valoración* objetiva del paisaje percibido se derivan especialmente de lo esbozado en el párrafo anterior. Mediante el análisis de los componentes o elementos del paisaje se pueden predicar del mismo diversas características meramente descriptivas y obtener muy variadas tipologías. Pero emitir un juicio valorativo de validez ampliamente aceptada sobre la *calidad estética* es una empresa poco menos que imposible, porque tanto en los análisis por componentes, pretendidamente objetivos, como en los resultados de las encuestas, que es el método alternativo, existirá siempre un determinado grado de subjetividad.

En efecto, no es posible disociar el juicio estético de unas bases culturales o ideológicas —en sentido althusseriano— propias de cada individuo o colectividad, lo cual no es lo más pernicioso en este caso si logramos integrar esos condicionantes en el modelo pertinente para cada tipo de civilización inscrita en el paisaje. Lo más distorsionante es que en el contexto de la «globalización» tiende a imponerse un modelo sobre los demás, haciéndose dominante, tanto en el universo mental de las gentes encuestadas, como en los manuales que dictaminan la ortodoxia de referencia en el análisis por componentes.

Ese *modelo dominante* es fundamentalmente el *alpino*, con algunas adherencias complementarias derivadas de los archiconocidos parques nacionales norteamericanos, si bien los *mass media* están abriendo actualmente otros campos estéticos relacionados con el turismo de aventura y el ecológico, especialmente en medios desérticos y en los de sabana con grandes ungulados. Siguen quedando fuera del modelo los rasgos propios de algunas altas montañas no alpinas, mediterráneas, por ejemplo, las grandes llanuras y altiplanicies sin fauna aparente, o los paisajes acolinados. Habrá que integrarlos adecuadamente, sin desvalorizaciones absurdas, cuando menos en el análisis por componentes, al tiempo que la educación ambiental deberá trabajar para la recuperación de la valoración de los paisajes propios de cada entorno social, cotrarestando la imposición de patrones foráneos y uniformadores desde los medios de comunicación de masas.

Según los patrones vigentes, hay una serie de rasgos de forma, color, textura, etc. que generan altas calificaciones en la escala de valoración estética. Los colores verdes propios de la vegetación abundante o frondosa, la presencia de agua, las formas abruptas y con alto contraste de cotas, la contigüidad en oposición de rocas, bosques y láminas de agua etc. son, entre otros, esos rasgos magnificados en las metodologías y contrastados en innumerables encuestas. Nótese que todos ellos cuadran bien con el modelo alpino citado.

Es sugerente, aunque todavía prematuro y en cierto modo malogrado por la desaparición del profesor González Bemáldez, la línea de investigación seguida por este gran estudioso en el sentido de averiguar si los dos primeros elementos citados más arriba, o algunos otros, están inscritos en los instintos primarios del hombre como mecanismos de apoyo evolutivo a la supervivencia, ya que tanto la fitofilia como la hidrofilia pueden tener una indudable motivación trófica. Pero este camino apenas está esbozado —véanse Appleton, Kaplan, Boyden— y no permite, de momento, sino conjeturas más o menos atrevidas.

Lo que resulta evidente es que necesitamos partir del riesgo de la subjetividad. Aceptarla, inscribiendo la valoración del paisaje en el estricto ámbito de las encuestas a la población afectada era también una propuesta de González Bernáldez. Pero en este caso el problema es que normalmente falta tiempo y dinero para llevarlas a cabo, aparte de la dificultad de delimitar el universo realmente adecuado, especialmente en aquellos casos en que al paisaje valorado se le presuma de antemano un interés que trasciende lo regional o lo nacional, con una población concernida realmente inabarcable.

Las metodologías al uso —la Evaluación de Impacto Ambiental, la Evaluación Ambiental Estratégica y la Planificación Integral— necesitan ser operativas y no tienen más remedio que asumir ese riesgo de subjetividad, bien aceptando pura y simplemente la del estudioso individual, bien recurriendo a valoraciones ponderadas en el seno de un equipo más o menos amplio, utilizando grupos de expertos —especialmente el panel Delphi— o bien realizando encuestas a nivel local. Los métodos indirectos o de componentes eluden la cuestión de la subjetividad simplemente negándola, pero la verdad es que ésta subyace en la aplicación del modelo de referencia. Se impone pues la revisión constante del mismo o una limitación de su uso a la confección de tipologías meramente descriptivas, al tiempo que se deben diseñar modelos específicos sobre cada dominio.

En Europa, esta parte del análisis está conformada por las cuestiones que exponemos a continuación.

Al tratar de Europa, si observamos la superficie terrestre sobre una esfera o en un planisferio, veremos cómo destacan dos hechos capitales. En primer término, su situación céntrica en el llamado hemisferio de las tierras; y luego, su casi total enclave en el hemisferio boreal, entre los 35° 24' y 71° 26' de latitud Norte, y 10° y 65° de longitud Oeste y Este, respectivamente, en la isla Valentia (Irlanda) y en las fuentes del río Kara, en los Urales septentrionales. Los límites geográficos están definidos por el Océano Glacial Ártico, al Norte; la fosa marina que se abre en el Océano Atlántico, después del archipiélago británico, al Oeste; y los mares Mediterráneo, Egeo (entre el archipiélago de las Esporadas del Sur y las Cícladas, en dirección al estrecho de los Dardanelos), Negro, Montes Cáucaso y el mar Caspio, al Sur. Al Este, conforme se ha indicado, el límite entre Europa y Asia es menos preciso. Hasta el siglo XVIII, consideróse como tal el curso del río Don. Más tarde, se substituyó por la divisoria de las aguas en la mayor parte de la cadena montañosa de los Urales y la cuenca del río Ural, junto con el Mar Caspio. La extensión, en cifras redondas, con las islas, es de 10.050.000 km².

La masa continental de Europa ofrece la forma de un triángulo, cuyos vértices coinciden con la desembocadura del río Ural, el extremo Norte de la cadena de los Urales y el cabo de San Vicente en la Península Ibérica. La altitud media de sus tierras es de 350 m, y la proporción de la longitud de las costas en relación a su extensión superficial de 1 km por 400 de superficie. Tan sólo ofrece verdadero aspecto continental en Oriente. La distancia máxima de Este a Oeste es de 5.600 km y de 3.900 de Norte a Sur.

Tanto la situación como la forma del territorio, dan a Europa una condición privilegiada. En efecto; exceptuando la parte septentrional de Noruega, de Suecia, de Finlandia y de la antigua Unión Soviética., situadas en la zona ártica, y las áreas de las cimas montañosas culminantes, disfruta de un clima relativamente benigno. Su Posición céntrica en el hemisferio de las tierras facilita las relaciones intercontinentales, y el número de articulaciones y la penetración de los mares en el tronco continental, reducen la distancia de las tierras interiores a las costas a una media de 350 km, lo que repercute beneficiosamente en el clima y en las necesidades del tráfico.

La diferencia de longitudes (75 grados) entre los puntos extremos, equivale a una diferencia de cinco horas solares; pero la división del Globo en husos horarios a partir del meridiano de Greenwich, ha reducido a tres las horas oficiales de Europa: la occidental (que rige para Inglaterra, Irlanda, Bélgica, Francia, España y Portugal), la de Europa Central (Holanda, Alemania, Suiza, Italia) y la de Europa oriental.

La estructura del suelo europeo nos muestra un continente que formó parte del primitivo continente boreal, integrado además, por las tierras de Asia y de América del Norte. Estas últimas se separaron después a consecuencia de cambios geológicos, y el Océano Atlántico se interpuso entre los dos bloques.

Las tierras más antiguas de Europa son de origen sedimentario, metamorfoseadas por elevadas temperaturas y grandes presiones, que produjeron el gneis y las pizarras cristalinas. El primer plegamiento llamado *hurónico*,

Durante los tiempos primarios (periodo silúrico y carbonífero), hubo dos plegamientos en la superficie terrestre: el *caledoniano* y el *herciniano*, que levantaron el nivel de nuevas tierras. El primero afectó también a Escocia (de donde tomó el nombre), Escandinavia y la ex U.R.S.S. El segundo, a Irlanda, Inglaterra, Francia, España y la Europa central. Restos de este plegamiento se encuentran, asimismo, en varios puntos de la región mediterránea, removidos más tarde por potentes sacudidas del suelo y por erupciones volcánicas.

A la intensidad de las fuerzas originarias de dichos plegamientos y al vulcanismo, débese la riqueza y la variedad de filones metálicos que se encuentran en los terrenos de este origen (oro, plata, estaño, cobre, plomo cinabrio, etc.), así como la formación de las principales cuencas hulleras por fosilización de los vegetales sepultados a raíz de los cataclismos geológicos. Claro está que el aspecto de esas tierras, en el momento de la formación de los pliegues, era muy distinto del actual. La acción erosiva constante de los agentes externos, las regresiones y transgresiones marinas posteriores, y la acción de nuevas fuerzas internas, modificaron considerablemente la morfología, reduciendo la altitud, fragmentando el suelo y produ-

ciendo fosas y mesetas recubiertas muchas veces por depósitos marinos o lacustres más recientes. Ejemplos típicos de estas fracturas son la fosa renana, entre los Vosgos y la Selva Negra; la meseta bávara, entre los montes Jura y los Alpes; y las de Bohemia, Turingia y otras.

Al comenzar la Era Secundaria, los macizos arcaicos y primarios formaban verdaderas islas, y por el Sur de Europa se extendía un extenso mar, llamado Tethys, que ocupaba el lugar de las cadenas alpinas actuales. No hubo grandes trastornos en esta Era. Sin embargo, fueron frecuentes las invasiones marinas durante los períodos jurásico y cretáceo, y ellas depositaron abundante material de margas, areniscas y calizas sobre los terrenos antiguos, como en la parte oriental de la meseta Ibérica, de los macizos Armoricano y Central de Francia, de la cadena Penina en Inglaterra y por toda la llanura europea, hasta Rusia. Al final de los tiempos mesozoicos se habría iniciado de nuevo el vulcanismo, que se acentuó en los siguientes.

En la Era Terciaria, y durante el periodo eoceno o numulítico, potentes masas de caliza depositadas en el Tethys quedaron al descubierto, y la intensificación de las fuerzas tangenciales en el mioceno plegaron las tierras de los Alpes, con las características penetraciones de estratos en varias secciones. Este plegamiento alpino se extendió desde los Pirineos al Cáucaso, y los sedimentos acumulados en la geosinclinal del Tethys, al levantarse, se agruparon formando diversos arcos. En los Alpes se observa la soldadura de dos haces de pliegues distintos: los alpinos propiamente dichos, con los estratos inclinados hacia el Norte, y los dináricos, con los estratos dirigidos hacia el Sur, ambos en contacto a lo largo de una zona de rocas eruptivas que afloran al Norte de la península de Istria. Los pliegues dináricos forman el relieve montañoso de la Italia peninsular, de los Balcanes y del Sudeste de la Península Ibérica, en tanto que los de los Pirineos y los de los Alpes se continúan en los de los Cárpatos y del Cáucaso. Las interrupciones que se observan entre ellos corresponden a zonas de hundimiento producidas como reacción a movimientos epírogénicos. La repercusión de los mismos afectó también a los antiguos macizos continentales. De este modo se ocasionaron tanto la ondulación que hoy se observa en muchos terrenos, como varias cuencas hidrográficas cerradas, que fueron centros de formación de lignitos y depósitos de sales. Por otra parte, el mismo fenómeno dio origen a un levantamiento de las tierras hercinianas del Sur, en las proximidades de los Alpes (Meseta Central francesa, Vosgos y Selva Negra).

Las fallas y diaclasas producidas por la ruptura de los estratos al plegarse violentamente o levantarse en masa, provocaron y favorecieron las erupciones volcánicas, que accidentaron todavía más las zonas montañosas de los Cárpatos, del Norte de Bohemia, del Macizo Esquistoso del Rhin, del Central francés, de los Alpes, de la parte media de Italia, de la meseta Ibérica y del Sudeste de los Pirineos. Los abundantes manantiales de aguas minerales térmicas de Spa, Ems, Wiesbaden, Karlsbad (Karlový Vary), Marienbad (Mariánské Lázně), Baden y Vichy, y aun la frecuencia de movimientos sísmicos en esas regiones, son débiles supervivencias del vulcanismo terciario ya extinto.

En el mioceno aparece Europa con una configuración semejante a la actual. Las cuencas fluviales interiores del macizo herciniano habían desaparecido, mientras al

Sur de los pliegues alpinos y dináricos se dibujaban áreas marinas que preparaban el contorno del Mediterráneo, perfilado poco después. A comienzos del plioceno apareció la Península Ibérica ya separada de África. El archipiélago de Baleares estaba unido a la península, como la isla de Córcega a Italia, los Balcanes a Asia Menor y la Bretaña francesa a Inglaterra. Al finalizar el mismo, recrudecieron las emersiones y, como contragolpe, aconteció el hundimiento de tierras mediterráneas al Oeste, dibujándose los óvalos de las costas de España, el estrecho de Gibraltar, el mar Egeo, el Adriático, el estrecho de los Dardanelos y el Bósforo.

En la Era Cuaternaria, los cambios de mayor importancia fueron los debidos a la extensión y acción del glaciario, a las sucesivas interrupciones y aperturas entre el Báltico y el Atlántico, a las regresiones y transgresiones del mar en los Países Bajos, y a la formación del paso de Caíais.

Las tierras europeas experimentaron entonces algunos cambios de menor importancia debidos a la erosión marina, fluvial, glaciario y eólica; al transporte de materiales, al vulcanismo y a los fenómenos sísmicos.

El glaciario. No ha sido todavía resuelto el problema de las causas que motivaron la extensión enorme de los glaciares en Europa al comenzar la Era Cuaternaria, con sus oscilaciones periódicas traducidas en los niveles distintos de las terrazas de los valles de esta naturaleza. Su estudio ha permitido dividir esos tiempos en cuatro períodos de frío intenso (glaciares) llamados *Gunciense*, *Mindelienense*, *Rissienense* y *Final*, seguidos de tres interglaciares y uno postglaciario, de temperaturas más moderadas, y por tanto con retroceso en la extensión de los hielos.

El principal centro glaciario se hallaba en el Norte y Noroeste de Europa, donde los hielos cubrían sin interrupción toda la parte septentrional de Rusia, Suecia y Noruega, archipiélago británico, Holanda, Dinamarca y Alemania del Norte, y producían una ablación intensa en las zonas salientes (Montes de Escandinavia), mientras transportaban hacia las tierras bajas (Dinamarca, Países Bajos orientales, Alemania) volúmenes inmensos de gravas, que constituyen los suelos áridos actuales de esos países y los paisajes típicos de antiguos valles glaciares.

No menos intenso fue el glaciario en el macizo de los Alpes, particularmente en su vertiente septentrional. Casi todos los ríos actuales (Ródano, Aar, Reuss, Rin) eran grandes masas de hielos que discurrían hacia la depresión de Suiza, donde se acumulaban, por cerrarles el paso las montañas del Jura y de la Selva Negra, hasta que conseguían abrirse paso por las entalladuras de Basilea al Norte y de Ginebra al Oeste. Aunque en menor número y extensión, en la vertiente Sur hubo los del Lago Mayor, los que llegaban a los lagos de Como e Iseo procedentes de las laderas del San Gotardo, y otros varios que dejaron en el valle del Po muchas colinas con materiales morrénicos, de igual modo que en la parte oriental en los valles de los ríos Inn, Drave y Save. Varios centros de menor importancia se han descubierto en las montañas de España, Francia, Italia, Alemania y península de los Balcanes. A la misma época glaciario corresponde la formación de mantos de loess o roca poco coherente, que cubren terrenos antiguos y secundarios al Sur de Inglaterra, Noroeste de Francia y de la Europa central y oriental.

En la actualidad, los glaciares quedan reducidos a los macizos montañosos de mayor altitud y latitud, y ocupan áreas aisladas. El más meridional es el ventisquero del Corral de la Veleta (3.392 m), en Sierra Nevada (España), que alimenta al río Genil, y los más importantes son los de los Alpes y los de los Montes de Escandinavia. El de Aletsch, en los Alpes Berneses, de 26 km de longitud y a 1.672 m de altura de base, ocupa 129 km² el del Mar de Hielo, en el Mont Blanc, de unos 14 km de longitud, a 1.150 m de altura de base, ocupa 55 km² el Svartisen, en los Alpes Escandinavos, de 50 km de longitud, a 1.599 m de altura de base, ocupa 489 km² y el de Jostedalbrae, el mayor de los del continente europeo, en la misma cordillera, de unos 100 kilómetros de longitud, a 2.077 m de altura de base, ocupa 1.282 kilómetros cuadrados.

El nivel medio de las nieves perpetuas, que se hallaba a 1.250 ó 1.300 m a comienzos del Cuaternario, está hoy a poco menos de 3.000, salvo en los países septentrionales, en donde es bastante más bajo.

Mención aparte merece el vulcanismo y la sismicidad. Ya hemos aludido a la acción de los volcanes durante las Eras Primaria y Terciaria, tan fuerte, que modificó el relieve y la composición de los suelos. Todo el mapa geológico de Europa apareció salpicado de materiales cristalinos. En muchos sitios las huellas de sus cráteres quedaron convertidas en lagos, como los de Bolsena y Bracciano, en Italia.

Los volcanes activos, descartando los de Santorín y Metonu en el mar Egeo, cuyas últimas erupciones se remontan al siglo III de la Era cristiana, se reducen, en la actualidad, al Vesubio en Italia, al Etna en la isla de Sicilia y al Hekla en la de Islandia, puesto que los del archipiélago de Lípári se hallan en relativo reposo desde hace centenares de años.

La zona volcánica activa de Europa, lo mismo que la de mayor frecuencia e intensidad sísmicas, coincide con las regiones de formación más reciente, donde son más acentuados los desniveles y más marcadas las líneas de fractura. De ahí que el número de terremotos disminuya gradualmente al apartarse de la zona de los plegamientos alpinos. Europa meridional se encuentra en una de las dos zonas de mayor inestabilidad del Globo: en el círculo llamado por Mortessus de Ballore *Alpino-caucásico-malayo*, que alcanza, en su extremo occidental, a la Península Ibérica.

Entre los terremotos de efectos más desastrosos en la zona europea, se recuerda el de 4 de febrero de 1783 en Calabria, que ocasionó 60.000 víctimas y produjo grietas de 30 km de largo por 10 de ancho y desniveles de 4 m; el de 28 de diciembre de 1908 en Sicilia y Calabria, con más de 75.000 víctimas y enormes pérdidas materiales; el del 13 de enero de 1915 en Avezano (Italia central), que costó unas 30.000 vidas; el del 10 de noviembre de 1940 en Moldavia (Rumanía), menos trágico que los anteriores, pero que dejó la dolorosa estela de unas 400 víctimas; y el del 11 de agosto de 1953 en las islas Jónicas (Grecia), que costó 420 víctimas.

El relieve. La variada morfología del suelo europeo (montañas, llanos, valles y depresiones), se presenta distribuida con bastante irregularidad. Las montañas culminan en la zona de reciente emersión, aunque sin llegar en ningún caso a las proporciones que alcanzan en otras partes del mundo. Los tres quintos de la superficie de Europa no llegan a 200 m sobre el nivel del mar, no existen mesetas propiamente

te dichas, salvo en España, y la altitud media se reduce a 375 m, en tanto que la de Asia es de 880, la de África de 600, la de América de 580 y la de Australia de 540 metros. Asimismo, mientras la máxima altitud en Europa es de 4.807 m (Mont Blanc) en los Alpes, el pico de Everest, en Asia, llega a 8.882 metros si bien los cálculos de la expedición que lo escaló reducen esta cifra a 8.840 m; el Aconcagua, en América, a 7.035; y el Kibo, en la cima del Kilimandjaro, en Africa, a 6.010 metros. Los llanos ocupan las dos terceras partes del continente.

Si el relieve carece de las unidades gigantescas que tienen otros países, posee, en cambio, abundante riqueza de formas, debidas a su distinto origen, composición y estructura del suelo, y a la acción diversa de los agentes modificadores, tanto internos como externos, que labran impulsados por múltiples factores.

Los viejos sistemas montañosos de la Europa septentrional:

Forman un conjunto de montañas seniles, que comprende los montes de Escocia e islas próximas, junto con la cadena Penina, en Gran Bretaña; el macizo de los Alpes escandinavos y los Montes Urales. Caracteres comunes a todos ellos son su estructura plegada, el predominio de materiales cristalinos y la morfología resultante de la intensa y prolongada denudación producida por los glaciares y los ríos. Así quedó reducida la altitud, mientras se esculpían las formas abovedadas y de penillanura, que tanto contrastan con las agudas crestas de las montañas de origen alpino.

El macizo de Escocia se halla interrumpido por una larga falla (canal caledoniano), donde se suceden varios lagos tectónicos, que se extiende desde el golfo de Lome al de Moray, en una longitud de 150 km. Se denomina Highlands o Tierras Altas y tienen su punto máximo (1.343 m) en el monte Ben Nevis. Al Sur del macizo están las Tierras Bajas, a menos de 150 m. Corresponden a una zona de hundimiento entre los golfos de Clyde y Forth. Entre esta zona e Inglaterra se alzan los montes Cheviot, en sentido de los paralelos, y, perpendicular a ellos, la cadena Penina y el macizo de Cumberland. No son, por tanto, una o varias cordilleras, sino fragmentación hacia la península escandinava y las islas Hébrid- Orcadas y Shetland.

Los Alpes escandinavos, de origen huroniano y cal doniano, ocupan una extensión equivalente a la décim parte de Europa. La vertiente de Suecia ofrece una sé de escalones hacia el mar Báltico, mientras que la Noruega se mantiene a bastante altitud hasta la recc tada costa sobre el océano Atlántico. Puntos culminant son el Goldhópiggen (2.469 m) y el Glittertind (2.4. metros) en Noruega, y el Kebnekajse (2.123 m) en Sueci

Los Urales, de formación bastante más reciente, pe de estructura y composición muy parecidas (gneis, esquitos, granitos y pizarras), se extienden en la dirección los meridianos, desde las costas del Mar de Kara a 1 montes de Mugodyari, con una longitud de 2.800 km².

En el macizo septentrional se encuentran las cim Narodnaia (1.870 m) y Sabíja (1.674 m); en el centn el Kosvenskij Kamen (1.796 m); y en el meridional laman-Tau (1.710 m).

La llanura europea. Desde las costas del golfo Gascuña, en Francia, se extiende por Aquitania, Orleár cuenca de París, Países Bajos, Norte de Alemania, Dinamarca, Polonia y la ex U.R.S.S. Son continuación la misma la cuenca del Támesis, en

Gran Bretaña, y parte Sur de Suecia. Sin embargo, las llanuras europeas son de tipos distintos.

Los terrenos sedimentarios que la forman en la zona occidental son secundarios o terciarios; en los Países Bajos, Dinamarca y Alemania, cuaternarios; y primarios Suecia y parte de Rusia. Los terciarios y secundarios ríos (arcillas, areniscas, calizas y conglomerados) corresponden a fondos de antiguos lagos o mares; y los cuaternarios proceden de acarreo glaciares y fluviales. Rara vez la altitud excede de 300 m y es inferior a la c mar en una parte de Holanda y de Bélgica.

Ni las formas ni el aspecto son iguales en toda la llanura. En Oriente es casi horizontal, mientras que en centro y Oeste ofrece una serie de ondulaciones más menos acentuadas. La ausencia de obstáculos naturales en esta llanura ha tenido muchas repercusiones en curso de la historia europea.

Existen, asimismo, otras encerradas entre cadenas montañosas, formadas por el aflujo de aluviones procedentes de las montañas (Alsacia, Po, Hungría y Valaquia).

Las mesetas y montañas hercinianas de la Europa mediterránea constituyen una serie de macizos y de mesetas separadas por llanos y fosas de origen tectónico. La erosión disminuyó el nivel primitivo, pero la morfología carece de la suavidad de las montañas septentrionales a consecuencia del rejuvenecimiento que experimentaron al ser percutidas por las fuerzas originarias del plegamiento alpino y del vulcanismo terciario.

Las principales unidades son las montañas del Sur Irlanda y las de la península de Cornualles en Gran Bretaña; el Macizo Armoricano o Montes de Bretaña, Francia; el Macizo Central francés, las Ardenas, los Vosgos, la Selva Negra, el Macizo Esquistoso Renar el Harz, el Cuadrilátero de Bohemia, la Meseta Ibérica y el macizo de Ródope.

Las montañas de Irlanda se yerguen en el extremo Sudoeste y su constitución es granítica, así como las de la península de Cornualles, que terminan en el cabo Land's End.

La amplia cuenca terciaria de París y la secundaria del río Loira, separan los núcleos anteriores de los de las Ardenas, Vosgos y Macizo Central. Las Ardenas, situadas entre Francia y Bélgica, constituyen una meseta formada por pizarras, cuarzo y areniscas. Desciende gradualmente hacia Francia, de una parte, y, de otra, al valle del Rin, donde enlaza con el Macizo Esquistoso de este nombre. Los Vosgos forman un conjunto montañoso que desciende suavemente hacia Francia y muy rápido hacia el Rin, cuyo sinclinal los separa de la Selva Negra. Predominan en ellos las cúpulas y mesetas redondeadas, labradas en las pizarras, gneis, traquitas y areniscas.

Más extenso y accidentado que los grupos anteriores es el Macizo Central francés, aislado durante mucho tiempo por los mares secundarios. Los plegamientos alpinos elevaron su nivel, mientras el vulcanismo modificó la morfología al dar origen a los numerosos *puys* o conos volcánicos que salpican el paisaje. La masa principal de estas montañas la forman rocas cristalinas antiguas, recubiertas en bastante extensión por basaltos y potentes bancos calizos en los bordes meridionales. Región caracterizada por grandes dislocaciones, ofrece mucha variedad de formas, viéndose junto a las montañas de tipo senil, otras jóvenes de picos y sierras, espe-

cialmente en los bordes de las fallas y en las riberas de algunos ríos que tajan las calizas del mediodía, separadas por valles lacustres y pequeños llanos.

Entre Suiza y el valle del Saona, intensamente plegada, se levanta la cadena del Jura, que dibuja un arco de 150 kilómetros de largo por 50 de ancho. Está formada por materiales secundarios y se apoya al Sur en los Alpes del Delfinado y al Nordeste en las montañas de Bohemia. Se presenta como una zona de separación entre la Europa herciniana y la Europa alpina. Las alturas y los pliegues aumentan en la parte oriental, de modo que, mientras en las proximidades del valle del Saona no pasan de 500 m, llegan a 1.723 frente a Suiza.

La enorme zona de hundimiento que constituye la fosa del Rin separa los macizos montañosos primarios descritos de la Selva Negra, meseta de Turingia, Hesse y Harz. La Selva Negra tiene semejanza extraordinaria con los Vosgos y también presenta una pendiente abrupta hacia el Rin. Al Norte de ella se encuentran los montes de Odenwaldt, en contacto con el Macizo Esquistoso (zonas hulleras del Ruhr y del Saar), que se distribuye entre Francia, Luxemburgo, Bélgica y Alemania. Las pizarras y esquistos predominantes se hallan cruzados en muchos sitios por basaltos y traquitas terciarios.

Algo más al Este, después del valle del Wesser, se encuentra el macizo granítico y porfírico de Turingia, que mide 170 km de largo; el Harz, paralelo al anterior y célebre por sus riquezas mineras de cobre, plomo y sal; y el de Bohemia, que forma un cuadrilátero bordeado por cuatro alineaciones montañosas; los Montes de Bohemia, al Sudoeste (1.453 m); los Metálicos, al Noroeste (1.236 m); los Gigantes, al Nordeste (1.605 m); y las colinas de Moravia (500-700 m), al Este.

En el extremo Sudoeste, y por tanto fuera de la parte central de Europa (de la cual la separan la cadena de los Pirineos y el valle del Ebro), se encuentra, formando parte del sistema herciniano, la Meseta Ibérica, en una extensión de más de 200.000 km² y a una altitud media de 650 m, rodeada de montañas que recuerdan la disposición de las de Bohemia, pero interrumpida, además, por las alineaciones que forman el llamado sistema Carpetano y los Montes de Toledo, dispuestas en sentido de los paralelos. La abundancia de cuarcitas que se encuentran en estos terrenos, junto al gneis y a los granitos, así como los intensos movimientos epigénicos terciarios que rejuvenecieron los ciclos de erosión, han contribuido a dar un aspecto mucho más abrupto al conjunto de sus cadenas montañosas.

El macizo de Ródope se eleva al Sur de la depresión de Rumelia oriental, en Bulgaria. Su punto culminante es el Rila Dagh (2.930 metros).

Unidad de origen, analogía de composición, aislamiento de sus unidades y una gran ablación, son los caracteres comunes a la orografía de las mesetas y montañas hercinianas de la Europa media.

Los sistemas montañosos terciarios de la Europa meridional. Comprenden las montañas más jóvenes de Europa, aunque entre ellas, como ocurre en los Balcanes y en el Sur de España, hay algunas de origen primario. Tampoco forman una serie ininterrumpida de elevaciones ni siguen constantemente la misma dirección. Sus principales grupos están constituidos por los Pirineos, el Sistema Ibérico en el borde

oriental de la Meseta Castellana y el Penibético al Sur; los Alpes, los Apeninos, los Cárpatos y los Balcanes.

Su reciente formación, al plegarse intensamente el geosinclinal del mar secundario, ha hecho que quedaran al descubierto rocas cristalinas de edades anteriores, junto a otras muchas sedimentarias más recientes (calizas, margas, areniscas), y que destacaran sus formas agudas dispuestas en picos, sierras, agujas, muelas, etc. Otro carácter particular es la suavidad o escalonamiento de la pendiente de las cordilleras en su parte convexa cuando se presentan en arco, como ocurre en los Alpes y en los Cárpatos; en tanto que la vertiente cóncava es abrupta y termina en llanos más o menos extensos, como el del Po y el de Hungría.

Los *Pirineos* forman la cadena más occidental de los plegamientos terciarios. Se elevan entre los valles del río Ebro y Adour y el llano de Aquitania. Su longitud en línea recta es de 435 km desde el Cantábrico al Mediterráneo, y de unos 600 si se siguen las inflexiones de la cresta; y ocupa una extensión de 55.000 km², de los cuales corresponden a Francia 17.000 y a España los restantes. A la parte axial, de rocas cristalinas antiguas, suceden en ambas vertientes una faja de terrenos secundarios y otra de rocas terciarias accidentadas por valles transversales y longitudinales. En razón de las diferencias de altitud, estructura y morfología, se dividen en Pirineos Orientales, Centrales y Occidentales. Sus mayores alturas son las de los picos de Aneto, 3.404 m, entre las provincias españolas de Lérida y de Huesca, y Posets, 3.375 m, ambos en los Pirineos centrales. A éstas siguen el de las Tres Sorores (3.355 m) y el del Pico de Enmedio (3.350 metros).

Del contacto con las alineaciones del Nordeste de la meseta en la sierra de Labra, al Sur del valle del Ebro, arrancan y se extienden varias cadenas montañosas, cuyo conjunto forma el llamado, en España, *Sistema Ibérico*, que termina en Sierra Martés, en la ribera izquierda del Júcar. Son montañas plegadas, paralelas entre sí muchas veces, y en las cuales se abren algunos puertos, que facilitan las comunicaciones entre Aragón y Castilla. Acusan formas típicas del Sistema Ibérico sus altas mesetas tubulares, los páramos separados por valles profundos y los accidentes cárnicos, que dibujan paisajes tan abruptos como pintorescos. Su punto culminante es el Moncayo (2.313 m). Al Sur de la Meseta Ibérica y separada de ella por los valles del Júcar y del Guadalquivir se encuentran las montañas del *Sistema Penibético*. Tanto por su origen como por su estructura, conviene distinguir dos grupos de alineaciones, separados por una larga falla jalonada por los ríos Genil y Sangonera, y las hoyas de Guadix y de Baza. El grupo meridional comprende varias sierras hercínianas que tienen como centro principal la Sierra Nevada (Mulhacén 3.478 m). El centro del grupo Norte es el macizo de La Sagra (2.381 metros).

De entre todas las montañas de Europa, ningún grupo tiene las dimensiones ni la importancia de los *Alpes*, situados entre Francia, Suiza, Austria, Yugoslavia e Italia. Ocupan una extensión de 250.000 km², con una longitud de 1.300 km, desde las costas del Mediterráneo a las orillas del Danubio, en Austria, y 200 de anchura media. Sus límites están bien definidos por el valle del Po y la ribera izquierda del Ródano en su curso bajo; las mesetas suiza y bávara y las terrazas austriacas próximas al Danubio, y el comienzo de la llanura húngara.

Después descienden hacia el puerto de Tarvis y el valle del río Fella (afluente del Tagliamento), que los separan de las montañas de Carniola, pertenecientes al plegamiento dinárico. El estudio de la composición y estructura de los Alpes justifica la división de los mismos en Alpes orientales y Alpes occidentales, que se corresponden con dos arcos de círculos diferentes. Los primeros, menos plegados, comprenden tres zonas longitudinales de diferente composición: la central, cristalina, de gneis y micasquistos, está bordeada al Norte y al Sur por zonas pizarrosas y calizas. Los segundos tienen más acentuados los pliegues, contienen las máximas altitudes y su composición es más heterogénea e irregular. Ambos arcos se ponen en contacto en la zona del macizo de San Gotardo. Los valles longitudinales del Ródano y del Rin subdividen a ambos, y la nomenclatura alpina se multiplica conforme a las naturales divisiones que establecen otros valles longitudinales, transversales y numerosos lagos. Así se tienen los nombres de Alpes Berneses, de los Cuatro Cantones, del Todí, San Galí, Marítimos, Cotienos, Grees, de Saboya y Peninos; Leontinos, Rétricos, Grisonos, del Tirol, de Salzburgo y Austriacos. El punto más elevado es el pico del Mont Blanc (4.807 metros).

Desde el punto de vista físico, constituyen los Alpes el rasgo más saliente del relieve europeo; y por su altura, un centro de atracción de precipitaciones, que, sometidas luego a bajas temperaturas, dan origen a gran número de glaciares, cuya superficie total rebasa los 3.500 km². El límite de las nieves perpetuas está entre 2.500 y 2.800 metros. Las nieves y los hielos alpinos alimentan cuencas hidrográficas tan importantes como las del Rin, Ródano, Po y Danubio.

Los Alpes forman también un límite climático y botánico importante entre la Europa central y la mediterránea, y desde el punto de vista humano son habitables hasta los 2.000 m. En ninguna época han llegado a ser barrera infranqueable sino todo lo contrario; es decir, región frecuentada y cruzada por diversas vías de comunicación, debido a sus fáciles pasos transversales.

A continuación de los Alpes, se yergue, a la izquierda del Danubio, pasada la llanura húngara, el doble arco de los *Cárpatos*, en una longitud de 1.500 kilómetros. También están constituidos por alineaciones sucesivas:

la interior, cristalina, y las externas, de sedimentos y rocas terciarias. El hundimiento de la llanura húngara y las erupciones volcánicas han alterado la disposición originaria en varios tramos, y mineralizado muchos de sus componentes. Sus cumbres se elevan a 2.663 m en el macizo de Tatra y constituyen un importante centro hidrográfico (fuentes del Vístula, del Dniester, del Tisza). Varios puertos facilitan el paso desde Hungría a Alemania y a la U.R.S.S.; y, en los Alpes de Transilvania, a Rumania por el desfiladero de Puertas de Hierro, entre las llanuras de Hungría y de Valaquia. Los montes de Crimea y el Cáucaso son la continuación del plegamiento de los Cárpatos.

Los *Balcanes* comienzan al Sur del puerto de Tarvis con los montes calizos de Carniola, célebres por sus grandes accidentes de dolinas, torcas, grutas y gargantas escabrosas que bordean el Adriático, en cuya vertiente ofrecen la pendiente mayor. Se llaman, sucesivamente, montes de Bosnia, de Albania y Cadena del Pindo, la cual se prolonga hasta la península de Morea y la isla de Creta. Hacia el Este, y en

la parte central, se eleva un macizo cristalino, interrumpido por los valles de los ríos Vardar y Morava. Siguen a continuación los Balcanes propiamente dichos, con elevaciones de 2.371 m en el Jomruk Cal y de 2.273 m en el Kademlija, hasta las costas del Mar Negro.

Los *Apeninos* representan la columna vertebral del organismo peninsular italiano. Plegados de Noroeste a Sudeste, reciben, de Norte a Sur, los siguientes nombres, a partir de su contacto con los Alpes marítimos: Apeninos Ligures, que forman el marco del golfo de Génova; Toscanos, dispuestos en varias franjas de escasa altura, que culminan en el monte Cimone, a 2.163 m; Romanos, desde las fuentes del Tíber hasta el valle del río Toronto; meseta de los Abruzos, que contiene el punto de mayor elevación de la Península en el Gran Sasso (2.914 m); Napolitanos; y los de Calabria, desde el valle de Crati hasta el estrecho de Mesina.

Encuadrados entre las montañas descritas, hay varios llanos y valles que completan el relieve de Europa meridional. Entre los primeros destacan el del Po, de forma triangular, entre los Alpes y los Apeninos septentrionales; el de Hungría, típico llano de montaña, fondo de antiguo mar terciario, colmado por los acarreos del Danubio, en una extensión de 120.000 km² y los de Valaquia, en el Bajo Danubio. Al pie del Cáucaso, entre este macizo y los Urales, hay la depresión más acentuada y extensa de Europa, la Caspiana, a varios metros bajo el nivel del mar, formada por un suelo salino y pobre.

Y entre los valles que destacan por sus dimensiones o importancia geográfica, figuran los del Guadalquivir y del Ebro en España, de estructura longitudinal; el del Ródano, continuado por el del Saona en Francia, que relacionan los extremos Norte y Sur del país, en su parte oriental; el del Ródano superior, el del alto Rhin y el del Inn (Engadina), longitudinales también, junto con los transversales del Adigio y del Tesino, todos en los Alpes; y los del Morava y del Maritza en los Balcanes, que facilitan la comunicación del centro de Europa con el extremo Sudeste, en Constantinopla.

Los mares y las costas europeas. Europa es el continente más afectado por el mar, en el sentido de que penetra por todas partes profundamente en las tierras, formando numerosas penínsulas, escotaduras y archipiélagos. Un tercio de la superficie de Europa está constituida por penínsulas. El mayor de los mares europeos es el Océano Atlántico, cuyas aguas bañan el Norte y Oeste del continente, donde originan los mares secundarios denominados Ártico, de Noruega, del Norte, Báltico, de Irlanda y Cantábrico.

El *Atlántico*, cuya superficie se ha calculado en 58.251.700 kilómetros cuadrados, con profundidades medias de 2.000 m y máxima de 9.220 m, se caracteriza por intenso oleaje y mareas. Las aguas de la Corriente del Golfo modifican la temperatura media, notándose sus efectos en todos los países del litoral. Los vientos del Oeste y Sudoeste que lo cruzan en dirección a Europa, templados y cargados de humedad, contribuyen a aumentar las precipitaciones y a mitigar la temperatura.

El *Océano Glacial Ártico*, de 14.352.340 km² de superficie, baña costas pertenecientes a Noruega, Finlandia y la ex U.R.S.S., en las cuales se dibujan las penínsulas de Kanjn y de Kola, el golfo de Cheskaya, el Mar Blanco y el fiordo de Varan-

ger. Circunda las islas de Nueva Zembla, las de Vaigach Kolguev y Spitzberg. Sus aguas, heladas en mucha extensión durante casi todo el año, son poco aptas para el tráfico; tienen débil salinidad en la superficie, y las surcan la Corriente del Golfo y otra superficial, fría, que va de Spitzberg a Groenlandia.

Entre Islandia, Noruega, el Círculo Polar y los archipiélagos de Shetland y Faeroer, se encuentra la fosa del *Mar de Noruega*, con profundidades de 4.000 metros; mar tormentoso, donde se forman imponentes remolinos como el célebre de Mals-trom, junto al archipiélago de Lofoten. Más al Sur, sobre la plataforma de donde emergen y se apoyan las Islas Británicas, se encuentran el *Mar del Norte*, de 571.910 km^2 de superficie, entre Gran Bretaña, Escandinavia y Países Bajos. Es uno de los mares mejor conocidos y de mayor interés estratégico y económico. Es poco profundo (menos de 100 metros, salvo en una estrecha faja junto a Noruega), de mareas vivas y muy sensibles a las influencias continentales. Su salinidad es mayor en la parte Norte, debido a la menor acción de las aguas fluviales, y sus temperaturas oscilan entre 5 y 7 grados en invierno, y 23 y 16, en verano. La intensidad de las mareas presta un servicio excelente al tráfico y facilita la navegabilidad en los estuarios del Elba, Wesser, Rhin, Mosa, Escalda y Támesis. De estos caracteres generales participan también el *Mar de Irlanda*, entre Irlanda y Gran Bretaña (23 km), y el *Paso de Calais* (33 km en su punto más estrecho), en el *Canal de la Mancha*, entre Gran Bretaña y Francia.

Por los estrechos de Skagerrak, Kattegat, Sund, Gran Belt y Pequeño Belt, el Mar del Norte comunica con el *Báltico*, menos profundo todavía (54 m), el menos salado del mundo, y muy frío; tiene una extensión de 406.720 kilómetros cuadrados, de los cuales corresponden a las islas el 7%. La parte septentrional se hiela durante algunos meses por efecto de la acción climática del continente.

En las costas atlánticas, predominan las bajas y rectilíneas sobre las altas y articuladas. Estas últimas coinciden con los terrenos primarios y ofrecen dos tipos distintos, como son las costas de regiones glaciares (Escocia y Noruega) y las de macizos antiguos rejuvenecidos (Galicia). Pertenecen a estos grupos, conjuntamente, las de Inglaterra, menos la cuenca del Támesis; las de Escocia, con los típicos *firths* o valles estrechos y profundos; las de Noruega, con sus largos y encajados fiordos, entre muros casi verticales, como los de Trondheim (130 km), Hardanger (170 km), y Sogne (200 km); las de la Bretaña francesa; y las de las rías de Galicia, en España.

Las costas rectilíneas forman el litoral de la llanura europea, con la particularidad de que los pequeños golfos dibujados en ellas están a menudo cerrados por cordones litorales arenosos, que dejan en el interior lagunas o albuferas. Sin embargo, estas costas cuentan con excelentes refugios en los estuarios que forman casi todo los ríos (Garona, Loira, Sena, Rhin, Támesis, Wesser, Elba, Oder y Vístula) donde se han establecido los principales puertos (Burdeos, Nantes, Londres, Bremen, Hamburgo, Danzig, etc.).

El *Mediterráneo*, de 2.967.570 km^2 de superficie, situado entre Europa, África y Asia, es de tipo continental. Además de su comunicación con el Atlántico, la tiene con el Mar Rojo mediante el canal de Suez, y con el Negro por el estrecho de los

Dardanelos, el Mar de Mármara y el Bósforo. Sus caracteres particulares son consecuencia de su origen y de su situación. Más largo que ancho, mide 4.000 kilómetros de Este a Oeste y su profundidad media es de 1.400 m. Las aguas tienen una temperatura media anual de 13, y bastante salinidad y transparencia. Si bien las mareas son muy débiles, frecuentes temporales y algunas corrientes costeras agitan sus aguas, como ocurre en el estrecho de Gibraltar.

El Mediterráneo es poco profundo (con una media de 1,5 km y más del 20% a menos de 200 m), recibe pocos aportes hídricos —continentales o pluviosos— y padece una elevada evaporación. Estas mismas características lo hacen oligotrófico, es decir, pobre en nutrientes, comparado con otros mares del mundo. Una muestra de su balance negativo es la corriente procedente del Atlántico que atraviesa el estrecho de Gibraltar, que se mueve en superficie con aguas menos saladas y frías. La presión más intensa que sufre su costa proviene de la afluencia masiva de turistas —más de 100 millones de visitantes anuales—, que lo convierten en un recurso de primer orden, hacia el que, consiguientemente, interesa dedicar todos los esfuerzos de optimización y conservación.

Entre sus costas, muy articuladas, y las islas que emergen de su superficie, se perfilan varios mares secundarios, como el Tirreno, entre Córcega, Cerdeña, Sicilia e Italia; el Jónico, entre Grecia y el Sur de Italia; el Adriático, entre la península italiana y el Oeste de los Balcanes; y el Egeo, entre Grecia y Anatolia. A través del estrecho de los Dardanelos se efectúa la comunicación del Mediterráneo con el pequeño mar de Mármara; y por el Bósforo, la de éste con el *Mar Negro*. Este último es la principal vía entre el Mediterráneo y Europa oriental, y ocupa una superficie de 436.500 km². La temperatura de sus aguas, muy poco saladas a pesar de ser intensa la evaporación, es de 13°. Comunica con el mar de Azov por el estrecho de Kerch.

Las costas de los mares Mediterráneo y Negro son muy distintas de las del Atlántico. En ellas predominan los dos tipos correspondientes a llanos litorales y a regiones de arquitectura plegada, como la célebre costa de Dalmacia, con sus estrechos longitudinales entre el continente y la cadena de islas emergidas casi frente al litoral.

El mar Caspio es el mayor cuerpo de agua cerrado de baja salinidad del mundo, con 426.000 km². Al mismo tiempo, a este mar desemboca el río de mayor extensión del continente, el Volga, de 3.530 km de longitud y un cuenca de drenaje de 1.360.000 km². Las variaciones del aporte de este río —debidas a la construcción de pantanos— parecen ser la causa principal de las oscilaciones de su nivel, que cayó 29 m entre los años treinta y ochenta. La continentalidad del entorno del mar provoca la caída de las temperaturas invernales —de medias de 24 a 27 oc estivales a entre 0 y 9° C en invierno—, fenómeno que limita la circulación vertical del agua y su oxigenación.

El clima europeo, por su parte, conforma uno de los principales factores ecológicos que explica —parafraseando el trabajo dirigido por el profesor López Palomeque (2000)— la diferenciación paisajística del territorio europeo. Las masas de aire y los tipos de tiempo asociados, en su manifestación habitual, tienen gran inciden-

cia en las dinámicas biogeográficas y de las aguas continentales. Condicionan el ambiente permanente en que se desenvuelven las actividades humanas y participan decisivamente como factor de diferenciación regional de los espacios agrarios, turísticos y urbanos. Las dimensiones y coordenadas geográficas, el relieve, las influencias oceánicas, la continentalidad, la exposición y la orientación, entre otros condicionamientos, matizan el comportamiento de la dinámica atmosférica que impera en la franja planetaria ocupada por el Continente europeo. La diversidad, los contrastes y la complejidad son atributos inherentes al comportamiento de los tiempos y climas europeos, derivando en importantes diferencias entre las variables analíticas que definen los grandes dominios climáticos del continente. Si acaso, entre estos dominios se podría establecer un denominador común, como es el control alternativo del clima, que ejercen, por un lado, las circulaciones atmosféricas subtropicales vinculadas al anticiclón de Azores, y, por otro, con mayor frecuencia y repercusión dinámica a medida que se asciende en latitud, los tipos de tiempo asociados a la circulación atmosférica general del oeste y a desplazamientos norte-sur de masas de aire polares y árticas.

Entre los factores naturales que repercuten en los climas europeos podemos destacar:

- a) Factores sinópticos diversos, entre los cuales destaca el mecanismo cósmico de las estaciones, por sus efectos en la distribución latitudinal del balance energético planetario. En el territorio europeo ubicado por encima de 55º de latitud, a causa de la menor duración del día en invierno (noche polar) y de la mayor altura del sol en verano, la cantidad de radiación solar recibida por unidad de superficie es pequeña durante todo el año, no superando valores de 70.000 calorías/m², de las cuales tan sólo un 40% corresponde a radiación directa. Por ejemplo, en la ciudad de Hammerfest, ubicada por encima del Círculo Polar Ártico, en la costa septentrional noruega, durante dos meses de invierno se impone la noche polar. En cambio, conforme se desciende en latitud, esos valores aumentan, alcanzando 150.000 calorías/m² en el espacio europeo situado a 35º de latitud norte, de las cuales un 65% es radiación directa (Wallen, 1970). En términos de insolación, aunque deben considerarse otras variables, como la nubosidad, las diferencias evolucionan en el mismo sentido latitudinal, de manera que en observatorios ubicados en la costa mediterránea de la península ibérica, como Alicante y Almería, se superan las 2.900 o 3.000 horas de insolación efectiva al año, mientras que en otros ubicados a mayor latitud, como Copenhague y Oslo, apenas se alcanzan 1.600 horas anuales. Dicho reparto espacial de energía solar motiva unas enormes diferencias regionales en el apartado biogeográfico y en las posibilidades que ofrecen los cultivos. No obstante, desde el punto de vista climático son más importantes las implicaciones sobre la dinámica atmosférica, ya que la configuración de un acusado gradiente meridiano de temperatura entre latitudes ecuatoriales y polares provoca procesos de reajuste mediante transferencias horizontales o meridianas de energía, con el desplazamiento de masas de aire o de agua marina. Concretamente, en el seno del sistema de balance energéti-

co planetario, todo el territorio europeo ubicado por encima del paralelo 40 acumula un déficit energético, creciente con la ganancia de latitud, que tiende a equilibrarse con movimientos de masas de aire controladas en latitudes medias y altas por el régimen de ondas de Rossby (Gil y Olcina, 1997). De esta forma, mediante circulaciones atmosféricas de bajo índice de circulación zonal, con la corriente en chorro templada a velocidades inferiores a 150 km/h, se configuran dorsales de bloqueo y valles planetarios; a través de las dorsales se desplazan masas de aire subtropical hacia latitudes superiores y, a su vez, las vaguadas movilizan masas de aire polares y árticas hacia bajas latitudes europeas.

- b) Los factores geográficos cobran una gran importancia en la definición de los climas europeos, destacando las dimensiones escalares del continente, el alcance de las influencias oceánicas, la deriva marina y la configuración del relieve. El territorio europeo, incluidos los archipiélagos atlánticos, se extiende desde la Laponia finlandesa, por encima del Círculo Polar Ártico, a la isla de Creta, a 35º de latitud norte, mientras que en longitud se extiende desde los 110 oeste, en la costa occidental de Irlanda, hasta los 600 este en los montes Urales. Estas coordenadas geográficas determinan que amplias extensiones del continente europeo se hallen alejadas cientos de kilómetros del océano Atlántico y de los mares continentales meridionales (Mediterráneo, Negro y Caspio). Por dicho motivo, de sur a norte y de Oeste a este, en relación con la lejanía de las influencias marinas, se opera una ganancia creciente del grado de continentalidad y una disminución de las temperaturas medias anuales. La configuración del relieve es otro de los factores primordiales del clima, con una fuerte incidencia en el régimen térmico, distribución de precipitaciones y procesos de abrigo aerológico y efecto «föhn». El dominio de llanuras costeras en la fachada occidental europea tan sólo se ve interrumpido por macizos antiguos y penillanuras con modestas altitudes, lo que permite que las influencias oceánicas vinculadas a la circulación general del Oeste imperen a veces centenares de kilómetros en el interior del continente; este factor propicia una suavización de temperaturas y, sobre todo, permite que las borrascas de origen atlántico puedan transitar desde las costas de Irlanda a los Urales.

La disposición y orientación de los relieves europeos tiene también una gran incidencia en el reparto espacial de precipitaciones, propiciando fuertes disimetrías pluviométricas entre las vertientes ubicadas a barlovento de la circulación atmosférica general del oeste, y las de sotavento sometidas a procesos de tipo «föhn» y abrigo aerológico. En general, las vertientes de los relieves europeos orientados al norte y Oeste registran precipitaciones que triplican o más a las registradas en vertientes a sotavento; por ejemplo, en la fachada atlántica de la península escandinava se superan los 1.000 mm e incluso los 3.000 en algunos polos húmedos, superando con creces a las precipitaciones registradas a sotavento, en el interior del escudo báltico, donde los registros oscilan entre 300 y 500 mm.

En relación con la orientación y exposición, los Alpes y otras grandes cadenas de relieve europeas tienen también enorme incidencia sobre las temperaturas. De hecho, la denominación «föhn» ha sido tomada de una localidad con el mismo nombre ubicada en la vertiente norte de los Alpes de Seetaler, haciendo alusión al viento seco y caliente que desciende de las cumbres alpinas, sobre todo en los meses de marzo a mayo, que puede elevar las temperaturas hasta 15° C, provocando aludes, fusión de las nieves y aumento del caudal de los ríos. En la alta montaña, las variaciones de temperatura se operan también con carácter local, atendiendo a la posición morfográfica del observatorio, de forma que los emplazados en ladera ofrecen oscilaciones diarias en las temperaturas del aire mucho más reducidas que en los ubicados en pleno valle, especialmente durante los meses de invierno, como sucede en las estaciones de Arosa (Suiza) y Badgasteinn (Austria).

Otro factor geográfico de gran repercusión sobre el clima europeo es la deriva noratlántica, originada como corriente de impulsión en la zona de circulación general del Oeste. A ella se debe la anomalía térmica positiva que cobra notoriedad en las costas atlánticas de la península escandinava, por encima incluso del Círculo Polar Ártico, favoreciendo que las costas noruegas queden libres de hielos durante el invierno y que puertos pesqueros como Murmansk, en el mar de Barents, sea navegable todo el año. De idéntica forma son perceptibles los efectos de esta corriente marina cálida sobre las temperaturas e incluso sobre las precipitaciones. El mar de Noruega tiene una temperatura media superior en 5° C a la de otras zonas marinas ubicadas a su misma latitud de Islandia o Groenlandia (Campillo, 1992); la deriva noratlántica también favorece que Bodó, situada a 670 norte, por encima del Círculo Polar Ártico, se vea favorecida por una temperatura media que apenas desciende de 0° C en invierno, mientras que en Varsovia, a unos 520 norte, dicha media desciende hasta casi -4° C por efecto de la continentalidad. Por otro lado, la mayor temperatura del mar favorece que aumenten los registros de precipitación causados por el tránsito de borrascas frontales y, sobre todo, de bajas polares sobre los mares de Noruega y de Barents, al propiciar el calentamiento basal y el aumento de carga higrométrica de las masas de aire participantes.

Revisten también una trascendencia capital, por sus efectos sobre el clima, las influencias de los mares continentales europeos, especialmente el Mediterráneo, al convertirse en un gigantesco reservorio de calor y humedad, que se contagia a las masas de aire circulantes sobre él. La función termorreguladora desempeñada por el mar en las tierras circundantes está acompañada por la participación que tiene su energía acumulada durante el verano en los episodios de lluvias torrenciales que suelen padecer las regiones de la cuenca, especialmente la occidental. En este ámbito, la presencia de relieves costeros y de áreas de ciclogénesis como las del golfo de Génova, golfo de Venecia, golfo de León y golfo de Valencia contribuyen a reforzar las condiciones de inestabilidad atmosférica desencadenadas por la presencia de aire frío en las capas altas de la troposfera.

Las coordenadas geográficas en que se halla ubicado el territorio europeo lo inscriben de lleno en la «Gran zona de circulación atmosférica general del Oeste» que impera en altas y medias latitudes planetarias. La vigencia de las leyes de torbelli-

no absoluto en estas latitudes motiva que las masas de aire polares y árticos que pierden latitud adquieran curvatura ciclónica y se incurven hacia el este, al igual que sucede con las masas de aire que ganan latitud en virtud de la curvatura anticiclónica que experimentan, imperando así los *westerlies* o flujos del oeste. En este esquema, el espacio europeo quedaría sometido a una interacción continua entre flujos, masas de aire y centros de acción, con un comportamiento variable según los índices de circulación que alcanza la corriente en chorro o *jet-stream* polar en las diversas estaciones del año. Con bajos índices de circulación zonal y en virtud del sistema de equilibrio energético planetario, se configuran una serie de ondas, llamadas de Rossby, donde las vaguadas son ocupadas por masas de aire frío septentrionales que pierden latitud, y las dorsales o crestas anticiclónicas por aire tropical que gana latitud.

Estas circulaciones atmosféricas explican que, dependiendo de la época del año, el espacio europeo pueda verse afectado por masas de aire de naturaleza muy contrastada. Con períodos de permanencia y frecuencias más elevadas durante el período invernal, las árticas y polares se desbordan desde sus hogares septentrionales a latitudes más meridionales. Las árticas, con temperaturas muy bajas (entre 0° C y —30° C) proceden de la *banquise* del océano Glaciar Artico; las polares, en su variante marítima, con temperaturas que rondan los 5° C, se originan sobre el Atlántico hacia los 60-70° de latitud, mientras que el aire polar continental tiene su hogar en el gran anticiclón invernal eurosiberiano y presenta temperaturas muy bajas que pueden descender por debajo de -25° C. En su variante marítima, las masas de aire tropicales procedentes del anticiclón de las azores pueden alcanzar Europa occidental hasta los 50° de latitud norte, con una elevada humedad y temperaturas próximas a 15° C; con hogar en el desierto del Sahara, el aire tropical continental puede alcanzar Europa meridional durante el invierno con temperaturas en torno a 20° C, y en verano con olas de calor que superan los 40° C.

En consecuencia, la desigual manifestación de masas de aire y tipos de tiempo en combinación con los factores cósmicos y geográficos favorece que el territorio europeo esté afectado por una gran diversidad de climas y tipos de tiempo. Las condiciones de inestabilidad atmosférica suelen estar presididas por índices de circulación zonal bajos, con aparición de vaguadas y sectores fuertemente ciclogénicos, donde intervienen diferentes mecanismos dinámicos a los cuales se deben los ciclones extratropicales o noruegos (frente polar), gotas frías y conjuntos convectivos de mesoscala (cuenca del Mediterráneo), bajas polares (*mar* de Noruega), bajas subpolares (centro ciclonal de Islandia), depresiones a sotavento y debidas a procesos de divergencia (golfo de Génova, golfo de León). En cambio, los períodos de estabilidad atmosférica que se producen en territorio europeo se deben a la presencia de altas presiones; las causadas por el máximo subtropical de Azores alcanzan su máximo ascenso latitudinal durante el verano, mediante grandes dorsales que pueden abrazar Europa occidental hasta los 55° norte, mientras que durante el invierno el dominio de la subsidencia subtropical retrocede hacia el sur, permitiendo el tránsito de borrascas atlánticas en franjas de latitud más amplias, por encima incluso de los 35° norte.

Unas idénticas condiciones de estabilidad deparan otros centros de acción de carácter térmico y estacional, como sucede con los máximos invernales escandinavo, centroeuropeo y siberiano, con una estructura pelicular debida a la presencia de aire muy frío (polar continental) y seco en la superficie, que dificulta la penetración de borrascas atlánticas hacia Europa central y oriental. En cambio, la desaparición de estos individuos isobáricos durante el verano permite la manifestación de tiempos atmosféricos inestables, vinculados con fenómenos convectivos debidos al recalentamiento basal del aire continental, propiciando lluvias que adquieren intensidad cuando se dan cita en altitud vaguadas árticas y polares.

Las dimensiones del continente europeo son tan grandes, que establecer un catálogo de tipos de tiempo atmosféricos con validez plena para todo este territorio resulta una tarea compleja que difícilmente reflejaría la realidad. En cualquier caso, ese catálogo debería realizarse atendiendo a los índices de circulación zonal, a las masas de aire y a las configuraciones de presión disponibles en topografías absolutas y relativas en un período de tiempo significativo. Por ejemplo, en Europa central y oriental, según los trabajos de climatólogos rusos (véase cuadro 2.3), las circulaciones con elevado índice de circulación zonal y flujos del Oeste acaparan un 45% de días al año, con una máxima frecuencia hacia el final del verano y mínima en la segunda mitad del invierno. En cambio, con bajos índices de circulación zonal, los anticiclones de bloqueo que se instalan sobre la gran llanura rusa durante el invierno favorecen que a través de su flanco oriental se produzcan advecciones de aire polar continental o ártico muy frío y seco, que dominan en un 40% del período invernal, muy proclives a la formación de nieblas. En verano, cuando transitan frentes o se instalan vaguadas de aire frío sobre este territorio, se producen lluvias por la convección y los procesos pseudoadiabáticos que experimenta el aire superficial; éste se contagia de una fuerte humedad procedente de la evaporación, de forma que se calcula que de un 30 a un 40% de la precipitación media anual de Europa oriental se debe a esa transferencia de humedad entre la tierra y el aire.

Desde esta perspectiva señalar que los factores geográficos y cósmicos, unidos a la dinámica impuesta por la circulación atmosférica general del oeste, determinan una amplia variedad de dominios y regiones climáticas en Europa. Aunque es usual que se simplifique la realidad distinguiendo tres grandes dominios climáticos —oceánico, continental y mediterráneo—, no debe olvidarse que hay factores geográficos que propician la aparición de otros climas, con elementos y rasgos muy diferentes a los enunciados. Así sucede con la franja de dominio ártico de las regiones más septentrionales de la península escandinava; con los climas de filiación subárida de la región caucásica y el sureste de la península ibérica, o con los climas de alta montaña de las cadenas alpinas y hercinianas (López Palomeque, 2000).

El clima oceánico domina en las llanuras y relieves de las fachadas costeras europeas expuestas a los flujos marítimos atlánticos, desde el barlovento de la cordillera escandinava a las terminaciones occidentales del Sistema Central de la península ibérica en su tramo portugués. Los límites espaciales de este clima no suelen manifestarse con nitidez, a no ser que medien relieves de entidad capaces de constituirse en umbrales ecológicos, como sucede con las cordilleras escandinava y cantábrica, aun-

que en estos casos la altitud acaba por modificar profundamente sus rasgos definitivos. En efecto, el clima oceánico es un clima con escasa amplitud térmica, en general inferior a 15° C; las temperaturas medias anuales se acercan a 10 oc, disminuyendo con la ganancia de latitud, y las máximas mensuales se ubican en agosto y las mínimas en febrero debido a la inercia térmica de la masa marina oceánica. Las precipitaciones son abundantes, superando los 1.000 mm o más incluso, hasta los 2.500 mm, en fachadas de relieves costeros elevados y con exposición atlántica; estos registros son muy regulares, con más de 180 días de lluvia en algunos observatorios como Brest (1.129 mm), pero presentan un máximo pluviométrico en invierno (diciembre, 150 mm) que casi triplica al mínimo de verano (junio, 56 mm).

Como señala el profesor López Palomeque (2000), la degradación de este clima por efecto de la continentalidad se advierte en ejemplos como el de Estrasburgo, catalogado como observatorio semioceánico. Aunque su temperatura media anual no supere los 10° C, algunas variables, como la amplitud térmica, superior a 18° C, con mínima en enero (0,6° C) y máxima en julio (19,1° C), ofrece valores muy alejados a los del dominio oceánico; lo mismo sucede con los registros de precipitación media anual (607 mm) y con su distribución mensual, ya que el máximo se ubica en agosto (80 mm), al igual que sucede con los climas continentales.

Ciertos elementos característicos del clima oceánico —como son las abundantes y regulares precipitaciones, la elevada humedad, la escasa insolación (1.500 horas/año), las temperaturas templadas, la reducida amplitud térmica anual— tienen unas repercusiones ecológicas de primer orden. Cuando no han intervenido procesos de deforestación, estas condiciones climáticas favorecen una densa cobertura vegetal con presencia de especies caducifolias (hayas, castaños, robles, etc.); de no ser así, los elementos del clima oceánico resultan poco propicios para la práctica de la agricultura, más todavía cuando se practica sobre suelos ácidos, lo que favorece el dominio de la «landa» y las praderas dedicadas a pastos.

El clima continental gana extensión hacia el este, a medida que se pierden las influencias oceánicas, ofreciendo matices a veces muy diferentes por efecto de los factores geográficos. Por ejemplo, a sotavento de la cordillera escandinava, las tierras de Suecia conocen heladas importantes en septiembre; en pleno invierno, las medias de febrero fluctúan desde los —14 oc en Karesuando, en la zona norte del país, a los —1° C de Lund, en el extremo meridional, mientras que en julio son de 14 y 17° C, respectivamente. Las precipitaciones oscilan de los 400 mm, de los sectores más septentrionales hasta los 580 mm de Lund, destacando que una gran parte de estas cantidades se registran en forma de nieve. Las repercusiones climáticas sobre las actividades económicas son muy grandes: el transporte marítimo durante el invierno ha de realizarse desde los puertos que se emplazan en la costa occidental (Göteborg), ya que los situados en la costa del mar Báltico y golfo de Botnia son cerrados por causa del hielo (véase cap. 11). La agricultura, muy influida por el clima, tan sólo se puede practicar durante los meses de verano, con dominio de forrajes o cereales cuya siembra se realiza en mayo y su recolección en septiembre (Gonzalo, 1992). En este mismo ámbito, en los territorios más septentrionales de Noruega, Suecia, Finlandia y Rusia, aparece el dominio ecológico de la tundra, ante

la presencia de variedades climáticas árticas con temperaturas muy frías, incluso durante el verano; del régimen térmico se derivan unas implicaciones ecológicas sobre el subsuelo, que permanece helado durante todo el año, determinando una vegetación de raíces muy cortas compuesta por musgos, líquenes, gramíneas y algunas especies arbustivas.

En latitudes más meridionales, en las grandes llanuras y macizos antiguos de Europa central y oriental, dominan los ~limas de filiación continental. La llanura germano-polaca ya constituye la avanzadilla de este dominio climático, con temperaturas medias de los meses invernales inferiores a 0° C, amplitudes próximas a 20 oc y precipitaciones que descienden por debajo de 500 mm, con máximos mensuales en junio y julio. Estos rasgos se acentúan hacia el interior del continente, de Oeste a este, como atestiguan los observatorios de Praga, Kiev y Kazán (véase cuadro 2.4), en los cuales se refuerza el máximo pluviométrico de verano, disminuyen los registros de precipitación, aunque acompañados por una mayor innivación (de 100 a 150 días), y la amplitud térmica anual supera con creces valores de 20° C o incluso de 30° C, por efecto de los mayores contrastes térmicos entre los meses cálidos de verano y los meses con fríos extremos del invierno.

La presencia de heladas, nevadas o frío extremo en el clima continental está asegurada desde finales de septiembre a mayo, de ahí que la duración del verano y el régimen de lluvias revista tanta trascendencia en la distribución de cultivos y poblamientos vegetales. Las advecciones de masas de aire tropicales sometidas al calentamiento basal propician que los meses de verano conozcan temperaturas medias superiores a 18 oc que, combinadas con la humedad que aportan los chubascos estivales, favorecen un intenso desarrollo de la vegetación natural y de cultivos de cereales, forrajeras, remolacha, patata, etc., cuya siembra se realiza en primavera y su recolección a finales del verano.

La repercusión del clima continental se deja sentir también en los grandes dominios ecológicos y de vegetación natural. Al sur de la «tundra», entre los 60 y 65° N, cuando las temperaturas medias de los meses de verano superan valores de 10° C, aparece el dominio de la taiga y del bosque boreal de Suecia, Finlandia y norte de Rusia, compuesto de especies de pinos, abetos y abedules adaptadas al paro vegetativo del duro invierno frío. Al sur de esa franja, el incremento de lluvias y temperaturas del verano motiva la aparición de especies de quercineas y frondosas, si bien con extensiones muy disminuidas por las transformaciones agrarias, que alternan con formaciones palustres y lagos. Este dominio ecológico ocuparía una franja de latitud que quedaría limitada al sur por una línea que iría, de oeste a este, al norte de Kiev; en este ámbito más meridional que ocuparían las cuencas bajas del Dnieper, Don, Volga y Ural, superados los 19° C en el mes más caluroso de verano, el aumento de la evaporación favorece el dominio de poblamientos vegetales de tipo pratense y estepario.

En las tierras más meridionales de Europa, en la franja de latitud comprendida entre los 34 y 45° N, que integra desde la península ibérica a la de Anatolia, aparece el dominio de los climas de filiación mediterránea. Su principal rasgo definitorio es la fuerte disminución estacional de lluvias durante el verano por la ganan-

cia de latitud de la subsidencia subtropical. Además de este factor, la cuantía, irregularidad y distribución anual de las precipitaciones se halla sujeta a múltiples variaciones regionales por efecto del relieve, exposición, orientación y trazado del litoral. Así, por ejemplo, mientras que en el área ciclogénica del golfo de Venecia se halla el observatorio montenegrino de Boka Kotorska, el más lluvioso de Europa con casi 5m de precipitación media anual, en el extremo opuesto se halla el cabo de Gata, el poío más seco del continente, con 125-150 mm de media y años en los cuales apenas llueve, por el efecto de abrigo aerológico que imponer los relieves béticos a las tierras almerienses. A grandes rasgos, se establece una disminución de precipitaciones de norte a sur, mientras que en sentido longitudinal, los territorios europeos del Mediterráneo oriental suelen ser menos lluviosos y con mayor número de meses secos que los ubicados a occidente, como atestiguan Marsella, con 632 mm de precipitación media anual y 4 meses secos ($P_{mm} < 27$), y Atenas, con 394 mm y 6 meses secos. La pluviometría en este dominio climático resulta mucho más compleja e imprevisible que en los ámbitos oceánico y continental, debido, entre otras razones, al alto grado de autonomía de la cuenca mediterránea en relación con la circulación atmosférica general del oeste, la facilidad con que se activan los procesos ciclo-genéticos con aire frío en la troposfera superior y la gran influencia que ejerce la subsidencia subtropical. Este comportamiento explica que la irregularidad interanual sea muy elevada, reflejando los efectos de intensas sequías que pueden prolongarse varios años y episodios meteorológicos de escasa frecuencia, protagonizados por chubascos de elevada intensidad hora4a, capaces de aportar 600 ó 900 mm en apenas unas horas provocando fulminantes avenidas e inundaciones fluviales.

En cuanto al régimen térmico, el carácter de mar continental que tiene el Mediterráneo le confiere una gran isoterminia (13°C) y una elevada capacidad termorreguladora; de no incidir factores como el relieve o la continentalidad, los territorios ribereños se benefician de temperaturas medias anuales entre 14 y 18°C , una amplitud térmica inferior a 20°C , unos inviernos muy suaves, reducidos riesgos de heladas y unas fracciones de insolación que alcanzan las 3.000 horas anuales en las regiones europeas meridionales. Con estas condiciones térmicas, la evapotranspiración potencial alcanza valores superiores a 700 mm/año, sobre todo en territorios con precipitación inferior a 500 mm, y más aún a 300 mm, lo que repercute en un acusado déficit de recursos de agua, creciente de norte a sur, durante gran parte del año o incluso durante períodos más amplios, de varios años, si media alguna secuencia de sequía.

Los poblamientos vegetales se han adaptado al régimen pluviométrico y térmico, con dominio del bosque esclerófilo mediterráneo, de formaciones arbustivas (maquia y garriga). Los aprovechamientos agrarios, especialmente los tradicionales, se caracterizan por la presencia de especies y sistemas de cultivo habituados a la penuria de lluvias. Con fines múltiples, los escasos recursos hídricos disponibles en las regiones mediterráneas han sido objeto de intenso aprovechamiento desde las épocas romana y musulmana, con captación de aguas superficiales de cursos fluviales para el riego de las llanuras de inundación, explotación de subterráneas

mediante minados y, más recientemente, desde mediados de los años cincuenta, recurriendo a la abertura de captaciones subterráneas y construcción de trasvases de agua a larga distancia.

Y es que Europa, medianamente regada, posee muchos ríos y bastantes lagos. Los primeros siguen, en general, dos direcciones principales y opuestas: la del Norte y Noroeste, y la del Sur y Sudeste. La divisoria coincide con la zona de contacto de los plegamientos herciniano y alpino, excepto en la red hidrográfica rusa, en la que la divisoria se halla en la meseta de Valdai y los montes Urales. No adquieren los ríos europeos ni en la extensión de su cuenca, ni en la longitud de su curso, ni en el volumen de su caudal, las proporciones de algunos ríos americanos, asiáticos y africanos. Ello es debido a que la superficie de Europa es menor; a la situación céntrica de la divisoria principal; y a la cantidad y régimen de las precipitaciones. Lo más característico de todos ellos, excepto los de la vertiente mediterránea, es la regularidad de su régimen.

Europa carece de vertientes interiores. En razón de los mares donde desaguan los ríos, podrían agruparse éstos en tres vertientes de considerable extensión; la ártica, la atlántica y la mediterránea. Pero es más lógico reunirlos teniendo en cuenta el clima y el relieve de sus cuencas respectivas. Así, distinguiremos los ríos mediterráneos, los atlánticos y los de la llanura oriental.

Los ríos mediterráneos. Limitadas sus cuencas por montañas de bastante altura, y, en general, próximas al mar, los ríos de la vertiente mediterránea suelen ser de poca longitud, cuenca reducida, gran pendiente, régimen torrencial y caudal muy variable, lo que produce una erosión intensa. Rara vez son navegables y la mayor parte de ellos terminan formando deltas, entre los cuales destacan los del Ebro, del Po y Ródano. Además de éstos, pueden citarse el Segura, Júcar, Turia y Llobregat, en España; el Aude, en Francia; el Tíber y Piave, en Italia; y el Vardar y Maritza, en los Balcanes.

Los ríos atlánticos, por su parte, se adaptan a un relieve que en sus cuencas es menos acentuado que en las de los anteriores. Predominan los llanos, y las montañas se hallan a más distancia del nivel de base. Resultado de estos hechos es que los ríos son más largos, de pendiente más suave y de régimen más regular, conforme a la bondad del clima y a la frecuencia de las lluvias. Son casi todos navegables y terminan en estuarios, por los que penetran las mareas, y esta circunstancia ha permitido establecer en sus orillas grandes puertos dotados de abrigos naturales. Entre los principales figuran el Guadalquivir, el Tajo, el Duero, y el Miño, en España; el Garona, Loira y Sena, en Francia; el Támesis, en Inglaterra; el Escalda, en Bélgica; el Rin y el Mosa, en Holanda; el Elba, Vístula y Oder, en Alemania; y el Glommen, Tornea y Umea, en la Península Escandinava.

Los ríos de la llanura oriental son de cuencas muy extensas, bastante caudal y un régimen intermedio entre los de ambos grupos anteriores. Navegables en verano, primavera y otoño, se utilizan como vías de transporte al helarse durante el invierno, substituyendo las embarcaciones por trineos. Los cursos principales son: Danubio, Dniester, Dnieper, Don, Volga, Ural, Pechora Dvina y Onega.

De entre los ríos europeos destacan dos: El Rhin y el Danubio. Estos dos ríos, tanto por cruzar tierras de diferentes regiones europeas como por su importancia histórica y económica, merecen ser estudiados en párrafo aparte. El Rhin tiene sus fuentes en los Alpes, al Este del pico de San Gotardo. En una longitud de 70 km sigue la dirección Oeste-Este, al Sur de la cadena de Todi, hasta Coira, donde tuerce describiendo el arco que forma el límite entre Suiza, Austria y Alemania, hasta Basilea. De Basilea a Maguncia, entre los Vosgos y la Selva Negra, su curso es menos rápido y riega una fértil llanura de hundimiento. Penetra después en los plegamientos antiguos del Macizo Renano, y entre Coblenza y Colonia surca el llano de aluviones que se extiende hasta las costas de Holanda, donde desemboca dividido en varios brazos. En sus cursos bajo y medio tiene una profundidad de 2 a 4 m., suficiente para la navegación de vapores de 4.000 a 5.000 t. Duisburg, Colonia, Maguncia, Estrasburgo y Basilea son importantes puertos de esta vía móvil de comunicación. Todo el curso del Danubio, que empieza en la Selva Negra, está orientado de Oeste a Este. Recibe importantes afluentes: el Drave y el Save, procedentes de los Alpes; el Tisza, de los Cárpatos; y el Morava, de los Balcanes; con crecidas en primavera, verano y otoño respectivamente. Penetra, luego, en las llanuras de Rumania por el desfiladero de Puertas de Hierro, y sigue lento y por ancho cauce hasta su delta en el Mar Negro. Es navegable desde Ratisbona para navíos de 600 toneladas y, desde Viena, para los de 1.200. Constituye una gran vía comercial regulada por una «Comisión internacional», pues atraviesa ocho países de fuerte actividad económica.

Mención aparte merecen las áreas lacustres de Europa. Son muchas y de muy distinto origen. Mientras en las costas encontramos los de barraje, como por ejemplo los formados en los deltas del Po, del Ródano y del Danubio, en los llanos interiores aparecen los de desecamiento, como el Balatón en Hungría, y los que tienen su origen en la erosión, como los de Finlandia y del Noroeste de Rusia. En las montañas (Alpes, Pirineos y Balcanes), alternan estos últimos con los tectónicos. En conjunto, ocupan una extensión de unos 77.000 km².

Por su situación, podrían agruparse en tres grandes regiones: la septentrional, que comprende los de mayores superficies y en la que predominan los de erosión; la alpina, que le sigue en importancia; y la mediterránea. En la primera, figuran los de Finlandia y la Rusia, con una extensión de 70.000 km². Los principales son: el Ladoga con 18.180 km² el Onega con 9.950; el Saima con 3.500; el Peipus con 3.515; y el Ilmen con 918; a los que pueden añadirse los de Suecia, como el Vánern, que mide 5.550; el Vättern, con 1.898, y el Millaren, con 1.160 kilómetros cuadrados.

Los de la región alpina, a ambos lados de los diversos macizos, son en menor número. Los lagos suizos ocupan 2.300 km². Los principales son el Constanza (539), Zurich (240) y Lucerna (257). Al Oeste hay el de Ginebra o Lemán (581), y los de Annecy, Bouget y otros menores; al Este destaca el Balatón (596); y al Sur, en las zonas continentales del suelo italiano, el Mayor. (212), el de Garda (370), el de Como (146) y el de Lugano (50). En la región mediterránea son menos extensos y profundos. Sobresalen la Albufera de Valencia (34 km²), el Mar Menor de Mur-

cia (170), los del Rosellón y de los deltas del Ródano, del Po y del Danubio. La escasa pluviosidad y la falta de grandes cintas fluviales alimentadoras —excepto en los lagos de barraje— justifican su reducido interés.

Por otra parte señalar que a partir de la diferenciación de climas en la Era Terciaria, la vegetación europea tomó los caracteres particulares que la distinguen actualmente. No tiene la variedad ni la exuberancia que alcanza en otras partes del mundo, debido a la poca extensión de Europa en el sentido de los meridianos y a la falta de humedad y de calor. Sin embargo, en siglos anteriores, los bosques ocuparon mucha más extensión. El hombre ha devastado miles de kilómetros cuadrados de bosque para el aprovechamiento de maderas y para aumentar el área de cultivo. Bien es verdad que también ha poblado landas, dunas y extensiones pantanosas, y que ha introducido algunas especies nuevas de plantas cultivables, como la avena, el trigo, la vid y el lino, originarias de Mesopotamia, de Siria y de Egipto; el arroz, la caña de azúcar y el algodón, de China y de la India; y el maíz, la patata, el tabaco y el tomate, de América.

Sobre la superficie de Europa, la acción directa del clima se observa con gran claridad en los límites del desarrollo de muchas especies de plantas. El límite de la vegetación arborecente, por ejemplo, coincide, incluso en sus inflexiones, con el trazado de la isoterma anual de cero grados: el del haya, desde el Sudoeste de Escandinavia, a 59° de latitud, desciende por el Oeste de Alemania hacia los Cárpatos y los Balcanes, sin entrar apenas en Rumania y Bulgaria, justamente por el límite donde se manifiesta el carácter continental y de menos humedad; y el del olivo dibuja una línea sinuosa desde el paralelo 40 al Oeste de la Península Ibérica, y se ajusta hasta una altitud que no excede de 700m en las laderas del Sistema Central, del Sistema Ibérico, de los Pirineos, Sur de Francia y zona costera de Italia y los Balcanes.

Lo expuesto cobra especial interés al tratar de la realidad biogeográfica europea. Si nos detenemos en la evolución de la misma —a partir del citado trabajo coordinado por el profesor López Palomeque (2000)—, nos encontramos que la Era terciaria se caracterizó, en los territorios que hoy conforman Europa, por gozar de un clima tropical, de temperaturas más elevadas y mayor humedad ambiental que las actuales. En dichas condiciones la flora europea se asemejaba a la tropical actual, con abundancia de especies de palmeras, magnoliáceas y otras planoperennifolias termófilas, que hoy persisten en territorios próximos al continente europeo como flora arcto-terciaria, en las selvas templadas de las regiones macaronésica y euxínica.

En la última época del período terciario, el plioceno, empieza un acusado enfriamiento climático que se acentúa en el período pleistoceno de la Era cuaternaria y que manifiesta fuertes oscilaciones de temperatura: las *glaciaciones*. Durante los períodos glaciales, el dilatamiento de los casquetes glaciales llegó a cubrir buena parte de la Europa septentrional y alpina, con descensos de la temperatura media de en torno a 10° C respecto a la actual. El aumento de la proporción de agua convertida en hielo, en buena parte sobre los continentes en forma de inlandsis, suponía el descenso del nivel del mar, que llegó a ser de entre 150 y 200 m inferior al actual. Las oscilaciones más importantes datadas son las glaciaciones denominadas

gúnz, sucedidas hace entre 900 y 700 miles de años (m.a.), mindel entre hace 400 y 300 m.a., riss entre 275 y 125 m.a. atrás y wtirm, entre hace 75 y 10 m.a. Las glaciaciones, períodos fríos de en torno a 80.000 años de duración, se separan por unos períodos de calentamiento, más breves, de en torno a 30.000 años de duración, que se denominan interglaciales.

Los efectos sobre la biota de las oscilaciones glaciales son, ante todo, el desplazamiento de los zonobiomas, acorde con el crecimiento y decrecimiento del inlandsis, al sur del cual se extendía durante los períodos glaciales un paisaje de tundra, desarbolada en su parte más septentrional y de forestación creciente hacia el sur (véase la figura 2.11). Sólo la zona más meridional del continente acogía durante estos períodos la vegetación termófila, como son las especies planocaducifolias que caracterizan hoy en día la mayor parte de los paisajes continentales. La fauna europea de los períodos glaciales estaba encabezada por grandes mamíferos lanudos, como el mamut (*Mammuthus*), el rinoceronte lanudo (*Coelodonta*), el tigre de dientes de sable (*Machairodus*) y el león gigante (*Panthera leo spelaea* y *Panthera leo atrox*). En el periodo pleistoceno final nuestra especie colonizó Europa: la predación de dichos mamíferos por parte del hombre, junto con el cambio climático posglacial, propició su extinción.

La disposición este-oeste de las principales cadenas montañosas europeas y de la cuenca mediterránea es transversal al desplazamiento de la flora y la fauna termófila hacia sus refugios meridionales durante los períodos glaciales. Esta dificultad, singular respecto a otros continentes, ha provocado la disminución de la biodiversidad en Europa. Un ejemplo de desaparición de especies durante este período en Europa es el de la ausencia actual de especies del género *Sequoia*, cuya presencia pretérita se hace patente por sus vestigios fósiles. Por otro lado, la función de refugio cálido del área mediterránea durante las glaciaciones ha supuesto que en ella haya habido diferenciación de especies —por ejemplo, del género *Podarcis*—, y que haya sido un centro de irradiación de especies termófilas en períodos interglaciales.

El período posglacial actual, denominado holoceno, que se inicia hace en torno a 10.000 años, ha posibilitado la extensión de las formaciones forestales desde sus refugios meridionales. El aumento progresivo de las temperaturas ha sido fluctuante, alcanzando temperaturas entre uno y dos grados superiores a las actuales, durante el período atlántico, hace entre 7.500 y 4.000 años.

A) EL BIOMA MEDITERRÁNEO:

Las características bioclimáticas que reciben su nombre del *Mare Nostrum* son extrapolables a las fachadas occidentales de los continentes en las regiones subtropicales. Se trata de ámbitos fronterizos entre los dominios tropicales y los polares, caracterizados respectivamente por la influencia de las altas presiones subtropicales, como es el caso del anticiclón de las Azores, y de los cinturones de borrascas que se desprenden del frente polar. Todavía cabe añadir otras peculiaridades climáticas del bioma mediterráneo europeo, como son el calentamiento y

aumento de la humedad atmosférica de las masas de aire mediterráneas, y las advecciones de aire frío, generalmente polar continental. Con todo, el clima mediterráneo impone a la biocenosis una marcada aridez estival, el régimen interanual de precipitaciones irregular y las heladas esporádicas, como principales factores de influencia ambiental.

Los equinoccios son las estaciones más propicias para la vegetación y la floración, con temperaturas superiores a 10° C de media y disponibilidad de agua —de hecho, el otoño también se conoce como la primavera del invierno, dado que se reemprende el crecimiento tras el período de máximo aletargamiento—. En invierno, las temperaturas inferiores a 10° C como media, ralentizan la actividad vegetal, pese a ser la estación en la que más precipitaciones se registran.

Las formaciones végetales características de este bioma se adaptan a sus condiciones ambientales mediante diferentes estrategias ecofisiológicas. La sequía estival constituye su estación de reposo relativo, en la que la pérdida de humedad por transpiración se evita mediante la *esclerofihia*, es decir, con el mantenimiento del follaje durante todo el año —perennifolia— y el cerramiento parcial de los estomas y el engrosamiento de las cutículas foliares —adoptando las hojas una apariencia coriacea—. El *xeroflismo*, o adaptación a la sequedad, suele adoptar estrategias de reducción de la superficie foliar en el verano, como sucede con el espino negro o con las jaras, llegando incluso a la caducifolia estival, en regiones en las que el período árido estival supera los cien días al año. La de los sistemas raticulares profundos es otra característica más de la vegetación en este ámbito, en el que predominan las especies leñosas de hojas duras y pequeñas. La presencia de aceites en sus jugos celulares las protege de las heladas, la evaporación y la desecación.

Pese a lo antedicho, cabe considerar que los ecosistemas mediterráneos estudiados, que conservan cierto grado de naturalidad, no ocupan las zonas más benignas para el desarrollo vegetal, por ejemplo, las más llanas y con mejores suelos, que han sido transformadas secularmente en cultivos; con ello la adaptación extrema no sería tal, de haberse preservado la vegetación de los euclimátos, o de poderse ésta desarrollar de nuevo.

Los suelos pardos actuales, de horizonte humífero negruzco, tienen un bajo grado de desarrollo debido a la lentitud de la meteorización a la que da lugar la aridez —con predominio de la evaporación sobre la percolación—; se asientan sobre paleo-suelos de *terra rossa*, arcillosa y bermejiza, que tienen su origen en las formaciones tropicales terciarias hoy desaparecidas, en la descalcificación del sustrato y en los aportes de sedimentos por vía aérea durante las advecciones subtropicales.

El encinar es la formación vegetal zonal, esclerófila y perennifolia más característica del bioma mediterráneo europeo. Un bosque primitivo en el que domina esta especie, *Quercus ilex*, no presenta otras especies arbóreas, pero su sotobosque es muy rico, con la presencia de durillo (*Viburnum tinus*), labiérnago (*Phillyrea angustifolia*), madroño (*Arbutus unedo*), brusco (*Ruscus aculeatus*), etc. Los alcornocales, caracterizados por la presencia de *Quercus suber*, aparecen en presencia de suelos silíceos y húmedos, mientras la coscoja, *Quercus coccifera* y *Quercus calliprinos*, predominan en el Mediterráneo oriental.

En las regiones en que las precipitaciones descienden por debajo de los 400 mm anuales, las formaciones forestales dejan de ser posibles y aparecen otras formaciones vegetales características de este bioma, como son la maquia y la *garriga*, en las que predominan los arbustos esclerófilos como el acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*), el algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y el lentisco (*Pistacia lentiscus*), y los matorrales arbustivos de menor talla de especies ericoides y genistoides, como el brezo, el tojo, el romero y las jaras. Por último, las comunidades de pequeñas matas, que englobamos bajo el nombre de tomillares, ocupan los ambientes semiáridos.

Las regiones ecotónicas de los biomas mediterráneo y atlántico presentan formaciones forestales compuestas por frondosas marcescentes, como el melojo y el quejigo, que, aun siendo caducifolios, aprovechan la benignidad y la dilatación del estío, alargando su período de vegetación.

Pero no sólo las frondosas ocupan la consideración de especies climáticas del bioma mediterráneo, pues también las coníferas están representadas, ocupando los ambientes caracterizados por la continentalidad, la predreosidad, las litologías mineralíferas o arenosas, o la presión antrópica o ganadera. Este es el caso de los enebrales, los sabinares y los pinares mediterráneos. En las coníferas, la estrategia xerofítica es la aciculifolia, que las hace resistentes a la termicidad; y en el caso concreto de los pinos, la adaptación se complementa mediante la intensificación de su dinámica hídrica y fisiológica tras las heladas y las tormentas, para aprovechar los períodos de bonanza.

Dejando a un lado la vegetación de pisos altitudinales, que trataremos al margen para todos los biomas, el pedobioma más relevante viene determinado por la disponibilidad de agua en las riberas y humedales. Las formaciones forestales que se desarrollan en estos ámbitos presentan especies planocaducifolias como el álamo, el chopo, el olmo, el plátano y el aliso.

La fauna vertebrada mediterránea acoge representantes de siete familias de peces continentales, siete familias de anfibios, quince familias de reptiles, veinticuatro familias de aves —más cosmopolitas y menos endémicas que en los otros casos, gracias a su facilidad de movimiento— y cincuenta y tres familias de mamíferos. La cuenca mediterránea se encuentra entre las regiones de bioma mediterráneo más ricas faunísticamente, ya no sólo a nivel de familias, sino aún más cuando se desciende a niveles de géneros y categorías taxonómicas inferiores. Recordemos que esto se debe al hecho de que la cuenca mediterránea se halla en un cruce de caminos continental, y a que durante las glaciaciones, la mayor parte de la fauna europea encontraba refugio en esta área. La marcada aridez estacional impone ritmos de migración, reposo y refugio durante el estío. El caso más ilustrativo es el de los anfibios, como el tritón o el sapo (López Palomeque, 2000).

B) LOS BOSQUES NEMORALES ATLÁNTICOS:

El término «*nemoral*» hace referencia a la zona bioclimática templada, en la que el período de vegetación (temperaturas medias superiores a 10° C) se prolonga entre

4 y 6 meses, con precipitaciones suficientes y un invierno ni extremado, ni largo (de entre 3 y 4 meses de duración y con temperaturas mínimas medias superiores a 0° C). Estas condiciones aventajan a la flora *planocaducifolia*, con predominio de las especies arbóreas, que se ramifican a partir de una cierta distancia del suelo (de dos a tres metros), con lo cual los bosques forman oquedales de alta productividad biológica, marcadamente estacional. La frondosidad del dosel arbóreo crea unas condiciones microclimáticas umbrosas en el sotobosque, al tiempo que concentra la transpiración en las hojas altas de los árboles. La renovación estacional completa del follaje supone, a su vez, el enriquecimiento del suelo y la proliferación de pedofauna, que pueden llegar a constituir el 90% de la biomasa faunística.

El haya (*Fagus sylvatica*) es el árbol principal de este zonobioma. Se trata de una especie indiferente a la litología, que promueve la fertilidad y la profundidad del suelo mediante la acumulación de hojarasca; es una especie de metabolismo intenso, de elevada productividad biológica y transpiración; forma un dosel arbóreo denso, habitualmente monoespecífico de entramado continuo. Este árbol sólo aparece acompañado ocasionalmente de especies que resisten la umbrosidad, como el abeto, la picea, el boj o el arándano. La sensibilidad de los brotes primaverales primerizos de las hayas a las heladas tardías da una muestra elocuente de la dificultosa adaptación de la estrategia ecofisiológica *planocaducifolia* a la rigurosidad climática impuesta por la continentalidad.

Algunas otras especies arbóreas que caracterizan este bioma europeo son los robles, carballo (*Quercus robur*), el albar (*Quercus petraea*), los sauces (*Salix*), el fresno (*Fraxinus excelsior*), el castaño (*Castanea sativa*), los abedules (*Betula*), los arces (*Acer*), los serbales (*Sorbus*), el aliso (*Alnus glutinosa*), el avellano (*Corylus avellana*), los carpes (*Carpinus*) y los tilos (*Tilia*), entre otros. De entre los robles, el carballo tiene mayor valencia ecológica, que le permite estar presente desde la fachada atlántica a los Urales, adentrándose en la región continental y conformando bosques mixtos junto a coníferas boreales en la zona septentrional de transición (en torno a los 60° de latitud norte, en la península escandinava). En cambio, el roble albar tiene un área de distribución más restringida, sin llegar a adentrarse en la llanura rusa.

Las especies que mejor se adaptan al sotobosque son las geófitas, perennes con órganos acumuladores de reservas subterráneos, que aprovechan las condiciones de luminosidad favorables que preceden a la aparición del follaje arbóreo (como los géneros *Galanthus*, *Leucojum*, *Scilla*, *Ficaria*, *Corydalis*, *Anemone*, etc.).

La degradación de estos bosques —debido a talas, incendios o pastoreo— da lugar al lavado intenso del suelo, con la percolación de sus sales minerales nutritivas y el descenso de su pH. Esta acidificación y empobrecimiento edáfico, que da lugar a suelos del tipo podsol, favorece la expansión de las landas, que es un matorral de retamas (*Ulex*, *Cytisus*, *Genista*), brezos (*Erica*), brechina (*Calluna vulgaris*) y arándanos (*Vaccinium*) en las zonas más septentrionales, junto a otras (*Empetrum*, *Phyllodoce* y *Cassiope*). Las regiones en las que esta formación adquiere una mayor extensión son las islas Británicas y el norte de Alemania, sin adentrarse en el continente debido a su baja resistencia a las heladas, tan sólo apareciendo en las vertien-

tes de barlovento de los macizos hercinianos centroeuropeos y en la costa báltica meridional. Otro pedobioma de este ámbito, occidental lluvioso, son las turberas, de vegetación herbácea y muscinal en zonas de ascenso del agua freática.

La fauna de este bioma se adapta a los ciclos estacionales modificando su conducta y adoptando unos hábitos extraordinarios, como la hibernación, en el caso de los osos, marmotas, tejones, lirones, reptiles y anfibios, que reducen su consumo energético durante la estación fría. Otra estrategia consiste en la migración, a la cuenca mediterránea o al continente africano, de aves, murciélagos e insectos.

C) LA TAIGA:

En las regiones en las que los veranos son demasiado cortos y frescos, los árboles *aciculifolios* —xeromorfismo foliar en forma de aguja—, siempre verdes, demuestran una mayor resistencia al frío que los planocaducifolios, además de ser más rápidamente productivos llegada la primavera, cuando se inicia el período más cálido. El período de vegetación en estas regiones boreales dura entre 30 y 120 días al año, mientras que el período frío, de temperaturas medias mensuales inferiores a 0° C, dura al menos seis meses. La nivación, que se da entre 160 y 210 días al año, tiene un efecto protector de la vegetación, resguardando el nivel del suelo a temperaturas más elevadas que las del aire, durante los meses más fríos.

La transición de la región nemoral a la boreal es difusa, en una mezcla de planocaducifolios, como el carballo o el carpe, y aciculifolios, como la picea (*Picea «bies»*) y el pino albar (*Pinus sylvestris*), que son los más característicos del bosque boreal o taiga, junto al alerce y los enebros. La taiga aparece por encima de los 600 de latitud en la península escandinava y a partir de menos distancia del ecuador a medida que nos adentramos en el continente. La continentalidad también impone la desaparición de las especies nemorales, de manera que a la altura del Kama medio la taiga puede dar paso directamente a la estepa. Este mismo sector oriental de la taiga europea presenta especies de picea, abeto, pino y alerce siberianos.

Los bosques de la taiga han colonizado recientemente el territorio que el inlandis cubrió durante el glaciario, por lo cual el número de especies vegetales es reducido —en torno a las 1.800—. La picea, o abeto rojo, es la especie arbórea más frecuente en la taiga europea, que continúa expandiéndose. Esta especie es dominante en los bosques boreales europeos, en los que la acompañan el arándano (*Vaccinium myrtillus*), el aleluya (*Oxalis acetosella*) y un estrato continuado de musgos, especialmente empobrecido debido a la competitividad de los árboles por los nutrientes edáficos. El pino albar sustituye a la picea en los ambientes más adversos —secos, arenosos y pantanosos— y tras ciertas perturbaciones, como pueden ser los incendios, aun precedido en estos casos por abedules y álamos pioneros de claros.

El suelo de la taiga es del tipo podsol, con horizonte humífero ácido, nutrido por la hojarasca de pinos y abetos, que se descompone dificultosamente y con lixiviación de las bases férricas y aluminosas del horizonte A, que se precipitan en el B

formando costras ferruginosas y arcillas. Además, la taiga ocupa territorios muy afectados por el glaciario, que exhumó litologías pobres o las cubrió de depósitos morrénicos y de tilí.

El balance hídrico excedentario —debido a que las precipitaciones superan la evapotranspiración— y el relieve de los escudos peniplanados —cubiertos de suelos ácidos y pobres en nutrientes— de la taiga europea provocan que el nivel freático aflore con facilidad. Estas condiciones inhiben el crecimiento de árboles, favoreciendo la reducción de la materia orgánica sumergida, que genera el pedobioma de las *turberas*. El crecimiento de musgos como el esfagno (*Sphagnum*) y los del género *Polytrichum* dan lugar a la turbificación, por reducción de los restos de los cojinetes de musgo sumergidos, en un ambiente frío y sin aireación. El alto contenido en carbono de la turba ha posibilitado su uso tradicional e industrial como combustible.

La fauna que habita la taiga está constituida por pequeños mamíferos, como las liebres, topos y ardillas, y paseriformes gramívoros, como los piquituertos y los cascanueces, que se alimentan de las piñas de las coníferas. Otros mamíferos, como los renos, alces y linceos, y las aves insectívoras dependen de los biomas vecinos, a los que migran estacionalmente para complementar su dieta. El urogallo muestra con su distribución boreal y alpina las similitudes entre estos dos hábitats. Los osos y castores se acomodan a los rigurosos inviernos mediante el letargo, mientras que los lobos, linceos, armiños, golosos, lechuzas y carabas ocupan los nichos de los depredadores y carroñeros.

D) LAS ESTEPAS SURORIENTALES:

El clima que caracteriza la llanura del escudo europeo sudoriental se torna más árido en un gradiente del noroeste al sudeste, aumentando las temperaturas estivales y disminuyendo las precipitaciones. Por otro lado, los inviernos están dominados por la influencia del anticiclón térmico siberiano, que dicta el descenso de la temperatura hasta mínimos absolutos de -25°C y medias de enero entre -4 y -10°C . La oscilación térmica anual ronda los 60°C . El déficit hídrico de la estepa (EVP de 650 a 800 mm y precipitaciones de 450 a 15 mm) imposibilita el crecimiento de especies leñosas de porte arbóreo. La transición la ocupa la silvoestepa, de planocaducifolios dispersos. El ecotono de la silvoestepa ocupa una faja fronteriza entre los bosques nemorales y las estepas, que viene definida en Europa por precipitaciones de en torno a 500 mm anuales. Las estepas son zonobiomas caracterizados por el predominio de las *hierbas xeromorfas*, mayoritariamente poáceas y otras hierbas graminoides perennes (*Stipa*, *Festuca*, *Agropyrum*, etc.).

La continentalidad esteparia impone el reposo invernal de la vegetación, bajo la cubierta nival —en torno a 60 días al año— y las inclementes heladas —de hasta 100 días al año—. Al fundirse el suelo y la nieve durante la primavera germinan, rebrotan y florecen los prados vernaes en los que predominan las hierbas hemicriptófitas, que sólo conservan todo el año sus gemas persistentes situadas en la base de sus

órganos aéreos. En verano las lluvias convectivas, propias de la continentalidad, rompen la tónica de elevadas temperaturas y baja humedad ambiental, acentuadas por los ocasionales vientos del sudeste. Los prados se mustian, secándose hasta que los vuelve a cubrir la nieve. El período favorable a la vegetación, con temperaturas superiores a 10 oc, es sólo de en torno a cuatro meses, entre los rigores invernales y los estivales, que imponen un doble condicionamiento climático. La ingente cantidad de materia orgánica resultante de este intenso ciclo anual, de entre 3 y 25 toneladas por hectárea, enriquece enormemente los horizontes húmicos del suelo. La mayor parte de su biomasa, hasta tres cuartas partes, crece bajo tierra, en forma de raíces y rizomas, que posibilitan la absorción rápida y efectiva de la humedad del suelo. Los suelos de la estepa son del tipo negro o chernozem, con gran potencia del horizonte húmico, que puede alcanzar más de un metro de potencia, directamente sobre el horizonte C, de loess, calcáreo y permeable, pero de percolación lenta. La elevada fertilidad de los suelos negros esteparios ha posibilitado la explotación agrícola de mayor productividad del continente, aunque decadente por su insostenibilidad.

Las estepas ocupan regiones de en torno a 500 de latitud norte de Europa oriental, en las llanuras Panónica —donde recibe el nombre de *Puszta*— y Pónica, al este de los Cárpatos, hasta el mar Negro y la zona semidesértica de la depresión caspiana, en la que los suelos zonales son salinos y la vegetación halófila (*Salicornia*, *Halocnemum*, *Sueada*, *Limonium*, etc.).

La elevada diversidad florística de las estepas está ligada a la presión que ejerce la fauna herbívora, que ocupaba este bioma antes de su casi total transformación por parte del hombre. La saiga (*Saiga tatarica*), el uro (*Bos taurus primigenius*), el tarpán (*Equus caballus gmelini*) y los roedores de las estepas —como son los susliks, *Spermophilus citellus*— fueron sus principales exponentes. Los anflopes, bóvidos y équidos comparten comportamientos nómadas y gregarios, alcanzando grandes densidades, pero sin sobrecargar los ecosistemas con su territorialidad. De entre las aves destaca la presencia de la de mayor peso de las europeas, la avutarda (*Otis tarda*), que llega a pesar hasta 18 kg. El suelo es removido y aireado por gusanos, que llegan a perforar conductos a más de 8 m de profundidad, y por las galerías de los roedores, como las marmotas, que se alimentan de fauna invertebrada y de hierbas y sus semillas.

E) LA TUNDRA ÁRTICA:

Las estribaciones septentrionales de Europa rebasan el Círculo Polar Artico, quedando afectadas por el clima ártico, en el que lo reducido del fotoperiodo impone condiciones térmicas extremas, caracterizadas por no superar los 10° C de media en el mes más cálido. En invierno los días se acortan, llegando a haber algunos días de noche continua. Pese a tratarse de clima ártico, la estrecha franja que se define como tundra en Europa tiene unos inviernos relativamente suaves, gracias a la influencia de la corriente del Atlántico norte. Al norte de Escandinavia, la temperatura media

del mes más frío ronda los -5°C y la gelivación es frecuente. Pero las condiciones se endurecen al alejarse del efecto atemperador del océano Atlántico. Al este del mar Blanco, la tundra se adentra más en el continente y se vuelve más rigurosa. La depresión del Pechora registra las temperaturas mínimas absolutas más bajas del continente (-50°C), mientras que la media del mes más frío es de -18°C . La innivación dura hasta 8 y 9 meses.

El suelo de la tundra se ve afectado por las bajas temperaturas del invierno, llegando a congelarse de manera permanente, fenómeno denominado permafrost hasta una cierta profundidad, de hasta 20 m en la cuenca del Pechora y hasta 500 m en Nueva Zembla, en el océano Ártico, de clima polar. Su gelivación —proceso de hielo y deshielo— genera una masa dinámica de fango sobre el permafrost impermeable. Dicho fango experimenta unos movimientos de crioturbación, mediante los que se generan los suelos poligonales, al ordenarse las piedras en superficie, y solifluxión, reptación que da lugar a formaciones en gradería paralelas a las isohipsas. Los suelos de la tundra son pobres en nitrógeno, lo que dificulta aún más la vida vegetal, y contribuye a su xeromorfismo. Estas condiciones son de una adversidad extrema para la biota, llegando a desarrollarse sólo algunos musgos y líquenes especializados en la tundra desnuda. El viento frío y desecante obliga a postrarse a los abedules, sauces, alisos y arándanos que marcan la transición de la taiga a la tundra. Ya en la tundra arbustiva persisten caméfitos, como las dríadas, que pierden parte de sus órganos aéreos. A medida que el frío de la región aumenta, sólo persisten los hemicriptófitos, que perviven bajo la capa de nieve, y los antes mencionados musgos y líquenes. El deshielo y la débil EVT dan lugar a un considerable excedente hídrico que favorece el desarrollo de humedales, y en ellos de poblaciones de insectos durante el verano. Los humedales acogen la nidificación de aves migrantes, como los eiders (*Somateria*, *Polysticta*), los ánsares (*Anser*), las barnaclas (*Branta*) y las haveldas (*Clan gula*), que se alimentan de brotes, raíces, crustáceos, moluscos e insectos. Algunos grandes vertebrados herbívoros, como el buey almizclero (*Ovibus moschatus*), el alce o el reno, son propios de este bioma, aunque según los casos migran en invierno hacia el sur, para evitar la rigurosidad climática y la escasez alimentaria de este bioma. Pocos animales pasan el invierno en la tundra. Los lemmings (*Lemmus*, *Dicrostonyx*) se nutren de brotes y hacen sus madrigueras bajo la nieve, que los protege a temperaturas superiores a las de la superficie y a resguardo del viento.

F) LOS BIOMAS OREALES:

La región natural de carácter azonal y de mayor extensión son los orobiomas, en los que la variante altitudinal prima sobre la latitudinal. Esta singularidad los diferencia suficientemente como para asignárseles el rango de provincias biogeográficas. El ascenso altitudinal impuesto por los relieves de la corteza terrestre impone unas condiciones bioclimáticas peculiares, que tienen que ver especialmente con el gradiente térmico, de en torno a $0,5^{\circ}\text{C}$ cada 100 metros, generado por la

disminución de la presión atmosférica. La altura también provoca la disminución del contenido de oxígeno en el aire, el aumento de la movilidad del aire, el aumento de la intensidad de la radiación solar —particularmente de onda corta—, el aumento de la innivación respecto a la precipitación total, la disminución de la edafogénesis y la presencia de gelivación, entre otras variables del medio abiótico. Por otro lado, la orientación de las vertientes respecto a la circulación atmosférica y a la insolación da lugar a la diversificación de los biotopos de barlovento y sotavento, por un lado, y de solana y umbría, por el otro. Las lluvias orográficas a barlovento y el efecto «fohn» a sotavento son ejemplos de esta diversidad. Las diferencias de radiación y de temperaturas entre solanas y umbrías favorecen o dificultan el hábitat y los cultivos en función de las características zonales de los biomas: las solanas son generalmente preferidas para el desarrollo de paisajes culturales en los biomas templados y evitadas en los subtropicales.

Las condiciones extremas del hábitat imponen una fuerte presión selectiva sobre la biocenosis. Las poblaciones, oportunistas y reducidas, se hallan aisladas en estos hábitats semejantes a islas, con lo cual su especiación se acentúa, generando nuevos taxones endémicos. Plantas vasculares endémicas encontramos: en los Alpes en torno a las 350; 150 en los Cárpatos, y entre 120 y 140 en los Pirineos. El desarrollo altitudinal, que marca el descenso de la temperatura, permite distinguir diferentes pisos de vegetación. El piso nival se considera el más elevado y su característica principal es la innivación, duradera o permanente. Bajo las nieves perpetuas se extiende el piso alpino, en el que el período de vegetación es demasiado corto para que se puedan desarrollar formaciones leñosas. La vegetación propia del piso alpino son los prados de herbáceas vivaces de talla pequeña, dominando las hemicriptófitas. La innivación protege estas plantas del rigor térmico invernal. Las plantas leñosas que resisten la hostilidad de este medio se postran y achaparran, e incluso se almohadillan o acojinan en pulvínulos, como una estrategia xeromórfica que minimiza la abrasión fisiológica del viento, las bajas temperaturas y la intensificación de la radiación solar. El piso subalpino empieza, en este sentido descendente, a partir del límite superior del bosque, que varía en función de la latitud y la orientación, y que en los Alpes se halla entre los 2.000 y los 2.400 m de altura. La variación altitudinal del límite superior del bosque ronda los 100 m por cada grado de latitud, de descenso hacia el norte y ascenso hacia el sur (Ozenda, 1994: 209). Las coníferas predominan en esta cliserie altitudinal, pues sus estructuras morfológicas troncocónicas las protegen de la acción mecánica de la nieve sobre sus ramas. Las aciculifolias más comunes son los abetos (*Abies*), los pinos eurosiberianos (*Pinus*), las piceas (*Picea*) y los alerces (*Larix*). Siguiendo con la definición terminológica alpina, el piso montano lo ocupan los bosques de planocaducifolios, como el haya y los robles, aunque también mantienen su presencia algunas especies de coníferas como los abetos y los pinos, en función de la continentalidad y la latitud. Finalmente, el piso colino o basal se corresponde a las faldas de las cordilleras, en las que remontan las comunidades zonales del llano. Las condiciones abióticas especiales que se dan en las vertientes montañosas pueden propiciar la presencia de floras relictuales, que aprovechan los hábitats azonales al abrigo del relieve. El caso

más singular del continente europeo se da en las vertientes sudoccidentales del Cáucaso, en la región euxínica, de clima tibio y húmedo, en la que se cobijan comunidades de selvas templadas arcto-terciarias. Las especies que las forman son planoperennifolias que aprovechan las lluvias horizontales que resultan de la ciclogénesis euxínica frente a estos relieves.

La fauna de los orobiomas modifica su ciclo biológico y su fisiología para adaptarse a las bajas temperaturas. Algunos ejemplos los constituyen el oscurecimiento de su pigmentación, el viviparismo de los anfibios y reptiles o el esponjamiento del plumaje y del pelaje, como en el caso del armiño (*Mustela erminea*) y la perdiz nival (*Lagopus lagopus*). Otras adaptaciones son de carácter etológico, como el uso de refugios subterráneos, la migración a altitudes inferiores, como hace el rebeco (*Rupicapra rupicapra*), o la hibernación, estrategia proverbialmente adoptada por las marmotas (*Marmota marmota*). Otras adaptaciones genéticas semejantes sirven para afrontar el resto de inclemencias del medio montañoso, como son el viento, la escasez de oxígeno y la aspereza del terreno. En contrapartida, el rebrote primaveral de los prados supraforestales es aprovechado como pasto por la fauna silvestre —de entre la que destacan los topos (*Microtus*), la marmota, el oso (*Ursus arctos*) y el jabalí (*Sus scrofa*)— y por el ganado, aumentando paralelamente los depredadores, como el zorro (*Vulpes vulpes*) y carroñeros, como los buitres (*Gyps, Aegypius*), el alimoche (*Neophron percnopterus*) o el quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*) (López Palomeque, 2000).

Consecuencia de lo anteriormente expuesto nos encontramos con los paisajes naturales europeos. Los elementos esenciales de todo paisaje extraño a la labor reflexiva humana son *las rocas*, consideradas en su naturaleza, composición y estructura, pues determinan los grandes rasgos arquitectónicos y en no pocas ocasiones el color; *el clima*, del

cual depende la coloración y la visión límpida, estilizada, o, por el contrario, difumada y contusa, según la cantidad de luz y la diafanidad del ambiente; y *la vegetación*, que actúa como elemento decorativo del suelo. Así, se comprende que los tipos de paisajes europeos hayan de agruparse siguiendo la división que se haya hecho de la superficie de Europa en virtud de los caracteres del relieve, del clima o de la vegetación. Porque no sólo es distinta la fisonomía de la zona mediterránea de la de la central y de la ártica, sino que, además, ofrecen verdaderos contrastes. El armazón abrupto de calizas y areniscas blancas o grisáceas y de arcillas rojizas por el óxido de hierro, al abrigo de bosques siempre verdes y bajo el clima templado cálido y seco, un cielo azul y una atmósfera diáfana, características propias de la región mediterránea, hacen que ésta sea muy distinta del aspecto suave y ondulado del suelo pardo del centro de Europa, oculto bajo un tapiz vegetal de hierbas y de árboles que se desarrollan con exuberancia en un ambiente de luz difusa y de considerable humedad, y todavía más del paisaje de la zona glacial, nuboso, helado, silencioso y de raquíta vida orgánica.

En cada uno de estos tres grandes tipos de paisajes europeos, hay una variedad extraordinaria de subtipos localizados en extensiones menores, determinados por una modalidad particular del relieve, de la geología, de la altitud, o bien por la

orientación de las tierras, que inmediatamente repercute en el clima, en la vegetación y en la fauna. Así, aparecen como subtipos del *paisaje natural mediterráneo*, el estepario de llanura, como el del Sur de Ucrania; o de meseta, como los de las dos Castillas, con su tono gris, sus vastos horizontes, su ausencia casi absoluta de árboles y el desarrollo de una extensa vegetación herbácea en breve tiempo, que coincide con los períodos de clima moderado y de mayor humedad; el *paisaje volcánico* en una pequeña parte de los Balcanes, en Campania, en Sicilia, en Liparí, en Gerona, en Ciudad Real y en Almería, con sus formas cónicas en las montañas, que alternan con valles circulares o de herradura, de suelo oscuro y gran desarrollo de los bosques de encinas y de robles; el *paisaje de llanos costeros*, como los del Po, del Ródano y del Ebro, formados por materiales diversos, de suelo húmedo, fecundo, donde la vegetación y los cultivos son intensos; los *paisajes de valles*, que varían según las rocas de sus muros limítrofes, y destacan por sus formas agrestes y la escasez de vegetación; *los de naturaleza caliza*, como en las montañas de Carniola, de los Cevennes en Francia, de los Pirineos meridionales y de los sistemas Ibérico y Penibético en España, con sus hoces y gargantas entre paredes, verdaderos precipicios por donde se divisa el firmamento en estrecha faja azul; los *paisajes marítimos* en tierras bajas unas veces, con su campiña deliciosa y alegre, poblada de olivares, de naranjos, de palmeras y de higueras, o en tierras altas con acantilados imponentes, verdaderas costas bravas que se recortan en múltiples valles longitudinales, como en Dalmacia, o en una serie de cabos, puntas, golfos e islotes según la estructura del suelo y la naturaleza de las rocas, pero casi siempre con una vegetación de coníferas, cuyas ramas descienden hasta la superficie de las aguas azules y transparentes del mar; y los imponentes *paisajes de montañas y valles alpinos*, de cimas nevadas, con una sucesión de vegetaciones adaptada a los cambios de clima según la altitud. Víctor Hugo dijo que cada uno de esos valles era algo así como un mundo aparte. «Casi siempre podría expresarse su fisonomía con una palabra: el valle de Salenche, por ejemplo, es un teatro; el de Servoz, una tumba; el de Chamonix, un templo.» En la Europa central, la variedad es bastante menor. Son típicos, sin embargo, los paisajes de los llanos cuaternarios, casi horizontales, siempre cubiertos de prados, cuyas hierbas permanecen tiernas durante el año, y donde pacen miles de cabezas de ganado; los de los llanos secundarios y terciarios, algo más accidentados y de mayor riqueza forestal; los lacustres, circundados muchas veces de montañas elevadas formando un conjunto tan delicioso como pintoresco, como ocurre en los de Suiza; los de las depresiones, con su red de canales entre hileras de árboles y prados cuadrículados; los prealpinos; los de mesetas cubiertas de grandes bosques, como en Turingia, Baviera y Bohemia; y los formados por valles tectónicos, como el del Rin. Entre los paisajes marítimos del Noroeste de Europa destacan, por su singularidad, los de las viejas costas escocesas y noruegas, los fiordos, especie de canales gigantes y tortuosos, estrechos, a veces tan sólo de unos metros, pero que penetran muchos kilómetros tierra adentro entre muros casi verticales, aprisionadores de un fondo de aguas cristalinas. Son paisajes imponentes por su soledad y por su bravura.

Dentro del tipo ártico se distinguen los subtipos marítimo y de tundra, permanentemente monótonos.

2. TRANSFORMACIONES Y CAMBIOS DEL PATRIMONIO NATURAL

Cuando el hombre apareció en la Tierra, vivía sin duda en perfecta armonía con el medio; era él un elemento más que seguía las mismas reglas ecológicas del comportamiento y sin disponer de otros medios que los que seguía disponiendo el resto de los seres vivos que con él cohabitaban nuestro bellissimo «planeta azul», que tanta admiración causa su contemplación a quienes han tenido la suerte de observarlo desde fuera en ocasión de los vuelos espaciales.

De entre los cuatro componentes fundamentales del medio ambiente: flora/fauna, aguas, atmósfera, suelo/subsuelo, los dos primeros tienen, por causa de su movilidad, una relevancia especial en la dinámica medioambiental.

Una acción degradante ejercida sobre un suelo o sobre la flora o la fauna tiene en general unas consecuencias locales, limitadas a un pequeño entorno próximo al foco. En cambio, las acciones degradantes ejercidas sobre las aguas y sobre el aire pueden ser vehiculadas a grandes extensiones del Planeta por alejadas que estén del foco generador; basta recordar el relativamente reciente caso de la central nuclear de Chemovil, en la antigua Unión Soviética, para entender en qué modo es así.

Dicen que hace un millón de años la población de *australopithecus* (antecesor más directo del hombre actual) era de unos 125.000 individuos. Su vida se desarrollaba como la de cualquier otro mamífero, y su número aumentaba muy lentamente. El invento de las armas, el descubrimiento y dominio del fuego y el desarrollo paulatino de su inteligencia le fueron otorgando una preponderancia que le permitió atacar y defenderse eficazmente de sus depredadores, decantando el equilibrio natural a su favor. De este modo, la especie humana pudo empezar a desarrollarse a un ritmo más acelerado, alcanzando hace unos cien mil años la cifra del millón de individuos.

La que podríamos llamar *primera etapa* de la historia de la perturbación del medio ambiente por el hombre comenzó a partir del momento en el que en determinadas extensiones espaciales de la Tierra empezó a hacerse marcadamente sensible la presencia del hombre; esto es, cuando logró éste domesticar una serie de animales y, sobre todo, más adelante, cuando apareció la agricultura. El hombre, en consecuencia, se hizo sedentario y comenzó a convertirse en dominador y transformador de su entorno natural más inmediato, seleccionando aquellas plantas que más rendimiento le proporcionaban, esquilmando cuantas le eran inútiles o perjudiciales y, al mismo tiempo, logrando eliminar de su entorno a los animales que le eran perjudiciales, tanto para él como para sus ganados y sus cosechas.

Comenzó con la aparición de la agricultura la primera ruptura del equilibrio natural. No obstante hasta tiempos históricos puede decirse que el impacto sobre el medio natural no ha sido demasiado grande en comparación con la extensión total de la Tierra todavía inexplorada o en estado quasi natural.

La segunda etapa del proceso de alteración de la Biosfera comienza su andadura cuando el hombre sedentario, todavía tribal, comenzó a vivir en grandes concentraciones urbanas. La necesidad de proporcionar alimentos, fibras naturales, agua y otra serie de recursos naturales a concentraciones de miles de personas obligó a destruir grandes masas forestales, para ser reemplazadas por pastizales y cultivos. Al mismo tiempo tuvo tiempo de empezar a alterar el régimen natural de los ríos y se empezaron a explotar las aguas del subsuelo mediante pozos y grandes sistemas de galerías; se empezaron a trazar vías de comunicación abriendo heridas al paisaje que desencadenaron importantes procesos erosivos; se empezaron a hurgar las entrañas de la Tierra en busca de minerales; se movilizaron importantes volúmenes de suelos y rocas; aparecieron las primeras grandes escombreras; se empezaron a producir cantidades importantes de desechos urbanos fuertemente localizados que eran eliminados en basureros ubicados por doquier y, de forma singular, en los cauces de los ríos, contaminando así sus aguas, dañando su flora y fauna naturales. El hombre comenzó a utilizar los cauces fluviales para asegurarse agua para la bebida, para las necesidades higiénicas de sus ciudades, para evacuar sus desechos y, sobre todo, para regar sus campos.

Al amparo de los grandes núcleos de población nacieron y florecieron las grandes culturas –Incluidas las europeas– que provocaron una mayor concentración y actividad humana en un reducido espacio. Aparecieron nuevas ocupaciones, gremios de artesanos, talleres y pequeñas industrias. Se empezó a pastorear excesivamente en el entorno de esas ciudades, se pusieron en cultivo terrenos frágiles, se salinizaron suelos por efecto del regadío, se destruyeron bosques y, en un vasto entorno, aparecieron nuevos ecosistemas, más frágiles que los naturales, en los que era clara la huella del hombre.

La climatología, la fertilidad del suelo, la aparición de plagas, las crecidas de los ríos, determinaron el éxito o fracaso de esos nuevos ecosistemas. De hecho todas aquellas grandes culturas fueron destruidas y su medio físico esquilmo.

No obstante, puede decirse que, salvo esos entornos, más o menos vastos, más o menos degradados, el Planeta en su conjunto todavía conservaba al final de esa segunda etapa intacta su atmósfera, sus mares y, en grandes extensiones, sus suelos y sus masas forestales. El Planeta permanecía en un estado quasi natural en su conjunto.

La tercera fase empieza a dar sus primeros pasos a finales del XVIII y principios del XIX; es la *revolución industrial* y, posteriormente, la agrícola, cuya evolución todavía no ha terminado. Como consecuencia surgen las fábricas con sus potentes chimeneas lanzando humos a la atmósfera y aguas sucias y desechos a los ríos, se utilizan diariamente cantidades ingentes de combustibles naturales que degradan la atmósfera, aparecen combustibles nuevos (los radioactivos) de alto poder contaminante que, vehiculados a través de la atmósfera, son capaces de propagar sus eventuales acciones degradantes (de fuerza y trascendencia insospechadas) a vastas extensiones del Planeta por alejadas que estén de los lugares de emisión. Y, lo que es peor, todo esto nace y se desarrolla como un signo de progreso y prosperidad.

Las industrias empiezan a montarse allí donde hay mano de obra barata, materias primas o allí donde éstas pueden llegar con facilidad (frecuentemente determinados lugares costeros). La mano de obra se acerca a las fábricas y a las minas y nacen así grandes núcleos de población a su alrededor que logran concentrar cientos de miles de seres humanos en un reducido espacio. La Humanidad sigue creciendo; en 1800 somos ya 900 millones de seres los que poblamos el Planeta, frente a los apenas 150 millones que se supone que había en la época de Cristo. En el momento actual sobrepasamos los 4.500 millones.

Paralelamente al desarrollo industrial nace la necesidad de una *agricultura* de alto rendimiento que requiere la utilización generalizada de fertilizantes, plaguicidas, pesticidas... todos ellos de alto poder contaminante, no sólo para las aguas de la biosfera sino también para amplios colectivos de seres, tanto terrestres como acuáticos.

La industria y la agricultura empiezan a exigir cantidades ingentes de agua y, en consecuencia, el hombre empieza a utilizar de forma exhaustiva los acuíferos y los cauces. Hidrosfera y atmósfera se convierten en los dos grandes vertederos del Planeta.

Hay países enteros en los que el medio natural apenas puede ser ya reconocido.

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. Algunas 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.

La destrucción permanente del bosque puede achacarse también al tradicional pastoreo de cabras, actividad presente en toda la región. Favorecidas por la capacidad de alimentarse de las hojas y ramas de la maquia, que ovejas y otros animales domésticos no pueden digerir, las cabras consumían también plantones de árboles impidiendo de esta manera la necesaria regeneración del bosque. En Dalmacia y en otras regiones mediterráneas donde tras la guerra se aprobaron leyes que obligan a tener las cabras atadas y prohíben que éstas pasten libremente, se constata actualmente la recuperación del bosque allí donde subsisten extensiones de suelo.

La deforestación se inició en el norte de Europa en un periodo posterior y ha tenido menos efectos irreversibles en comparación con la región mediterránea. Los grupos tribales que se adentraban en los bosques situados al norte de los Alpes limitaban sus talas principalmente a los hayedos abiertos asociados a depósitos eólicos de loess, donde los suelos eran más fértiles para la agricultura y la facilidad para cazar y recolectar semillas comestibles proporcionaba mayores fuentes directas de alimentación con respecto a otros sectores del bosque mixto. No fue hasta la caída del Imperio romano que un aumento de la población condujo a talas forestales más extensas sobre antiguo suelo residual y morrenas glaciales.

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 reciente-

mente, 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.

Los bosques proporcionan una gran diversidad de beneficios. Debido a la gran cantidad de biomasa que caracteriza a este ecosistema, los bosques son capaces de crear su propio microclima, influir en las condiciones climáticas generales, mejorar la calidad del aire y del agua y amortiguar los impactos de la contaminación urbana o industrial en el medio ambiente. Los bosques aluviales no sólo actúan como «trampas de nutrientes» que acumulan nitrógeno, carbono y fósforo, sino que también proporcionan protección natural a las orillas de los ríos frente a la erosión. Los bosques tienen también un gran valor para las actividades recreativas y el mantenimiento sostenible de las reservas de agua subterránea, asegurando el abastecimiento de agua a largo plazo. Es más, los bosques desempeñan una función crucial al proporcionar protección natural contra la erosión y los aludes en los terrenos montañosos. Todas estas funciones pueden considerarse tan importantes como el suministro de madera y celulosa, o incluso más.

En términos de conservación de la naturaleza, los bosques, especialmente aquellos que se mantienen en condiciones naturales o seminaturales, representan fielmente la vegetación natural potencial, ofreciendo hábitats adecuados para los invertebrados y las aves, así como refugios naturales para muchas especies silvestres, entre ellas los mamíferos de mayor tamaño que en otro tiempo fueron característicos de los bosques europeos.

Factores de riesgo para los hábitats Teniendo en cuenta las prácticas antiguas y actuales relacionadas con el uso de la tierra, no es sorprendente que los ecosistemas forestales naturales maduros, con una elevada diversidad de flora y fauna, sean muy raros en Europa. 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 hábi-

tat a consecuencia de su excesiva explotación, el fuego y el sobrepaseoreo, 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 50 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 intenso 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.

Hoy en día, es crítica la situación de muchas especies autóctonas propias del monte bajo, los prados y pastizales, hecho que no puede seguir ignorándose. Ejemplos de especies amenazadas son la gramínea *Gaudinia hispanica*, el cardo sardo *Lamyropsis microcephala*, la mariposa hormiguera de lunares (*Maculinea alcon*), la lagartija balear (*Podarcis lilfordi*), la víbora de Orsini (*Vípera rakosiensis*), el sisón (*Tetrax tetrax*), la avutarda (*Otis tarda*) y el lince ibérico (*Lynx pardina*). Las poblaciones de avutarda han sufrido una rápida disminución en Europa central y oriental y si prosigue la tendencia actual, podría estar a punto de producirse un colapso similar en su baluarte de la Península Ibérica.

Desde principios del decenio de 1980, los prados y pastizales y los brezales parecen haberse beneficiado de un cambio en las políticas agrarias. En Alemania e Italia, la reforma de la política comunitaria ya ha liberado más de 300.000 ha de tierra roturable para su posible conversión a pastos en las tierras bajas (programa de «retirada»). Aunque estas medidas recibieron en un principio una buena acogida al considerarse una oportunidad para aumentar los valores ecológicos de esas zonas, pueden tener también impactos negativos. Las iniciativas con mayor potencial de causar daño son: el abandono de los sistemas tradicionales y las formas inadecuadas de silvicultura y reforestación. Aunque en España las «áreas menos favorecidas» ocupan una superficie de 17 millones de hectáreas (más del 60 por ciento de la superficie agrícola), la Comunidad Autónoma de Castilla y León está desarrollando planes zonales agro-ambientales que tendrían como resultado la conservación de, como mínimo, 1,5 millones de hectáreas de hábitats de estepas y pastos secos. Sin embargo, el futuro global de los prados y pastizales afectados por el programa de «retirada» sigue siendo incierto.

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.

No debemos olvidar que los ríos soportan una compleja diversidad de hábitats que, en condiciones naturales, exhiben variabilidad, así como cambios tanto estacionales como permanentes. Estos cambios son el resultado de diferencias en el clima y en otros factores ambientales que controlan la cantidad y distribución de la escorrentía disponible, la geomorfología (que gobierna la intensidad de los caudales y la forma en que interactúan los cauces y las avenidas) y la geología (que determina el carácter de los sedimentos y las condiciones del substrato).

En este sentido, podemos afirmar que el deterioro actual del medio ambiente a través de la contaminación de las aguas (oceánicas y continentales), de los suelos y del aire atmosférico es tan grave e intenso como sutil. Los que ya hemos cumplido los cuarenta, y sobre todo los que hemos pasado nuestra infancia en el medio rural podemos recordar la despreocupación con la que se podía uno bañar, y beber agua incluso, en cualquier río.

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 entre 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 los 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; algu-

nas 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 ${}_{16}O$, la molécula de agua más frecuente en la naturaleza es la ${}_{1}H_2{}_{16}O$.

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 ${}_{1}H_{180}{}_{16}O$.

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:

crystalitos 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 mas 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 ($CO_3 H^-$) 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.

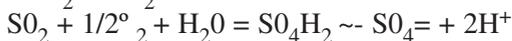
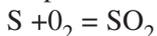
Hagamos un recorrido a las diferentes fases del ciclo hidrológico y veamos cuáles son esas nuevas circunstancias que hacen perder a las aguas su calificación de naturales para pasar a ser aguas contaminadas, es decir, con contenidos químicos y propiedades fisicoquímicas de origen antrópico no deseables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

Como consecuencia de esas actividades la condensación del vapor atmosférico (que luego generará las precipitaciones) se ve afectada por la presencia de una mayor densidad y variedad de núcleos, cuya consecuencia más inmediata es la notable mineralización de las aguas de lluvia de esas zonas y sobre todo su fuerte acidez.

El mayor enriquecimiento en CO₂ del aire atmosférico trae como consecuencia un sensible aumento de pH del agua, pero son sobre todo las emanaciones de azu-

fre (S) y SO_2 procedentes de las combustiones del carbón y derivados del petróleo las responsables de esa disminución del pH, a través de las reacciones:



El incremento del contenido en CO_2 y en especial los elevados niveles de S y SO_2 proporcionan a las aguas de lluvia una elevadísima acidez, que frecuentemente llega a alcanzar valores de pH inferiores a 4, e incluso a 3.

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 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.
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 considerables 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. Estos lagos suelen ser ricos en nutrientes como consecuencia de las diversas actividades que desarrolla el ser humano dentro de sus áreas de captación. Existe también una categoría mesotrófica intermedia. La vegetación acuática, desde el plancton microscópico hasta las plantas sumergidas que arraigan en los sedimentos del lago, sirven como fuente de alimentos para el ecosistema lacustre. El tipo de vegetación y su productividad están controlados, no sólo por la intensidad luminosa y la temperatura, sino también por la disponibilidad de nutrientes, en particular de nitrógeno y fósforo. El aporte de estos nutrientes en condiciones naturales depende de las características climáticas, geológicas, edafológicas y vegetales de las áreas de captación. En la mayoría de los casos, estas características han sufrido modificaciones diversas por las prácticas del uso de la tierra y otros cambios medioambientales inducidos por el hombre, que pueden amenazar o dañar seriamente los ecosistemas de las zonas húmedas.

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.

El fenómeno del enriquecimiento acelerado de nutrientes (eutrofización) se produce cuando las áreas de captación de los lagos se encuentran en zonas cultivadas o densamente pobladas. Es consecuencia de la agricultura intensiva, las actividades piscícolas y el vertido de aguas residuales. El resultado es un aumento de la producción de fitoplancton y la degradación microbiana, con la consiguiente desoxigenación del agua, la producción de toxinas y el deterioro general del valor de conservación de la vida silvestre. El ejemplo del lago sueco Homborgasjön (véase el recuadro 9K) ilustra las posibilidades de emprender la recuperación de un ecosistema lacustre dañado. Los lagos oligotróficos que no han sufrido impactos se encuentran en zonas poco pobladas y con una actividad humana relativamente escasa, como en las zonas de turberas del norte de Escandinavia (véase el recuadro 9L) o en las zonas montañosas. Sin embargo, algunas zonas, especialmente en el sur de Escandinavia, se han visto afectadas por la lluvia ácida, derivada en parte de fuentes industriales alejadas, que ha producido la acidificación de los lagos y la pérdida de poblaciones naturales de animales y plantas.

El marcado aumento de la acidificación de los ríos y Lagos europeos es uno de los problemas medioambientales mejor documentados, especialmente en el sur de Escandinavia. En los decenios de 1950 y 1960, cuando la deposición de azufre alcanzó sus niveles máximos, la tasa de acidificación superó en cientos de veces la de los procesos naturales. Con unos valores de pH acidificado demasiado como para servir de hábitat para los peces. En Noruega, más de 2.000 poblaciones locales de peces se han visto afectadas o destruidas; en Suecia, 21.500 lagos (mayores de 1 hectárea), que en conjunto ocupan una superficie mayor de 3.200 km², tienen baja alcalinidad; y en el sur y el centro de Finlandia, el 42 por ciento de los lagos mayores de 1 hectárea tienen un pH inferior a 5,0. A pesar de la disminución de la contaminación atmosférica durante los últimos veinte años y su amortiguación parcial por medio de acciones paliativas como la adición de cal la acidificación sigue teniendo efectos negativos en los ecosistemas lacustres.

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 reintroduce 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.

Pese a todo, no debemos olvidar que desde 1980 la utilización del agua se ha reducido en algunos países europeos. En la mayoría de los casos la utilización industrial ha disminuido lentamente desde 1980, debido al abandono de algunas industrias que hacían gran uso de ella, en paralelo con el desarrollo de los servicios, el aumento de la eficiencia técnica y la reutilización. Sin embargo, la demanda urbana puede sobrepasar la disponibilidad de agua y en un futuro próximo probable-

mente se registren períodos de escasez hídrica. El suministro futuro de agua también puede verse afectado por el cambio climático.

La agricultura es el principal consumidor de agua en Los países mediterráneos, sobre todo para regar. Tanto la superficie regada como la utilización de agua con ese fin han aumentado constantemente desde 1980. En la Europa meridional el 60% del agua utilizada se emplea para regar. En algunas regiones, la extracción de aguas subterráneas ha sobrepasado la recarga de los acuíferos y ha provocado el descenso del nivel freático, la pérdida de humedales (de interés ecológico) y la intrusión marina. Entre las medidas para controlar la demanda hídrica futura se incluyen la mejor eficiencia del uso del agua, el control de los precios y la política agraria (de ordenación de los recursos, del territorio y de los cultivos).

Pese a la fijación de objetivos sobre calidad del agua en la UE y la atención prestada a este extremo en el Programa de actuación medioambiental para Europa central y oriental, la calidad de los ríos no ha mejorado en general. Los países europeos informan sobre diferentes tendencias sin recurrir a un modelo geográfico consistente. No obstante, desde la década de 1970 se han registrado mejorías en algunos de los ríos más gravemente contaminados.

El nitrógeno y el fósforo continúan causando la eutrofización de las aguas superficiales. Gracias a la mejora del tratamiento de las aguas residuales y a la reducción de las emisiones de las grandes industrias entre 1980 y 1995, el vertido total de fósforo en los ríos ha disminuido entre un 40 y un 60% en varios países. La concentración de fósforo en las aguas superficiales ha descendido de manera significativa, sobre todo en las que estaban más seriamente afectadas. Cabe esperar una mejoría en el futuro inmediato, aunque en el caso de los lagos la recuperación necesitará varios años. La concentración de fósforo en una cuarta parte de los controles fluviales es todavía unas diez veces mayor que la del agua de buena calidad. El nitrógeno, cuya principal fuente es la agricultura, apenas es un problema en los ríos, pero puede causarlos en el mar, por lo que su emisión debe ser controlada para proteger el medio ambiente marino.

La calidad de las aguas subterráneas se ve afectada por el aumento en la concentración de nitratos y pesticidas procedentes de la agricultura. La concentración de nitratos en los países nórdicos europeos es baja, a diferencia de algunos occidentales y orientales, donde se supera con frecuencia la concentración máxima permitida en la UE.

La aplicación de pesticidas en la UE disminuyó entre 1985 y 1995, aunque ello no indique forzosamente la disminución del impacto medioambiental, ya que ha cambiado la gama de los que se utilizan. La concentración de algunos pesticidas en las aguas subterráneas sobrepasa con frecuencia el máximo admisible en la UE. Muchos países han informado de la contaminación por metales pesados, hidrocarburos e hidrocarburos dorados.

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 UE 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 países 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 demo-

gráficas 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 emple-

arse 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 hidroeeficiente 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.

LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas europeas están en peligro y se contaminan por varias vías. Entre los problemas se incluye la contaminación por nitratos, pesticidas, metales pesados e hidrocarburos, que provocan la eutrofización y el impacto tóxico en otras partes del ambiente acuático, y pueden llegar a afectar a la salud humana. Otras fuentes de contaminación y la sobreexplotación también afectan en gran medida a los recursos hídricos subterráneos. En el litoral, el descenso del nivel freático puede provocar la intrusión marina en las aguas subterráneas.

Por otra parte, al tratar de los nitratos suele seleccionarse cuatro bandas de concentración. Las concentraciones hasta 2,3 mg/l de N se consideran próximas a las naturales. El nivel de referencia de 5,6 mg/l de N (25 mg/l de NO), y la concentración máxima admisible de 11,3 mg/l de N (50 mg/l de NO) en el agua destinada al consumo humano de la Directiva de la CEE sobre agua potable (80/7789) definen otras dos bandas de concentración. Los altos niveles de nitratos están causados en su totalidad por las actividades humanas, en particular por el uso de fertilizantes nitrogenados y el estiércol, aunque también puede ser relevante la contaminación local debida a fuentes urbanas o industriales. Entre los países que proporcionan datos, Eslovenia muestra los niveles más altos de nitratos en las aguas subterráneas, con un 50% de los puntos de muestreo con concentración N por encima de 5,6 mg/l. En ocho países se sobrepasa este nivel en un 25% de los puntos; y en uno (Rumania) el nivel de N de 11,3 mg /l es superado en el 35% de los sitios.

Los datos de los controles muestran diversas tendencias en varios países de la Europa Occidental durante la década de los noventa. En algunos países, no parece que la concentración de nitratos haya aumentado en este corto periodo de tiempo, pero probablemente sea prematuro el considerar la situación como estabilizada.

Respecto de los pesticidas decir que en Europa hay registrados para su empleo unos 800 principios activos, aunque en la práctica el principal uso se limita a una pequeña parte de ellos. El control eficaz de los residuos de pesticida en el ambiente resulta complicado y caro. Aunque los fabricantes al registrar las sustancias proporcionan los métodos para su análisis, la capacidad económica y la analítica constituyen en muchos países factores que limitan la producción de información cuantitativa detallada. Muchos pesticidas no se detectan en las aguas subterráneas, simplemente porque no se buscan. Cuando se busca uno en concreto, se suele encontrar, aunque su concentración puede ser inferior al máximo admisible de $0.1 \mu\text{g/l}$ especificado en la Directiva de la CE sobre agua potable (80/778/EEC).

Los pesticidas que se encuentran con mayor frecuencia en las aguas subterráneas son la atracina y la simacina, la primera con concentración mayor de $0.1 \mu\text{g/l}$ en más del 25% de los puntos observados en Eslovenia, entre el 5 y el 25% en Austria, y en algunas regiones de Francia y el Reino Unido. Se ha encontrado desetilatracina con un nivel superior a $0.1 \mu\text{g/l}$ entre el 5 y el 25% de los puntos en Austria y Alemania y en más del 25% en Eslovenia (a atracina, la simacina y la bentazona son herbicidas de amplio espectro que se emplean mucho para usos agrarios, industriales y domésticos. Actualmente, su empleo está siendo fuertemente restringido o prohibido en muchos países).

En resumen, 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.
13. El problema de la contaminación de los sistemas hidrológicos es una de las lacras que actualmente tiene el medio ambiente.

3. A LA MANERA DE CONCLUSIÓN

Aunque el espacio europeo es eminentemente cultural, 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 refe-

rencia fundamental para el desarrollo, entendido éste, no tanto desde una perspectiva económica, sino como un espacio cultural. En definitiva, Europa.

BIBLIOGRAFÍA

- ABENDROTH y LENK, K (1968): *Introducción a la Ciencia Política*, Anagrama, Barcelona.
- AGNEW, J. (1987): *Place and Politics. The Geographical Mediation of State and Society*, Alien and Unwind, Boston.
- 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.
- ABDERSON, B. (1970): *Imagined Communities*, Verso, Londres y New York.
- BARKING, D. y KING, T. (1991): *Desarrollo económico regional (enfoque por cuencas hidrográficas de México)*, Siglo XXI, México.
- ÁGUILA, R. DEL (1997): *Manual de Ciencia Política*, Editorial Trotta, Madrid.
- 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 ZALDIVAR, C. (1996): *Variaciones sobre un mundo en cambio*, Alianza Editorial, Madrid.
- ANGEL, J. (1936): *Géopolitique*, Delagrave, Paris.
- (1936): *Les frontières. Étude de Géographie Politique*, Académie de Droit International. Recueil des Cours 1, t. 55, Paris, pp. 207-295. (Edición posterior prologada por André Siegfried, Gallimard, París, 1938).
- ANDERSON, J. (1978): «Geography, Political, Economy and the State», *Antipode*, volumen 10, nº 2, pp. 87-93.
- ANDERSON, M. (1982): «The Political Problems of Frontier Regions», *West European Politics*, nº 5, pp. 1-17.
- (1996): *Frontiers in Territory and State Formation the Modern World*, Polity Press, Londres.
- ANUARIO ECONÓMICO Y GEOPOLÍTICO MUNDIAL (varios años): «El estado del mundo», Akal, Madrid.
- ANUARIO EL PAÍS (varios años): Ediciones El País, Madrid.
- ANUARIO INTERNACIONAL CIDOB (varios años): Fundación CIDOB, Barcelona.
- ARFE (Asociación de Regiones Fronterizas Europeas) y COMISIÓN EUROPEA (1997): *Guía práctica de la cooperación transfronteriza*, Gronau.
- AZQUETA, D. (1994): «Economía, medio ambiente y economía ambiental», *Revista Española de Economía*.
- (1994): *Valoración económica de la calidad ambiental*, McGraw-Hil, Madrid.
- 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.

- BIRKS, J. S. y LETTS, S. E. (1977): «Díqal and Iluqayda: Dying Oasis in Arabia», *Tesq*, 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.
- BOR, M. (1970): *Objetivos y métodos de la planificación soviética*, Ciencia Nueva, Madrid.
- BOISIER, S. (1993): «Descentralización en Chile: antecedentes, situación actual y desafíos futuros», *Contribuciones*, nº 4. Fundación K. Adenauer/CIEDLA, Buenos Aires.
- (1996): «En busca de esquivo desenvolvimiento regional: entre a caixa-preta e o projeto político», *Planejamento e Políticas Públicas*, 13, IPEA, Brasilia.
- (1996): «La construcción intelectual del regionalismo latinoamericano», *Nova Economía*, vol. 4, 1. Cedeplar, Belo Horizonte, Brasil.
- (1997): «América Latina: entre la centralización y la descentralización», *Locality, State and Development*, ISS, La Haya.
- (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.
- BOURDIEU, P. (1997): «Symbolic Power», *Critique of Anthropology*, 13/14, Sage Publications, Londres.
- (1993): *Las cosas dichas*, Gedisa Editorial, Barcelona.
- BORDE, J. y SANTANA AGUILAR, R. (1980): *Le Chile. La terre et les homifies*, CNRS, Paris.
- BORNE, W. D. (1970): *Historia y estructura de la población mundial*, Istmo, Madrid.
- BOUQUEREL, J. (1970): *Le Gabon*, PUF, Paris.
- BRAND, D. (1982): *L'Union Soviétique*, 2ª edición, Sirey, Paris.
- 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.
- BNISSEAU-LOAIZA, J. (1982): *Le Venezuela*, PUF, Paris.
- 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 Thaïlande, 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 á 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): «Inmigration 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.
- 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.
- 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.
- CHRISTENSEN, P. P. (1989): «Historical Roots for Ecological Economics», *Ecological Economics*, nº 1(1).
- 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.
- DE CASTRO, I. E. (1994): «Visibilidade da Regiao e do Regionalismo. A Escala Brasileira en Questao», *Integração, Regiao e Regionalismo*, Editora Bertrans 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).
- ESTEBANEZ, J. (2000): *Globalización, espacio y geografía*, Madrid, Editorial Complutense, vol. I, pp. 269-285.
- FAUSTMANN, M. (1849): «On the Determination of the value Which Forest land and Immature Stands pose for Forestry», *Martin Faustmann and the Evolution of Discounted Cash Flow*, Oxford Institute.
- FERNANDEZ DIAZ, A. y MATEOS, N. (1999): «Política económica y medio ambiente: una reconsideración», *Fundamentos y papel actual de la política Económica*, Pirámide, Madrid.
- GOMEZ, C. M. (1998): «La gestión económica de los recursos naturales y sus críticos», *Revista Asturiana de Economía*, nº 13.
- 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, nº 10, marzo.
- INTERVIEW WITH CHEN XIWEN (Reported by Chen Xiao y Zhang Xiaogan) (1991): «Surplus workers in the spotlight», *China Daily*, 21 de Julio.
- 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.
- LARDY, N. (1983): «Agriculture in China», *Modern Economic Development*, Cambridge University Press, Cambridge.
- LARDY, N. (1999): *Foreign Trade and Economic Reform in China, 1978-1998*, Cambridge University Press, Cambridge.
- LI, J. (1992): *Several viewpoints on the present economic situation and the 1993 development trend*, Chinese Academy of Social Sciences Press.
- LI, N. (1993): «China Moves Closer to GATT», *Beijing Review*, 8-14 de Febrero, 36:6, pp.13-15.
- LIANG, C. (1993): «7 cities chosen as pilot for real estate», *China Daily*, 4 de mayo, p. 3.
- LEEMING, F. (1985): *Rural China today*, London-New York, p. 202.
- LEMOINE, F. (1986): *L'économie chinoise*, La Découverte, Paris.

- 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*, nº 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.
- RACINE, J. (1986): *Calcuta*, Edition de la Maison des Sciences de l'Honune, Paris, p. 500.
- REY MEJÍAS, C (2002): «Indicadores de sostenibilidad ambiental», *Observatorio Medioambiental*, nº 5, Universidad Complutense. Madrid.
- ROMERO, C. (1994): *Economía de los recursos ambientales y naturales*, Alianza Economía, Madrid.
- SOTELO, J. A. (2000): *Regional Development Models.*, Oxford University Press, 195 pp.
- SOTELO, J. A. (2000): *Desarrollo y Medio Ambiente en España*, Madrid, INFODAL, 285 pp.
- SOTELO, J. A. (2001): *Estudiar la Región.*, Madrid., INFODAL., 290 pp.
- SOTELO, J. A. (2001): *Environmental Europe.*, Londres, Oxford U.P.
- SOTELO, J. A. (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», *Economica*, 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 2001: 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*.