EL TIEMPO Y EL CLIMA COMO CONDICIONANTES DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

© Francisco Javier Valera Bernal

El tiempo y el clima pueden convertirse en condicionantes de las actividades humanas, llegando a "afectar al vigor y capacidad productiva, mental y física de la población activa" (Bielza de Ory, 1984).

Las condiciones extremas de temperatura y humedad dificultan e incluso impiden las actividades laborales e intelectuales. Según O. Dollfus, existe el caso de la adaptación de unas poblaciones que viven en regiones de clima "dificilísimo", helado, tórrido, muy seco o muy húmedo en las franjas del ecúmene. Los siguientes ejemplos pueden servir de muestra: los esquimales tienen que habituarse a la larga noche invernal y a soportar grandes fríos; los regheibat, grandes nómadas del oeste sahariano, soportan un aire muy seco y unas temperaturas superiores a las del cuerpo; los aymará del altiplano peruano-boliviano, que viven a más de 3.800 m. de altitud, tienen que adaptarse a ella. Todos ellos experimentan modificaciones patológicas y fisiológicas, porque el hombre, como los demás seres vivos, ha de adaptarse a los límites impuestos por las condiciones climáticas -en este caso "dificilísimas"- y a las distintas sensaciones que su organismo ha de soportar (Fernández García, 1995).

Pero, ¿cuáles son entonces los elementos del clima que intervienen en el organismo humano? -se pregunta P. Pagney-. Por un lado la presión atmosférica y sus variaciones altitudinales desempeñan su papel (vértigo en las ascensiones), y también la radiación solar (el hombre vive bajo el ritmo de la alternancia del día y la noche). La temperatura ejerce igualmente su acción: el funcionamiento del organismo humano depende ciertamente del mantenimiento de una temperatura interna de aproximadamente 37°, temperatura independiente de las variaciones exteriores. Sin embargo, las olas de calor pueden provocar accidentes mortales. La humedad impone, por otra parte, en el organismo un determinado estado de adaptación o de resistencia. Las turbulencias atmosféricas junto a otros elementos climáticos inciden también en el organismo humano.

Esas condiciones a las que se refería Dollfus se dan en climas polares, ecuatoriales y desérticos y evidentemente dificultan no sólo las actividades, sino la propia vida, ya que esos ambientes climáticos pueden provocar enfermedades. Destaquemos las específicas del dominio tropical (paludismo, amibiasis variadas, filariosis, malaria, bilharziosis, anquilostomiasis, etc.), a las que hay que añadir las enfermedades carenciales (avitaminosis). Pero estas enfermedades -algunas epidémicas y endémicas- no impiden que ciertas regiones tropicales figuren entre las más pobladas del mundo (Dollfus, 1975).

Todo lo comentado nos lleva a explicar que una gran parte de la población del planeta, por causas de tipo físico y singularmente climático, se asienta en zonas climáticas templadas y en algunas tropicales, mientras que otras están completamente vacías -áreas anecuménicas- (polos, desiertos, alta montaña).

Ahora bien, a veces se ha abusado al relacionar clima y nivel de las actividades humanas hasta el punto de caer en ciertos determinismos. En este sentido cabe recordar que el determinismo geográfico supone que la libertad del

hombre está dirigida en grado de mayor o menor necesidad por los factores del medio físico, que ejercen una influencia directa en la constitución física y moral del hombre individual y social. Históricamente fue muy importante la aportación de F. Ratzel (1844-1904) que, conociendo la obra de Darwin, trasvasó conceptos de éste a su "Geografía humana", marcadamente ecológica. En su obra "Antropogeografía", intentó aplicar los métodos de la ciencia natural dentro de la Geografía humana y señaló que los hombres viven bajo las leyes de la Naturaleza, considerando que las formas culturales eran el resultado de las condiciones del medio natural. A pesar de su determinismo, no cabe duda que intentó demostrar que tanto los fenómenos culturales como los naturales pueden someterse a un estudio científico. Su influencia en Estados Unidos fue enorme, sobre todo en geógrafos como Huntington¹, quien abordó el determinismo climático. Huntington hizo investigaciones para demostrar una relación causal entre ciertos climas que según él, estimulaban la actividad humana y áreas del mundo que poseían lo que él llamaba "altísimas civilizaciones". Para este geógrafo, el "clima ideal" para la actividad mental y física era semejante a un clima marítimo e incluía aspectos de los climas continentales húmedos con veranos cálidos e inviernos fríos. Con ello apreciaba una estrecha relación entre el clima y la civilización, y el clima y la actividad mental y física. En esta línea, otros geógrafos quisieron demostrar una relación causal entre ciertos climas templado-fríos, que estimulaban la actividad humana, y las elevadas civilizaciones actuales del Noroeste de Europa y sus proyecciones en Norteamérica, Sudáfrica y Australia; pero ello no explica el que en otras épocas históricas los máximos niveles de civilización se dieran bajo otros climas como el mediterráneo.

El factor clima en su incidencia directa sobre la actividad laboral, y no digamos intelectual, va decreciendo en la medida en que el hombre puede modificar las condiciones ambientales de su entorno mediante el vestido y la vivienda (Fdez. García, 1995). Estaríamos entonces ante lo que se ha llamado posibilismo. El determinismo geográfico dejó paso desde finales del s. XIX al llamado posibilismo², según el cual el medio físico no determina las actividades humanas, sino que simplemente les ofrece posibilidades, que el hombre, como ser libre, utiliza o desaprovecha. El impulsor de esta tendencia fue el francés Paul Vidal de la Blache (1845-1918), que no separa el medio del hombre. Para él, el hombre y la naturaleza se interpenetran a lo largo del tiempo y constituyen un todo. Su obra fue básica para comprender el paradigma regional. El hombre puede generar microclimas que le faciliten unas condiciones de vida adecuada en las ciudades, en las viviendas -aparte el vestido-, en las naves industriales, etc.

El tiempo y el clima influyen también en actividades económicas como en los transportes y en las vías y medios de comunicación. Aparte las dificultades geológicas y geomorfológicas que durante la historia se han salvado para trazar los grandes ejes viarios y de comunicaciones, es necesario recordar que, por ejemplo, los hielos invernales de latitudes medias y polares pueden interrumpir el tráfico marítimo, fluvial y terrestre; las nieblas hacen difícil el aterrizaje de los aviones; las lluvias torrenciales por borrascas de capas altas o de altura ("gota fría") producidas en el Levante español pueden dificultar los transportes y causar

¹ Considera el clima como factor decisivo para la salud, que determina la eficacia física y mental. Considera también que el clima cambia constantemente y es responsable del desarrollo y decadencia de las civilizaciones, de su distribución terrestre y de sus destinos.

² Lucien Fevre

catástrofes, etc. En este sentido se debe apuntar que en la actualidad se está desarrollando la Climatología aplicada o Climatología ambiental (Sala y Batalla, 1996), a la que después me referiré. Su principal característica es su aplicabilidad social, tanto para dar respuesta a las catástrofes naturales de origen climático (inundaciones, desertización, etc, como para plantear soluciones en el ámbito urbano e industrial (contaminación atmosférica), en la agricultura y en las modificaciones microclimáticas. Como vemos, su objeto de estudio se enfoca hacia la incidencia del medio sobre el hombre, pero mucho más al impacto que el hombre crea sobre el medio ambiente y su degradación.

Aparte de los tipos de tiempo concretos, el clima influye, en combinación con otros componentes del medio como la vegetación y el suelo, en las propias actividades productivas, tales como la agricultura, la ganadería y la silvicultura. La influencia del clima en la agricultura y en la explotación forestal se manifiesta a través de sus elementos (temperaturas, precipitaciones, vientos, etc,) de un modo absoluto o relativo. De modo absoluto, el clima en condiciones extremas (clima polar o desértico) llega a hacer inviable el funcionamiento de los ciclos vegetativos de las plantas, impidiendo la práctica de la agricultura y de la silvicultura. De modo relativo, el clima limita el ámbito ecológico de cada una de las distintas especies vegetales. Cada planta tiene un óptimo climático bajo el que se desarrolla plenamente. A medida que nos alejamos de dicho óptimo, las condiciones de vida se tornan más difíciles hasta hacerse imposible la existencia de la especie.

Los intentos por establecer de forma sistemática las relaciones entre el clima y la vegetación, han adquirido un gran desarrollo desde comienzos del siglo pasado y han dado lugar a la consolidación de la Fitoclimatología y la Agroclimatología como dos ramas de la Climatología con entidad propia.

La Fitoclimatología puede ser considerada como la rama de la Bioclimatología que trata de poner de manifiesto las relaciones entre el clima y la vegetación natural; la Agroclimatología trata de poner de manifiesto las relaciones entre el clima y los cultivos. El método consiste en la elaboración de índices más o menos complejos, tendentes a evaluar el tipo y características de las relaciones antes mencionadas. Los *índices fitoclimáticos y agroclimáticos* pueden ser definidos, siguiendo a Gandullo (1985), como las relaciones numéricas entre distintos elementos del clima, con el objeto de cuantificar la influencia de éste sobre las comunidades vegetales. En unos casos, el objetivo del índice es evaluar el clima como factor limitante, en otros se tiende a poner de manifiesto las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de una comunidad vegetal. Los principales elementos climáticos que actúan sobre las plantas son la temperatura, la luz y el agua. En este sentido y hablando de índices, hay uno que puede ser interesante destacar: se trata del índice de aridez de Gaussen (1952), que considera que un mes es árido cuando las precipitaciones en milímetros son inferiores al doble de las temperaturas ($P < 2t$). La extraordinaria sencillez del método y su empleo en forma gráfica, en el llamado diagrama ombrotérmico (procedimiento básico de trabajo en climatología junto a otros gráficos como el climodiagrama y el climograma), han sido las razones de la aceptación del mismo, aún hoy utilizado como indicador del período seco en el ámbito mediterráneo. Este índice sufrió algunas modificaciones por parte de los alemanes Walter y Lieth, que introdujeron diez tipos de ombroclimas. La novedad más importante consiste en la introducción de una nueva escala e las precipitaciones, con la relación uno a tres, que permite diferenciar los meses

subsecos, como aquellos en los que la precipitación es inferior a tres veces la temperatura media. Además, confeccionaron un atlas mundial de los climas³. A estos índices habría que añadir otros índices climáticos como los de potencialidad productiva forestal y agrícola (Patterson y González Vázquez; Gandullo y Serrada; Turc), que han servido de base para la confección de "Atlas de productividad forestal" y del "Atlas agroclimático nacional de España". En cuanto a las clasificaciones agroclimáticas cabe destacar la de Papadakis (1962), quien en su obra "Geografía agrícola mundial" abordó la influencia del medio natural sobre los cultivos. Su clasificación climática tuvo gran divulgación en España tras su empleo en el "Atlas agroclimático", confeccionado por León Llamazares en 1979. Papadakis establece la naturaleza y posibilidades de un clima en función de los cultivos que en él pueden vegetar. Otras clasificaciones destacadas serían la bioclimática de la UNESCO -climas cálidos y templado-cálidos xéricos (con algún mes seco), axéricos (con todos los meses secos) y bixéricos (cuando la estación seca aparece distribuida en dos períodos)-, la de Thornthwaite, y la de Allue Andrade -pisos bioclimáticos según altitud y latitud-.

Después de esta aproximación a la Climatología aplicada a la vegetación y a la agricultura, es preciso recordar que cuando estudiamos los paisajes agrarios, siempre hacemos alusión a las zonas climáticas. Por tanto, podemos hablar de paisajes agrarios de la zona intertropical y templada fundamentalmente y hacer una clasificación de los mismos según los climas que en ellas aparecen.

La influencia del clima sobre la ganadería resulta menor que en el caso comentado de la agricultura o la silvicultura ya que las especies animales tienen una mayor capacidad de adaptación y, sobre todo, gozan de una movilidad que les permite acomodarse al ritmo estacional de los climas. Sin embargo hay también un límite absoluto y otro relativo impuesto por el clima a cada especie animal.

Las actividades productivas del sector secundario y terciario se ven afectadas en la medida en que el hombre las realiza hoy día fundamentalmente en los núcleos urbanos -industria ligera y servicios-. En estas ciudades se han generado por diversas causas -sobre todo humanas- climas locales y microclimas que influyen en estas actividades, en los niveles de confortabilidad humana y en la calidad de vida. Aunque hay que decir que, en este caso, es el hombre, quien con el progreso, ha dado lugar a ese tipo de climas, climas que se vuelven en su contra y hacia los que hay que dirigir los objetivos de la Climatología ambiental, que estudia el medio ambiente físico y el medio ambiente humano.

Desde el punto de vista de la degradación del medio natural, el negativo impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente natural es un hecho relativamente reciente. La acción humana ha afectado a diversos componentes del medio ambiente natural: suelos, agua, aire, paisaje natural, etc, porque "el hombre es un agente modificador del medio natural desde su misma aparición sobre la Tierra" (Cáncer, 1999)⁴. Por su parte, la contaminación atmosférica es la que está produciendo mayores efectos sobre la salud humana: contaminantes carbonatados, sulfurados y nitrogenados; exceso de ozono en superficie, partículas sólidas en el aire. Para medir su incidencia se han establecido estándares con valores de concentración e índices para su medición como el ORAQI. Además hay que tener en cuenta los *factores meteorológicos* de esa contaminación atmosférica e interesa considerar a tres, ligados al movimiento del

³ Klimadiagramm Weltatlas, 1960

⁴ Cáncer Pomar, L.A. (1999): *La degradación y la protección del paisaje*. Madrid, Cátedra, p. 85

aire: los vientos dominantes, la turbulencia atmosférica y las corrientes verticales. Entre los *factores climatológicos* podemos destacar el efecto invernadero, la lluvia ácida y la problemática de la capa de ozono.

Por lo que se refiere al medio ambiente humano, tradicionalmente, el hombre ha utilizado el medio físico en provecho propio. En un principio, su influencia sobre el medio ambiente era poco apreciable, pero, progresivamente, con el incremento de la población y el avance industrial y tecnológico, la actividad humana ha originado graves problemas ambientales. La interacción clima-contaminación es muy grande, puesto que si determinadas condiciones climáticas agudizan los niveles de contaminación (inversiones térmicas, situaciones anticiclónicas) a ayudan a su dispersión (vientos, lluvias), también es cierto que la contaminación contribuye a la introducción de nuevas características microclimáticas, favorecidas por factores como la producción de calor, la alteración de las superficies y la modificación de la composición atmosférica. Dicho de otro modo, la emisión de contaminantes a la atmósfera origina cambios en el sistema, básicamente por lo que respecta a los balances de energía, que afectan al comportamiento de algunos elementos del clima. Estas alteraciones pueden realizarse a escala local, en las áreas productoras de los contaminantes, o a escala global, en cuyo caso el cambio climático afecta a la totalidad del sistema atmosférico (López Bonillo, 1997)⁵.

Destaquemos el sector del turismo como uno de los más viables y rentables en la actualidad, sobre todo en algunos países. En este caso, el clima como recurso turístico presenta una serie de connotaciones específicas de las cuales las tres más importantes son (Besançon, 1990):

- Es una riqueza permanente y renovable.
- Se encuentra muy desigualmente repartida.
- No es ni transportable ni almacenable, por lo que el consumidor tiene que desplazarse.

El turismo está afectado a corto plazo por el tiempo que hace, a largo plazo por el clima, definido como la serie de los estados sucesivos de la atmósfera. En general, y teniendo en cuenta el uso que hacen del clima la mayor parte de las personas, las exigencias fundamentales son: el soleamiento, la ausencia de precipitación diurna y, en definitiva, el confort en sentido fisiológico, es decir, el reposo del organismo en relación a la agresión exterior. Hay que definir y evaluar las condiciones o potencialidad climática de una determinada zona o lugar para que ésta sea rentable económicamente y que los servicios que ofrece no queden frenados por unas condiciones meteorológicas adversas. Los objetivos tratan de potenciar las variables que de manera más acusada influyen en el turismo:

- Para el turismo costero y estival las variables climáticas más representativas son: las temperaturas, la duración de la insolación y la ausencia o presencia de las precipitaciones.
- En otros casos se intenta evaluar las posibilidades del clima para las actividades al aire libre en general, y en otros, menos extendidos, se elaboran índices más específicos relacionados con la climoterapia (que recomienda al hombre lugares por su clima).

Hemos visto cómo reacciona el organismo del hombre al estar en contacto permanente con el ambiente climático, cómo se adapta a sus condiciones y

⁵ López Bonillo, D. (1997): *El medio ambiente*. Madrid, Cátedra, p. 165

cómo, incluso, las modifica creando otras condiciones de vida mejores para él y para sus actividades. Cuando abordamos el estudio de las interdependencias vitales entre el hombre y el clima estamos hablando de Bioclimatología humana. El hombre, desde antiguo, ha sido consciente de su influencia sobre el medio, y todos los pueblos, todas las civilizaciones han mostrado especial interés en definir las condiciones más favorables para la salud y el bienestar de las personas, buscando emplazamientos favorables y diseñando sus casas de acuerdo con las características del medio. Nos referiremos ahora a lo que denominamos bienestar climático: el clima tiene un gran interés, tanto por sus efectos directos como indirectos y, así, el hombre, a través de su conocimiento, intenta prevenir sus influencias negativas y aprovechar sus efectos beneficiosos. Las características climáticas tienen unas importantes repercusiones sobre los seres vivos, produciendo en el hombre diferentes sensaciones y, en muchos casos, condicionamientos a todos los niveles. Estos hechos son estudiados por la Bioclimatología y la Biometeorología, cuyos principales objetivos se centran en determinar la influencia de la atmósfera y sus fluctuaciones en el bienestar térmico del hombre, en relacionar el concepto de bienestar climático con fenómenos fisiopatológicos y en aprovechar los efectos beneficiosos del clima para la salud humana (climoterapia), puesto que la experiencia demuestra que el tiempo atmosférico influye en la distribución de las enfermedades.

El desarrollo tecnológico, sin embargo, ha favorecido que el hombre olvide cómo construir teniendo en cuenta la naturaleza y el clima. Los conocimientos arquitectónicos y urbanísticos, se exportan como si fuesen objetos de consumo, y los edificios modernos se parecen entre sí en todo el mundo, porque se han diseñado para aislarlos de los fenómenos naturales que se desarrollan en el exterior, confiando gran parte del trabajo a las instalaciones mecánicas. Ante esto, debemos definir el concepto de bienestar o confort y a partir de ahí analizar los mecanismos que lo condicionan y las variables climáticas, fisiológicas y psíquicas que intervienen. Las principales variables climáticas que influyen sobre el confort son la humedad, el movimiento del aire y la radiación, pero, además cabría hablar también de la ubicación y orientación de los edificios según los tipos de clima que les afectan: los edificios se orientarían preferentemente hacia S. y S.E. en regiones frías (se necesita radiación); hacia el S.E. en regiones templadas (depende de la estación y del flujo de los vientos); hacia el S.E. también en regiones cálidas y secas (exceso de calor); y sobre montañas o colinas expuestas al viento y laderas menos expuestas a la insolación como la norte o la sur, en regiones cálidas y húmedas (factor viento e insolación).

Aunque se han llegado a establecer unos índices de confort o bienestar, sus conclusiones deben considerarse como meramente cualitativas. Podemos destacar algunos de estos *índices* como por ejemplo los de *poder de refrigeración* (Hill y Mörikofer), de *incomodidad* (Thom y Tennemaum), de *estrés* de Lee y Henschel, de *enfriamiento por el viento* (Siple), el de Llorente, lo *climático-turísticos* (Clausse y Guerout y Clausse y Rivolier). Además se realizan una serie de clasificaciones a través de diagramas bioclimáticos, entre los que citamos: los psicrométricos (gráfico de Singer y climograma de Taylor), de poder de refrigeración (diagrama de Siple), nomograma de temperatura eficaz, y carta bioclimática de Olgyay.

Hasta ahora hemos hablado del tiempo y del clima como condicionantes de las actividades humanas. Veamos a continuación *cómo el hombre puede incidir en ese medio climático y modificarlo*.

La historia nos ha dicho que la influencia del medio y particularmente el clima sobre las actividades humanas es mayor a medida que los grupos humanos que las desempeñan son más primitivos o subdesarrollados y disponen de técnicas más rudimentarias. Sin embargo, el medio afecta "menos" a grupos humanos más desarrollados o, dicho de otro modo, la influencia de los grupos humanos sobre el medio se incrementa dependiendo de su grado de desarrollo y su nivel tecnológico; de modo que una sociedad evolucionada llega a dominar y transformar el medio o el paisaje, incluso hasta unos extremos en que el paisaje degradado y el medio ambiente contaminado pongan en peligro la propia existencia de dichas sociedades.

En este sentido, el hombre ha sido capaz de ampliar el ámbito ecológico de las especies vegetales y de superar las limitaciones impuestas por el clima: unas veces, seleccionando las plantas hasta conseguir variedades adaptadas a un determinado clima (así se ha conseguido cultivar el trigo en las latitudes más diversas). Otras, luchando directamente contra las adversidades climáticas:

- Contra las deficiencias hídricas (aridez) mediante la irrigación.
- Contra los excesos hídricos mediante el drenaje.
- Contra las deficiencias térmicas (heladas) con la ayuda de una red de estufas (naranjos en Valencia) o fumigando o recubriendo los cultivos con plásticos, o utilizando ventiladores.
- Contra los excesos térmicos evitando la desmedida insolación mediante la sombra aportada por un cultivo protector de mayor altura.
- Contra el fuerte viento se defienden los cultivos delicados a base de barreras de árboles, setos o empalizadas situadas perpendicularmente al viento dominante.

Por otra parte, el hombre ha sabido superar la dependencia de las especies animales respecto al clima en aquellos casos en que ha querido obtener un aprovechamiento ganadero:

- La selección mediante cruce ha aportado razas más resistentes a determinados climas.
- La trashumancia ha permitido adaptarse al ritmo estacional.
- La estabulación ha significado, entre otras cosas, una protección contra las inclemencias del tiempo.

Huntington considera que el clima cambia constantemente y es responsable del desarrollo y decadencia de las civilizaciones, de su distribución terrestre y de sus destinos. Asistimos desde hace unas décadas a fenómenos anómalos en la climatología mundial y ello ha hecho que se hable de *cambio climático*.

La década de los años 80 ha sido calificada como la más anómala del siglo XX, y los acontecimientos meteorológicos acaecidos durante la década de los 90 confirman la continuidad de esas condiciones extremas, e incluso parece que tienden a incrementarse. En estas dos décadas se ha producido en España el período más caluroso desde que existen registros meteorológicos. Estos acontecimientos repercuten en las actividades humanas y el comportamiento de algunos animales -ciertas variedades de trigo prosperan en regiones donde antes no podía cultivarse a causa de los rigores invernales, algunas plagas de insectos se han desplazado a latitudes situadas más al norte de lo que hasta ahora se consideraba su área de difusión, el bacalao se pesca

cada vez en latitudes situadas más hacia el norte- por lo que mucha gente se pregunta si estaremos asistiendo a un cambio de clima.

Los datos meteorológicos disponibles desde hace 150 años no muestran cambios sistemáticos en las precipitaciones medias, sino únicamente secuencias de años más lluviosos o más secos. En cambio, los análisis estadísticos sí que han puesto de manifiesto un aumento de 0,5°C en la temperatura media global durante el siglo XX, debido, sobre todo, al aumento del efecto invernadero causado por el dióxido de carbono de las combustiones.

Se dice que hay un *cambio climático* cuando se produce una variación significativa y permanente de los elementos climáticos (temperatura, humedad, presión del aire, etc.) y que afecta a un amplio espacio geográfico. Se diferencia de la *anomalía climática* en que en esta última la duración de la variación es corta y tras ella se restablecen las condiciones habituales. Así, por ejemplo, se considera anomalía climática la sequía que puede padecer una determinada área geográfica durante unos cuantos años seguidos, mientras que se consideran como verdaderos cambios climáticos la sucesión de períodos glaciares e interglaciares (con duraciones de 100.000 y 10.000 años, respectivamente). La duda entre anomalía y cambio surge en escalas intermedias, como, por ejemplo, la sequía del Sahel africano que se viene produciendo insistentemente desde finales de los años 60.

De cualquier forma, cualquiera que sea la intensidad de las variaciones (en el espacio y en el tiempo), todas ellas están generadas por el peculiar funcionamiento del sistema climático, que es donde hay que buscar la dinámica de estas fluctuaciones.

La diversidad de los climas terrestres es el resultado del funcionamiento del sistema climático, cuyos componentes básicos (atmósfera, hidrosfera, criosfera - *consiste en las regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar. Incluye la Antártida, el Océano Ártico, Groenlandia, el Norte de Canadá, el Norte de Siberia y la mayor parte de las cimas más altas de cadenas montañosas. Juega un rol muy importante en la regulación del clima global. La nieve y el hielo tienen un alto albedo, por ello, algunas partes de la Antártida reflejan hasta un 90% de la radiación solar incidente, comparado con el promedio global que es de un 31%. Sin la criosfera, el albedo global sería considerablemente más bajo, se absorbería más energía a nivel de la superficie terrestre y consecuentemente la temperatura atmosférica sería más alta. También tiene un rol en desconectar la atmósfera con los océanos, reduciendo la transferencia de humedad y de esta manera, estabiliza las transferencias de energía en la atmósfera. Finalmente, su presencia afecta marcadamente el volumen de los océanos y de los niveles globales del mar, cambios en ella, pueden afectar el presupuesto energético del clima*- biosfera y litosfera) se conectan en interacciones complejas, a través de las cuales circula la energía procedente del Sol. Al final del proceso toda la energía entrante en el sistema es devuelta al espacio exterior, con lo cual el sistema climático permanece en equilibrio con el exterior y las temperaturas medias del planeta permanecen constantes.

Este equilibrio se produce a partir de otros desequilibrios producidos entre los distintos componentes del sistema y entre las distintas latitudes. Es, por tanto, un equilibrio dinámico que garantiza la estabilidad de los climas terrestres y determina sus variaciones. Por consiguiente, la estabilidad de los climas actuales tiene sólo una validez temporal, como lo demuestra el hecho de

que el mosaico de climas terrestres tuvo en épocas pasadas una configuración distinta a la actual.

El equilibrio dinámico se consigna a través de flujos de calor y de humedad entre los distintos componentes del sistema y entre las latitudes. El trasvase de calor se produce entre latitudes bajas (excedentarias) y altas (deficitarias), y el trasvase de humedad, entre latitudes bajas y oceánicas (excedentarias) y latitudes altas y continentales (deficitarias). Estos trasvases se producen, fundamentalmente, a través de las circulaciones atmosférica y oceánica, en donde cada una de ellas reacciona ante los cambios producidos en la otra.

Ese equilibrio, que se logra a escala planetaria en un período de tiempo más o menos largo, no impide la aparición coyuntural de fenómenos anómalos, que no son más que reacciones del sistema ante desequilibrios zonales que es preciso corregir. Así, por ejemplo, una fuerte ola de calor en un lugar implica la existencia de una ola de frío en otro lugar, una sequía prolongada en una determinada zona se compensa con lluvias torrenciales en otras zonas, la presión atmosférica en un área varía en relación inversa con la existente en otra área, etc. Estas anomalías compensatorias son precisamente las que garantizan el equilibrio global del sistema.

Hay que tener en cuenta la rapidez con que los distintos componentes del sistema responden a las anomalías: la atmósfera tiene un tiempo de respuesta menor que los océanos, y éstos, a su vez, menor que la criosfera y la litosfera. Tienen una gran importancia los mecanismos de realimentación, que pueden incrementar o atenuar los procesos de cambio.

El cambio climático se produce cuando surge en uno de los componentes del sistema una anomalía de suficiente entidad para alterar su equilibrio, lo cual genera otra anomalía en otro componente, y así sucesivamente, lo que da lugar a un nuevo equilibrio del sistema (Fuentes Yagüe, 2000)⁶.

Numerosas cumbres mundiales sobre la Tierra y sobre el clima se han ido celebrando desde la década de los 70, la última la de Bonn. Los ministros de Energía y de Medio Ambiente de los países asistentes a la Conferencia del Clima en Marrakech han alcanzado un acuerdo para la aplicación del Protocolo de Kioto sobre emisión de gases contaminantes, según informó el ministro de Medio Ambiente, Yves Cochet. Tras una reunión frenética entre las delegaciones de la UE y las del 'Grupo Paraguas' se ha logrado desbloquear la Cumbre.

Este acuerdo comprende las modalidades de aplicación del Protocolo de Kioto y una solicitud rusa de duplicar la cuota del carbono contenido en sus bosques y vegetación, (los sumideros) que se le había concedido durante las negociaciones de Bonn del pasado mes de julio, añadió Cochet. "Hay acuerdo sobre todo y con todo el mundo", subrayó. Según Cochet, Rusia obtuvo los 33 millones de toneladas de carbono que exigía, frente a los 17,6 millones de toneladas que recibió en Bonn. Previamente, el portavoz de la Presidencia de la Unión Europea, el belga Vincent Georis, había indicado que se había conseguido un compromiso global sobre las modalidades de aplicación del Protocolo de Kioto, pero que "según sin resolverse el problema ruso".

Por otra parte, el portavoz europeo advirtió que el compromiso y la

⁶ Fuentes Yagüe, J. L. (2000): Iniciación a la Meteorología y la Climatología. Madrid, Mundi-Prensa.

solicitud rusa deben ser aún adoptados en una sesión plenaria cuyo comienzo está previsto en las últimas horas de la madrugada de hoy. "No hay que descartar giros imprevisibles en la sesión plenaria, advirtió. De confirmarse la adopción del acuerdo en la sesión plenaria, el acuerdo de Marraquech pondrá fin a casi cuatro años de negociaciones destinadas a fijar modalidades de aplicación que permitan a los países industrializados respetar sus cotas de emisión definidas en Kioto, sin comprometer la competitividad de sus industrias.

Los 180 países firmantes del Protocolo de Kioto poseen ahora la herramienta necesaria para iniciar la ratificación parlamentaria en los respectivos países. El Protocolo ha sido ratificado hasta ahora por 40 países no industrializados y Rumania, la única nación que ha ido más allá aunque tenga que reducir sus emisiones.

Para que entre en vigor el Protocolo de Kioto hace falta la ratificación parlamentaria de al menos el 55% de los países firmantes que representen por lo menos el 55% de las emisiones contaminantes que hay que reducir. Se trata de seis gases, el más importante de ellos, el dióxido de carbono que se produce fundamentalmente al quemar combustibles fósiles.

BIBLIOGRAFÍA

- A.A.V.V.(1996): "Métodos y técnicas de la didáctica de la Geografía". *IBER. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*. Barcelona: Grao.
- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. (1991): *El clima y las aguas*. Madrid: Síntesis.
- ARLERY, R., GRISOLLET, H. y GUIMET, B. (1973): *Climatologie*. París: Gauthiers-Villars.
- BALLESTER CRUELLES, M. (1992): *Meteorología*. Madrid: Eudema Universidad.
- BARRY, R. G. y CHORLEY, R. J. (1972): *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona: Omega.
- BIELZA DE ORY, V y OTROS (1994): *Geografía General*. Madrid: Taurus.
- CÁNCER POMAR, L. A. (1999): *La degradación y la protección del paisaje*. Madrid: Cátedra.
- CUADRAT, J. M^a . y PITA, M^a F. (1997): *Climatología*. Madrid: Cátedra.
- CUADRAT, J. M^a . (1985): "Técnicas y comentario de gráficos y mapas sobre aspectos climáticos". *Aspectos didácticos de Geografía 1*. Zaragoza: I.C.E. Universidad de Zaragoza.
- DE BOLÓS, M^a . (1992): *Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones*. Col. de Geografía. Barcelona: Masson.
- DEMANGEOT, J. (1989): *Los medios "naturales" del globo*. Col. de Geografía. Barcelona: Masson.
- DOLLFUS, O. (1975): *El espacio geográfico*. Col. ¿Qué sé? Barcelona: Oikos-tau.
- DURAND-DASTÉS, F.(1972): *Climatología*. Barcelona: Ariel.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995): *Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Síntesis.
- FUENTES YAGÜE, J. L. (2000): *Iniciación a la Meteorología y la Climatología*. Madrid, Mundi-Prensa.
- FLOHN, H. (1968): *Clima y tiempo*. Madrid: Guadarrama.

- GANDULLO, J. M. y SERRADA, R.(1987): "Mapa de productividad forestal de España", en *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Madrid: ICONA.
- GAUSSEN, H. (1933): *Géographie des Plantes*. París: Armand Colin.
- GEORGE, P. (1972): *El medio ambiente*. Col. ¿Qué sé? Barcelona: Oikos-tau.
- GIBBS: "Definiendo el clima". *Boletín de la O.M.M.*, nº 3, 1987.
- GRAVES, N. J. (1985): *La enseñanza de la Geografía*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- HENDERSON-SELLERS, A. y MCGUFFIE, K. (1990): *Introducción a los modelos climáticos*. Barcelona: Omega.
- HUFTY, A. (1984): *Introducción a la climatología*. Barcelona: Ariel.
- JANSÁ J. M^a . (1969): *Curso de climatología*. Madrid: INM.
- KÖPPEN, W. (1923): *Klimakunde 1*. Traducción en 1923.
- LEÓN LLAMAZARES, A. L (1979): *Atlas agroclimático nacional de España*. Madrid: M^o de Agricultura.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.(1988): "Desertificación: Magnitud del problema y estado actual de las investigaciones". *Monografía Sociedad Española de Geomorfología*.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., RUBIO RECIO, J. M. y CUADRAT, J. M^a . (1992): *Geografía Física*. Madrid: Cátedra.
- LÓPEZ BONILLO, D. (1997): *El medio ambiente*. Madrid, Cátedra.
- MARTÍN VIDE, J. (1990): *Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite*. Barcelona: Oikos-tau.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): *Fundamentos de climatología analítica*. Madrid: Síntesis.
- MARTÍN VIDE, J. y OLCINA SANTOS, J. (1996): *Tiempos y climas mundiales*. Barcelona: Oikos-tau.
- MARTONNE E. DE (1964): *Tratado de Geografía física*. Barcelona: Juventud.
- MEDINA, A. (1973): *Iniciación a la meteorología*. Madrid: Paraninfo.
- MILLER, A. (1977): *Meteorología*. Barcelona: Labor.
- MINGORANCE JIMÉNEZ, A. (1989): *Climatología básica*. Madrid: Akal.
- MORENO JIMÉNEZ, A. y MARRÓN GAITE, M^a J. (1995): *Enseñar Geografía. De la teoría a la práctica*. Madrid: Síntesis.
- OLCINA SANTOS, J. (1994): *Riesgos climáticos en la Península Ibérica*. Madrid: Penthalon.
- OLGYAY, V. (1973): *Design with Climate. Bioclimatic approach to Architectural Regionalism*. Princeton: Princeton University Press.
- PAGNEY, P. (1982): *Introducción a la climatología*. Col. ¿Qué sé? Barcelona: Oikos-tau.
- PAPADAKIS, J. (1960): *Geografía agrícola mundial*. B.Aires, Méjico, Caracas, Bogotá, Río de Janeiro: Salvat.
- PÉDÉLABORDE, P. (1970): *Introduction á l'étude scientifique du climat*. París: SEDES.
- PEJENANTE GOÑI, J. (1993): *Conocer, aprender y trabajar. El tiempo y el clima*. Barcelona: Cuadernos Octaedro.
- PLANS SANZ DE BREMOND, P. y FERRER, M. (1993): *Geografía Física. Geografía Humana*. Madrid: EUNSA.
- SALA SANJAUME, M^a . y BATALLA VILLANUEVA, R. J. (1996): *Teoría y métodos en Geografía Física*. Madrid: Síntesis.
- SORRE, M. (1947): *Les fondements de la Géographie Humaine*. París.
- STRAHLER, A. (1977): *Geografía Física*. Barcelona: Omega.
- TANCK, H-J. (1971): *Meteorología*. Madrid: Alianza Editorial.

TOHARIA CORTÉS, M. (1981): *Tiempo y clima*. Col. Aula Abierta. Barcelona: Salvat.

TURC, L.(1961): "Evaluation des besoins en eau d'irrigation, vapotranspiration potentielle". *Ann. Agronom.*

UNESCO-FAO (1963): "Carta bioclimática de la zona mediterránea". *UNESCO-FAO*.

UNESCO-FAO (1979): "Carta de la repartición mundial de las regiones áridas". *UNESCO-FAO*.

VICENT, A. (1969): *La météorologie*. Col. Que sais-je? Paris: P.U.F.

VIERS, G. (1975): *Climatología*. Barcelona: Oikos-tau,.