

EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Luis Vicente GARCÍA MERINO

Antes de plantear la cuestión del cambio climático conviene considerar primero algunos aspectos que condicionan la idea que el público en general puede tener sobre él a causa de la forma en que se difunden los detalles del problema y, sobre todo, del contexto en qué se producen las valoraciones y análisis.

Una ciencia mediática

Sucede que en los últimos tiempos determinados campos de la **ciencia se han convertido en gran medida en «ciencia mediática»**, condicionada por el valor periodístico de sus descubrimientos. Esto se debe, por una parte, a la presión que soportan los científicos para mantener y mejorar su posición en el «ranking» de citaciones, en función de su popularidad y del grado en que sus trabajos son conocidos y valorados y especialmente del número de amigos que les cita *do ut des*; posición de la que depende en gran medida su carrera académica y su prestigio. Esta condición les lleva a dar prioridad a los temas que pueden tener más impacto mediático y, en cierto modo, a correr más de lo que debieran para conseguir resultados impactantes. El problema se extiende a las revistas y publicaciones científicas que acaban sobrevalorando los temas más «populares» y de más impacto. En los tiempos que corren no es popular el trabajo científico callado ni lo retener la publicación hasta que se está completamente seguro. Las universidades, las instituciones y los organismos que financian presionan para que haya resultados anuales y que sean impactantes, de manera que quien opta por el trabajo callado y más aún si el tema sobre el que investiga no es llamativo debe retirarse, *motu proprio* de la competición o le retirarán. Por su parte, la prensa, recoge y transforma las noticias sobre hallazgos científicos de manera que incidan en los aspectos que pueden resultar más atractivos para el público, condicionando de ese modo la forma de entenderlos y las actitudes relacionadas, aunque sea de modo indirecto, con la noticia en cuestión.

Un buen ejemplo de estos problemas es la noticia difundida recientemente sobre el hallazgo, en un lago de Estados Unidos, de unas bacterias capaces de sobrevivir en un medio cargado de arsénico e incorporar ese arsénico a su ADN. Así planteado ese descubrimiento podría tener interés para los biólogos, bioquímicos o genetistas, pero no para el público en general. Para adobar la cuestión, la institución para la que trabajaban los investigadores presentó el hallazgo de forma espectacular, rodeándolo de misterio y sugiriendo su relación con cuestiones mucho más atractivas. Finalmente la prensa presenta la noticia como la apertura de posibilidades para encontrar vida extraterrestre, cuestión para la que el hallazgo ni siquiera abre una hipótesis. El público en general ha leído la noticia entendiéndola como que se han encontrado evidencias de la posibilidad de vida en otros planetas, especialmente en Marte. Las noticias sobre el cambio climático están plagadas de casos muy similares a este.

Un problema científico o una cuestión de ideas radicalizadas

Debido a ese carácter mediático, **las actitudes de la población en general, pero también de los medios, e incluso de los científicos**, con respecto a esta cuestión del cambio climático y a lo que se presenta como un problema con relación al medio, pero también con respecto a toda una serie de temas muy mediatizados como puede ser lo que se ha dado en llamar desarrollo sostenible o, y especialmente, las cuestiones que tocan, aunque sea de forma indirecta, a la identidad local, regional o nacional, **acaban radicalizándose para acabar planteándose como cuestiones ideológicas** en las que hay una ortodoxia y unas herejías, de manera que los individuos, grupos, colectivos, creadores de opinión, etc... adoptan una posición o su contraria: no se admiten actitudes «tibias» o ecuanímes que se entienden, desde uno u otro lado, como concesiones al enemigo. Así desde cada posición se denuesta y desprecia a quienes se atreven a poner en duda cualquier aspecto de lo que considera fundamentos incuestionables de sus ideas. Un ejemplo de esto es el racismo forestal que tiene como enemigo declarado al eucalipto o la cuestión de lo negativos que son los aerogeneradores¹. Atrevase alguien a opinar levemente a favor de los aerogeneradores o de algún detalle relativo a los eucaliptos y será inmediatamente descalificado, incluso por personas a las que se supone suficiente fundamento cultural o científico. Estos radicalismos sin matices que oponen una extrema derecha y una extrema izquierda ecológicas, acaban produciendo caricaturas y de hecho perjudican al problema sobre el que pretenden actuar. Concretamente, en esta cuestión del cambio climático hay toda la gama de tipos propios de una religión, y nunca mejor dicho, porque una parte de la cuestión se basa en creencias: hay, pues, creyentes y escépticos o librepensadores, negacionistas y alarmistas o predicadores de catástrofes. Estos tiempos del cambio de milenio son muy propicios para el catastrofismo que nos asalta con frecuencias desde los medios de comunicación. Recordemos, por ejemplo, entre otras, la ruina de todos los sistemas dependientes de la informática con ocasión de lo que dio en llamar «efecto 2000» o la más reciente de la gripe aviar, que luego han quedado en nada, aunque con notables beneficios para los fabricantes y vendedores de equipos informáticos o para las industrias farmacéuticas. Aunque no podemos dejar de pensar que también en este caso hay intereses económicos tras esas posturas, no solamente relacionados con el petróleo o los combustibles fósiles, también los hay relacionados con las energías renovables.

Esas actitudes en defensa de una ortodoxia para la que cualquier crítica va en perjuicio de los objetivos que se persiguen, se ponen continuamente de manifiesto en el lenguaje que se utiliza cuando se comentan las críticas. Se habla de traición o del perjuicio que representa la publicación de determinados datos con un lenguaje semejante al que utilizaría un grupo político o religioso. Pero, lo que es mas grave, se censura, se demoniza, se ataca y, si se puede, se destruye a los críticos. Es lo que ha sucedido con Donald Rapp, a quien se ha desprestigiado, no porque sus argumentos no fueran ciertos sino acusándole de plagio por haber utilizado y quizá intertextualizado párrafos de un informe (vid. <http://deepclimate.org/2009/12/17/wegman-report-revisited/#more-1273>); o con Judith Curry, que ha tenido la osadía de considerar serias las críticas de

algunos escépticos y se ha atrevido a dialogar con ellos (LEMONICK, 2011). De esta manera la autocensura reduce el número de críticos a los que tienen poco que perder y las concesiones a la ortodoxia de quienes puedan albergar alguna duda son la norma general.

Ecologismo utópico vs. ecologismo científico

Cierto es que el problema de la conservación del medio se plantea en un contexto económico al que responden las actitudes políticas y también es cierto que es necesario actuar de forma enérgica desde el punto de vista de quienes defienden a las gentes que no tienen capacidad ni voluntad para obtener plusvalías del medio y se limitan a vivir en él. Pero convendría pensar en qué medida estamos practicando lo que, por hacer una paráfrasis, podríamos **llamar «ecologismo utópico» en vez de abordar un «ecologismo científico»**, donde lo que importa no es si el eucalipto es o no autóctono sino quienes y por qué han extendido su cultivo a costa, no sólo de la vegetación autóctona, sino de otras posibilidades productivas, quizá de más interés. La construcción de una urbanización sobre una playa no es que sea más o menos fea o que altere el paisaje, es que representa la apropiación de un recurso que es de todos (paisaje, vistas, entorno...) para venderlo en beneficio propio. Cuestión que lleva a plantear otros problemas como, por ejemplo, en qué medida el propietario de un terreno tiene derecho a invadir el vuelo del mismo limitando el derecho de los demás a ver por encima de él. Parece que son aspectos de más importancia y trascendencia que los detalles banales en que se desgasta el radicalismo sobre esas cuestiones. Claro que también son más agresivos para el *statu quo* vigente y no tendrán apoyo mediático.

No cabe olvidar que por parte de los **intereses de los grupos de poder económico**, las actitudes de protección del medio, más o menos radicales son una amenaza. De ahí que los sectores del capitalismo más inteligentes, sabiendo que el verdadero riesgo es ese «ecologismo científico», se suben al carro ecologista para tratar de encauzar la cuestión, bien sea orientándola hacia aspectos marginales o dirigiendo los trabajos científicos a su favor -Es importante no olvidar que al final son los dueños del dinero quienes proporcionan la financiación para la investigación.

El tribalismo académico

En el plano científico **el radicalismo se complica con la defensa del grupo y de las propias opiniones**. Nadie mejor que el científico que presenta el resultado de un trabajo sabe de sus limitaciones, pero en el contexto que antes se ha mencionado, no puede reconocerlas, ni siquiera sugerirlas, pues perdería el prestigio del descubrimiento y, sobre todo, los efectos académicos de ser mencionado por ello, además de ser excluido y atacado por poner en peligro la ortodoxia. Por eso suele suceder que lo que son sencillamente esbozos o, si se quiere, primeros resultados de una investigación, se acaben presentando como resultados válidos, aunque después se siga trabajando en ellos para pulirlos y volverlos a presentar de nuevo, si es posible con otro sesgo. La metodología basada en modelos, que proporciona resultados bastante rápidos, aunque suelen ser muy discutibles, facilita mucho este proceder. Todo ello hace que las ideas propias, incluso los prejuicios, se

defiendan a capa y espada, amparadas en el radicalismo ideológico que les sirve de escudo. Con ello se defiende también a quienes piensan como ellos, creando así un grupo de opinión y por tanto un ejército de partidarios que se citan unos a otros y niegan la referencia a los contrarios. Esa defensa del grupo se complica con el corporativismo y la endofilia tan característicos de nuestras universidades, pero también de las del resto del mundo. Los especialistas en una determinada rama de la ciencia, sobre todo cuando se les ha concedido un puesto duradero en una universidad o centro de investigación asignado a esa rama científica, consideran que la pertenencia al grupo denominado con el título de esa rama (geólogos, paleontólogos, climatólogos, biólogos, etc...) les otorga carácter, y con él, la sabiduría del área a la que pertenecen, independientemente de lo que realmente saben, de manera que desprecian cualquier comentario de alguien que no pertenezca al grupo y no admiten crítica alguna que no provenga de sus iguales. Ese corporativismo feroz, empobrece los puntos de vista científicos y anquilosa a muchos departamentos universitarios. Pero, sobre todo, hace muy difíciles los debates científicos sobre aspectos que necesariamente implican muchos campos del conocimiento.

La ciencia a la moda

Por último están las modas, **los temas de moda**, los métodos de moda, las hipótesis de moda, que tienden a forzar la orientación de las investigaciones para ajustarse a ellas. Todos los investigadores saben que cuando solicitan la aprobación de un proyecto, una beca o presentarse a un concurso, sea el tema que sea, deben poner, aquí y allá, unas gotas de los temas de moda para que se les considere. Más aún cuando muchas convocatorias para becas o proyectos financiados vienen definidas con temas preferentes. Hay en las universidades especialistas en convertir en estudios, por ejemplo, sobre cualquier problema ambiental, los más insospechados tipos de trabajos. Basta con dedicar unas páginas, estratégicamente situadas, a las hipótesis de moda vinculándolas en unas pocas líneas al contexto del trabajo. Así, por poner un ejemplo imaginario, un grupo que trabaje sobre la Guerra de la Independencia, presentará su proyecto como relacionado con el cambio climático porque las penurias de las tropas en las batallas y las referencias climáticas de documentos o cartas de los soldados pueden proporcionar algunas pistas sobre la reconstrucción del clima de esa época y su interés con respecto al cambio climático. Que luego el estudio añada algo al saber sobre el clima de la época, o tenga alguna conexión con él, es otra cuestión.

Con todo, un ritmo impresionante ritmo de progreso científico

Con todo, y a pesar de todos esos problemas, el conocimiento científico ha progresado extraordinariamente en los últimos 30-40 años. Y, en buena medida, también ha sido por esas condiciones. Se ha estimulado la investigación, el prestigio mediático de la ciencia ha movido a muchos jóvenes a investigar y ha impulsado la inversión en investigación de los centros e instituciones con recursos económicos. Así, entre la multitud de resultados, algunos son fraudes, otros errores, pero una gran parte de ellos son válidos e impulsan nuevos descubrimientos y un mejor conocimiento

del mundo en que nos movemos. La búsqueda en el pasado de las condiciones que determina el exceso de CO₂ en la atmósfera y los procedimientos para datar con mayor precisión están llevando a mejorar sustancialmente nuestro conocimiento de los climas del pasado y a explicar rasgos hasta ahora apenas intuitivos de la evolución de nuestro planeta. Así, la cuestión del cambio climático no puede ser desechada, primero porque realmente hay un cambio, pero además porque aún cuando las predicciones de futuro puedan resultar un fiasco, su contribución al conocimiento del pasado ha sido de gran importancia. Del mismo modo, este progreso está potenciando una conciencia de conservación del medio que, a pesar de todos los problemas en torno a los detalles, ha permitido un indudable progreso en este campo frente a los poderosos intereses que se le oponen.

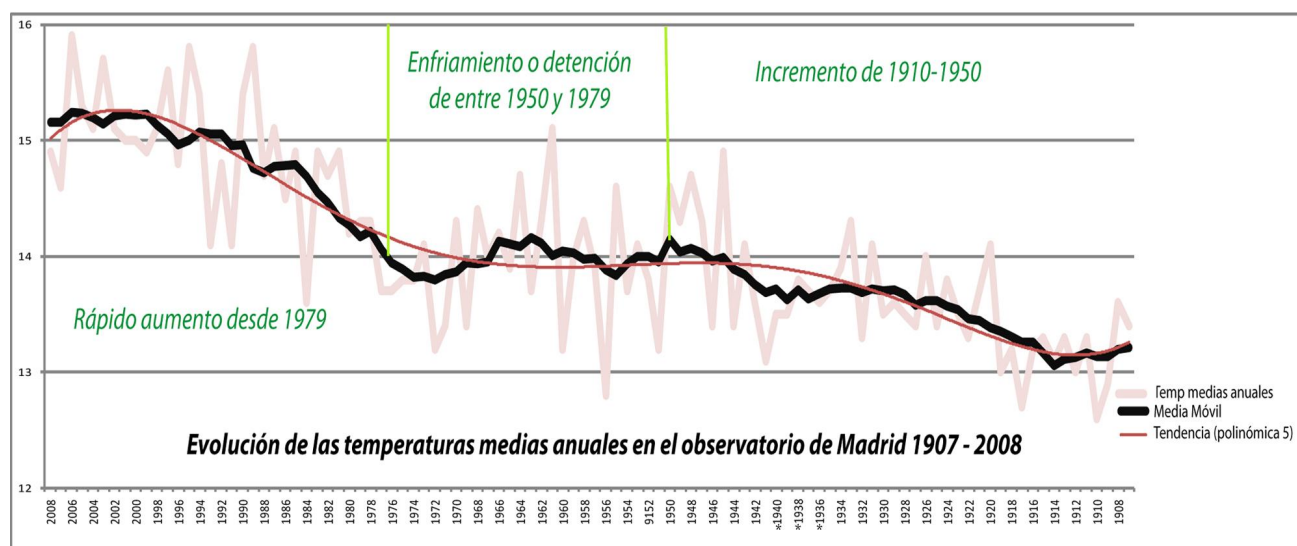
En fin, este es el contexto en que se mueven buena parte de los temas que hoy preocupan en el mundo. Mediatizados por la ciencia, adictos a las modas, politizados por posturas radicales, sometidos a los corporativismos, dependientes de la presión por las referencias que padecen los investigadores, tales debates tienen exceso de todo menos de seriedad, tranquilidad, crítica y razonamiento científico. Y tal es, concretamente, el contexto en que se plantea el problema del cambio climático, un tema muy de moda y muy afectado por los medios de comunicación que encuentran especialmente atractivo el aspecto catastrófico de sus consecuencias. Las catástrofes, todas, son un tema de moda en la ciencia y para la sociedad. En la medida en que sea posible razonar al margen de ese contexto, veamos algunos **otros aspectos que es necesario considerar** para valorar este problema.

Un clima cambiante en todas las escalas temporales

El clima, si entendemos por tal el estado medio de la atmósfera a lo largo de un período de tiempo, en un ámbito regional determinado (desde el globo terrestre a una comarca), que se expresa a través de unos valores medios, temperaturas, precipitaciones, vientos, etc... valores que, en cada uno de los momentos con los que se elaboran los promedios, resultan de la dinámica atmosférica, la cual también puede ser esquematizada en unos mecanismos: células de Hadley, masas de aire, corrientes en chorro, etc...; el clima, decía, así entendido, parece estable frente al cambiante estado de la atmósfera a lo largo del día, del mes o del año; pero esa estabilidad sólo es aparente. De hecho **el clima medio, a la escala de los siglos o milenios, también es cambiante.**

Desde el final de la última glaciación, hace entre 15.000 y 16.000 años, la Tierra ha conocido un periodo de unos 4.000 años, el Dryas, con fuertes oscilaciones térmicas de duración variable, por ejemplo, el máximo térmico conocido como Boling, de unos 700 años de duración, o el Dryas final, conocido como *Younger Dryas*, que durante algo más de 1.000 años hizo sufrir al planeta con un frío apenas diferente del que caracterizó la glaciación plena. En tiempos más recientes se distingue un periodo Boreal, de unos 3.000 años de duración, un periodo conocido como el Optimo Atlántico, que duró unos dos mil años, en el cual se registró el clima más cálido del Holoceno, entre 2°C y 4°C por encima de la temperatura de mediados del XX (VAN VLIET-LANÖE, 2005). Ya en período histórico de 5700 a 2500 AP se distingue un periodo subboreal, algo más cálido que el

actual, y el subatlántico o actual, desde 2500 al presente. Este último ha sufrido también oscilaciones climáticas notables, con óptimos térmicos en época del Imperio Romano, desde unos 300 AC a 350 DC y un óptimo medieval, desde mediados del siglo IX al año 1250-1300, especialmente entre los años 950 y 1100 (SOON & BALIUNAS, 2003, pag.2). También se han sentido periodos de frío, entre el siglo V y el VIII - IX y, sobre todo, el periodo conocido como la Pequeña Edad del Hielo, desde principios del siglo XVI a fines del XIX, periodo que no ha dejado de tener variaciones internas, menos frías o más frías, especialmente en 1650 y 1770, con una duración de algunos años o decenas de años. Desde 1900 o 1910, la temperatura ha venido ascendiendo, con un breve enfriamiento entre 1940 y 1979, especialmente en los años cincuenta y sesenta, fechas que en España se corresponden con los años de «la pertinaz sequía». Desde 1979, la temperatura media del planeta ha crecido aceleradamente, aunque parece que en 2007 se ha dejado sentir un modesto, pero sensible enfriamiento (RAPP 2009 pag. 219).



Un siglo de temperaturas en el observatorio de Madrid. Desde 1907 hasta 1930 se observa un crecimiento continuado que se detiene a principios de los años 30, de acuerdo con lo que los especialistas dicen de otros lugares, aunque los datos de los años de la Guerra Civil, de 1936 a 1940 son poco fiables. Tras un mínimo en 1942, las temperaturas anuales crecen de nuevo, con una gran irregularidad inter anual. Desde 1950 descienden para alcanzar un mínimo en 1956, quedando los niveles mas bajos de esta etapa en los años setenta. Desde 1979 crecen muy rápidamente, triplicando, casi, la velocidad del periodo 1910-1950, pues entonces fueron necesarios 35 años para subir un grado, mientras que desde 1979 a 1992, sólo se invirtieron 13 años para subir otro grado. En 2007 la temperatura desciende, aunque hay que decir que 2006 fue el año más cálido de todo el periodo (15,9) con 1989 (15,8), 2003 (15,7) y 1997 (15,6), frente a los 12,8 de 1956 o los 12,6 de 1910, que fueron los años más fríos. Desde 1985 todos los años, salvo 1991 y 1993 han estado por encima de 14,5º, temperatura que no se superó hasta 1945. La curva rosa tenue representa las temperaturas medias anuales, en las que se aprecia el crecimiento aunque con fuertes variaciones de un año a otro. La curva negra es la media móvil de 11 años (aunque los últimos 10 años figuran con medias de 7, 5 y 3 años) para suavizar las oscilaciones anuales y mostrar la evolución de forma más simple. La curva fina en rojo es un artificio (si en vez de toma el patrón 5 se toma el patrón 4 la imagen es otra, pues no representaría la meseta y el descenso final). Se ha escogido esta porque, con independencia del final, representa muy bien la imagen del siglo de evolución térmica de Madrid. Conviene advertir que con los datos de otros observatorios las líneas de evolución, si bien mantienen las mismas tendencias, resultan diferentes. En general los lugares mas caracterizados por el frío, como Soria, presentan oscilaciones mucho más acusadas hacia el frío, mientras que los lugares más templados, como La Coruña o San Sebastián presentan gráficas con variaciones más suaves. FUENTE: I.N.E: *Anuarios Estadísticos de España 1858-2009*

Conviene tener en cuenta que aunque se habla de temperatura global, **estos efectos de enfriamiento y calentamiento no se han repartido con igual intensidad por todo el planeta**, habiendo regiones que en un periodo de calentamiento han quedado estables o incluso se han enfriado y viceversa. Refiriéndonos al último periodo, desde 1979, en que hay mediciones de gran parte de la superficie terrestre, la respuesta al calentamiento es muy diferente en el hemisferio norte, que lo ha sentido más intensamente, que en el hemisferio sur, donde ha sido más moderado. Igualmente hay diferencias entre las costas del Atlántico Norte, las más afectadas por el calentamiento, y el resto del ártico que se calienta de forma más moderada, aunque la Antártida, con excepción del sector occidental, se enfría. (VAN VLIET-LANÖE 2005 pag. 401)

Considerando esos cambios con una escala temporal más amplia, podríamos decir que **estamos en el tramo final de un periodo interglaciar**. Los periodos interglaciares registrados desde hace unos 500.000 años han durado entre 5.000 y 20.000 años, siendo el más extenso el que corresponde al interglaciar MIS 11, que podemos situar unos 420.000 años antes del presente, con una duración de 20.000 años (SIROCKO *et al* 2007 pag 48), que, además, tiene el interés de que es el interglaciar en que la insolación presenta algunos caracteres semejantes al actual. Interglaciares de corta duración, en torno a 5.000 años, fueron el MIS 7 y MIS 9 que tuvieron lugar hace unos 210.000 y 300.000 años, respectivamente. Mientras que el interglaciar que nos ha precedido, MIS 5, conocido como *Emiense*, hace 125 años, duró 11.000 años. (*Ibidem*). Las precisiones sobre interglaciares anteriores son mucho menos fiables. Como puede apreciarse, también a esta escala hay variabilidad. Nuestro periodo interglaciar viene durando ya más 15.000 años. En el mejor de los casos, y suponiendo que la asignación de tiempo al MIS 11 sea la buena -porque hay otras en torno a 15.000 años-, aún nos quedarían cuatro o cinco mil años de buen tiempo. No obstante, el progresivo enfriamiento desde el Optimo Atlántico y especialmente la Pequeña Edad del Hielo, además de la inclinación del eje terrestre, aproximadamente en la mitad de su oscilación periódica y descendiendo, lo que proporciona cada vez más, a medida que pasan los años, estaciones extremadas en el hemisferio Sur y veranos más frescos e inviernos más templados en el hemisferio norte, además de la situación de la precesión, hacen suponer a muchos científicos que podríamos estar a punto de entrar en una nueva glaciación. De hecho eso predicaban los periódicos en los años sesenta del siglo pasado. Se ha afirmado incluso que el enfriamiento ha empezado ya hace 6000 años (IMBRIE, 2000)

Estimaciones, valores relativos e hipótesis

La concentración de CO₂ en la atmósfera ha pasado de 280 partes por millón, que es la cifra que se supone propia de un interglaciar, a 390 ppm. Al ritmo de crecimiento actual, se estima que para final de siglo pueda superar 500 ppm, aunque otras opiniones creen que ese valor podría alcanzar-

se mucho antes. Continuando la proyección, hacia el año 2400, se podría llegar a una presión de CO_2 de 1.800 ppm, equivalente a la que se atribuye al Optimo Climático del Eoceno Inferior (EECO *Early Eocene Climatic Optimum* en la terminología inglesa), que tuvo lugar entre 51 y 53 millones de años antes del presente y ha sido el periodo más cálido desde el final del Cretácico, con una temperatura mucho más elevada que la actual y todo el planeta libre de hielos (ZACHOS *et al* 2008).

El CO_2 retiene la radiación infrarroja que la Tierra emite hacia el espacio produciendo el efecto invernadero, pero no es seguro que ese efecto crezca al mismo ritmo que la concentración de CO_2 , puesto que se puede alcanzar un valor de saturación y, por otra parte, pueden producirse retroacciones que reduzcan ese efecto, como es el aumento de la nubosidad con. Incluso podría suceder que el incremento del CO_2 en la atmósfera sea una consecuencia del calentamiento y no su causa, porque el incremento de temperatura en las aguas d superficie del océano reduce su capacidad de absorción de CO_2 y este se acumula en la atmósfera, mientras que el enfriamiento aumentaría la capacidad de disolución del océano y reduciría el carbono atmosférico (SOROKHTIN *et al* 2007 pag 495). Conviene, además, tener en cuenta que no solamente el CO_2 tiene efecto invernadero. Hay otros gases que lo tienen, y en mayor proporción aún, como el metano o el vapor de agua, pero que, a su vez, también tienen retroacciones en sentido inverso: el vapor de agua forma nubes que reflejan la radiación solar y limitan su entrada hasta la superficie, reduciendo por tanto la temperatura. Hay, además, sumideros CO_2 como es el caso del océano, que retiran carbono de la atmósfera, cuyo papel no acaba de estar claro, como tampoco lo está el de la alteración de los silicatos por el ácido carbónico (H_2CO_3), que también retira CO_2 de la atmósfera para producir bicarbonatos, la fijación de carbono en los sedimentos y organismos marinos, así como otros muchos procesos físicos, químicos y biológicos, como, por ejemplo, las variaciones de la presión atmosférica, que pueden tener más importancia de la que suele concedersele, o el consumo de nitrógeno por las bacterias (*ibidem*). De ahí el interés en estudiar los indicadores y testigos de periodos antiguos, cuando la concentración de CO_2 era mucho más elevada y de rápido crecimiento a consecuencia de las emisiones volcánicas, como sucedía en el Eoceno.

Sea como fuere, no cabe la duda de que las actividades humanas han hecho aumentar la concentración en la atmósfera de todos estos gases, de la misma manera que en el nivel más próximo a la superficie, la contaminación, el polvo las islas de calor que representan las ciudades, tienen efectos en los fenómenos atmosféricos y no sólo en las temperaturas (nieblas). El problema es si estos efectos son locales o alcanzan una escala global y si, alcanzándola, pueden imponerse a los factores cósmicos (radiación solar, inclinación del eje terrestre, condiciones orbitales...).

La realidad es que no se sabe concretamente qué efectos pueden tener los llamados gases de efecto invernadero como tampoco se sabe cómo se entra en una glaciación. Lo que se maneja son los resultados de simulaciones realizadas en ordenador que producen unos efectos u otros según los datos que se introducen en ellos, los cuales actúan según los comportamientos que se han establecido en función de hipótesis. Es decir, las simulaciones en ordenador, que siguen modelos

de evolución, pueden dar resultados muy diferentes según el modelo en cuestión, según los datos de entrada y según la perfección, escala y detalles del modelo. Conviene no olvidar que el clima es un sistema muy complejo con múltiples retroacciones, factores de impulsión (forzamientos) y efectos inducidos que no se ha llegado a explicar por completo, incluso en sus rasgos actuales, Considerar todo eso en un modelo, si no imposible, es muy difícil.

Además, los datos que tenemos del pasado para poder deducir procesos de larga duración, sólo son aproximaciones. Los datos de clima con alguna precisión apenas superan los 150 años. Lo demás son estimaciones conseguidas a través de lo que los autores en lengua inglesa llaman *proxies*, que son indicadores (que los anillos anuales de los árboles engruesen más o menos, que microorganismos del fondo marino tengan una u otra afinidad térmica, caracteres de las burbujas de aire extraídas del testigo de un sondeo en hielo antártico, relaciones históricas de sequías o inundaciones, tipos de vegetación de un área...), ninguno de los cuales proporciona un valor concreto ni una fecha precisa, sino que el periodo al que pertenece ese indicador pudo estar por encima o por debajo de determinados valores. Datos que, además, deben ser sometidos a una «gimnasia estadística» para ajustarlos y poder usarlos con relación a otras fuentes y escalas temporales o espaciales, gimnasia en la que no deja de haber algunas arbitrariedades, cuyos métodos no garantizan la seguridad absoluta y ofrecen frentes de crítica no despreciables. Por otra parte, una vez aceptados los datos que concretan un determinado fenómeno, viene el problema de interpretar si ese fenómeno es causa o efecto de otros procesos que, hasta que no sean precisados y se acepte su determinación, quedan en el estado de hipótesis. Si de las estimaciones de datos climáticos pasamos a otras como, por ejemplo, la variación del nivel del mar, las estimaciones tienen un margen de error que supera la variación que se trata de deducir. Sólo desde la existencia de satélites se dispone de datos referidos al conjunto del planeta que, aún así, hay que corregir porque, si bien la medición del satélite tiene una precisión aceptable, la presión atmosférica, el régimen de vientos o las mareas pueden suponer cambios por encima de la diferencia entre dos medidas.

Todo esto no equivale a negar valor a esos datos, sino a relativizar la importancia que se les puede dar. En función de los datos proporcionados por toda una gama de *proxies* podemos decir que las temperaturas durante el mejor momento del Emiense fueron mas altas que las actuales, pero no podemos precisar con exactitud cuánto, podemos estimarlo, pero no asegurarlo. No disponemos de una precisión como las variaciones interanuales o las periódicas que en los últimos 100 o 150 años nos muestran las temperaturas tomadas por los observatorios meteorológicos, las cuales, por cierto, también son sometidas a críticas por los especialistas, referidas a su ubicación, el modo de gestión u otros detalles. Así pues, no sabemos, con la precisión que requiere el planteamiento del cambio climático, cómo se produjo el Emiense o cómo evoluciono para llegar al enfriamiento que facilito el desarrollo de la glaciación. Incluso los grandes acontecimientos que se dan como seguros, son teorías. Es muy probable que sucedieran, pero el detalle de cómo sucedieron, durante cuanto tiempo y sus efectos a escala regional está por determinar.

A lo largo del siglo XX, la temperatura ha crecido. Nadie pone en duda las consecuencias ambientales de la acción humana. El problema es si ese crecimiento es sólo consecuencia de la acción humana que ha modificado una tendencia natural al enfriamiento o, si por el contrario, el calentamiento del siglo XX es principalmente un proceso natural, una de esas oscilaciones térmicas, como otras que han tenido lugar anteriormente, la cual puede haber sido ampliada con la ayuda de la acción humana, pero que también hubiera ocurrido sin ella. No sabemos cómo se produjo el Optimo Medieval, y con qué ritmos, de modo que no podemos hacer comparaciones precisas. Por otra parte apenas estamos viendo algunos años en procesos que, por lo que sabemos, pueden durar siglos o incluso milenios, con oscilaciones internas en periodos más breves.

Estamos, pues, ante hechos que interpretamos con muchas incertidumbres los que no significa que los ignoremos, sino que lo que se puede afirmar de ellos es relativo y muy matizable. En cuanto a las consecuencias de tales hechos que se anuncian: subida del nivel del mar, aridez, diferencias regionales... Representan la parte más discutible pues aquí no estamos ante hechos sino ante hipótesis, y son, en el mejor de los casos, resultado de las simulaciones con modelos. Las previsiones a partir de la proyección de datos del momento o de simulaciones sobre modelos gustan del catastrofismo, pero con frecuencia quedan muy lejos de la realidad, bien porque se exceden en mucho o bien porque quedan muy cortas. Por lo demás, como sucede con los detectives que requieren pruebas rápidas, se buscan evidencias y se acaban encontrando en cualquier indicio, en cualquier sospecha.

Y, sin embargo, se mueve

La aceleración del calentamiento se advierte en multitud de lugares y no solamente en las temperaturas medias anuales registradas en los observatorios. El retroceso de los glaciares de montaña es una evidencia manifiesta desde principios del siglo XX, aunque, tras una detención e incluso un pequeño avance en los años cincuenta, desde 1980 el retroceso se ha acelerado y el balance de masa es negativo en casi todos los glaciares de montaña investigados. Como consecuencia de ese retroceso y del aumento de temperatura en las aguas de superficie, se estima que el nivel del mar ha subido de 10 a 30 cm desde 1900 (LOWE *et al* 2007). Sin embargo, no sabemos si un retroceso semejante se ha producido en periodos cálidos anteriores. Hay algunas consideraciones basadas en hechos históricos; por ejemplo se argumenta que para que Hanibal pudiera pasar los Alpes con sus elefantes los glaciares alpinos debían de haberse retirado bastante para dejar amplias zonas libres de hielo o neveros, igualmente parece que el Cervino estaba deshelado en el Optimo Medieval (VAN VLIET-LANÖE 2005 pag 373)

También es una evidencia el retroceso de los hielos marinos en el Ártico, donde la extensión del hielo en el mes de Septiembre viene siendo cada vez menor desde el comienzo de este siglo, igualmente la pérdida de grandes bloques de la plataforma de hielo en la Antártida Occidental es noticia en la prensa cada dos o tres años. El retroceso del hielo en la Antártida Occidental es un fenómeno que viene produciéndose desde hace 200 años, aunque desde 1957 se ha acelerado

considerablemente (SERRANO CAÑADAS 2000 p. 162). En Groenlandia, el otro gran Inlandsis, la aceleración en el flujo de los glaciares y el envío de icebergs al mar es también una evidencia que se acelera desde fines del siglo pasado, fundamentalmente porque el agua de fusión desciende hasta la base donde actúa como lubricante para producir una aceleración del flujo que puede aumentar su velocidad horizontal hasta un 100 % en la estación favorable. (BATHOLOMIEW *et al* 2010). Una evidencia de la importancia de la pérdida del volumen de hielo en Groenlandia es que el ascenso isostático de la costa occidental de Groenlandia, según medidas de precisión desde satélites, se ha acelerado sensiblemente desde fines de los noventa (YAN JIANG *et al* 2010)

Por lo que se refiere al pergelisol o permafrost, el suelo helado en profundidad, los datos reales sobre su evolución actual no son concluyentes. Las mediciones y observaciones son escasas y contradictorias. Y es que el aumento de temperatura penetra muy lentamente en el permafrost lo que explica su permanencia a pesar del largo interglaciar en que estamos (FRENCH 2007) Según los datos que aporta este autor el permafrost se calienta en el Norte de Europa y Rusia y también en el Tibet, lugares donde el incremento de temperatura alcanza una profundidad de más de 10 m, con el consiguiente aumento del espesor de la capa activa, la parte que se funde en verano, aunque «en ausencia de datos a largo plazo, sin embargo, es poco claro si las tasas actuales de ablación son significativamente más altas que las que tuvieron lugar a fines del siglo XIX» (*Ibidem* pág 380): Serrano menciona la fusión del permafrost en las islas de la Antártida Occidental (SERRANO 2000 pág 162). No obstante, las previsiones del cambio climático que consideran que hacia el 2100 podría haber desaparecido hasta el 90 % del permafrost, auguran bastantes complicaciones geotécnicas (hundimientos de edificios e instalaciones, roturas o alteraciones de oleoductos y vías de comunicación...) y algunas catástrofes, liberación de los hidratos de gas, inundaciones... las probabilidades de que esto ocurra son muy discutibles: el permafrost se ha mantenido a pesar de las temperaturas bastante más altas del Optimo Atlántico y, aunque no es discutible que la parte que se funde en verano es cada vez un poco más profunda, es poco razonable suponer que el permafrost puede desaparecer en menos de 100 años incluso con un rápido y notable aumento de temperaturas en la superficie.

No es fácil precisar nada acerca de la subida del nivel del mar. Parece evidente que si se funden los glaciares, una gran parte del agua que contienen debe ir a parar al océano. Las estimaciones suelen limitarse a traspasar al océano el volumen de agua que se calcula contienen los hielos, pero está por determinar qué porción quedaría retenida en las aguas subterráneas, absorbida por la actividad biológica, evaporada a una atmósfera, más caliente y con más capacidad higrométrica con el consiguiente aumento de presión, o perdida en otros sumideros. Por su parte, el océano y las costas de los continentes responderían ajustandose por isostasia quizá con la rapidez que se ha comentado en el caso de Groenlandia, de manera que las cifras que se mencionan deberían reducirse sustancialmente. Con todo, a pesar de lo que todos esos factores pudieran mitigar el ascenso, el aumento del nivel del mar sería muy considerable. Igualmente, si aumentan las temperaturas del agua de superficie debe haber un incremento de volumen, aunque uno o dos grados

más, suponiendo, que fuera igual en todas partes, no es fácil que supongan un aumento de volumen de entidad suficiente para superar con holgura los efectos de los vientos, presiones, mareas, etc. Los datos que hasta ahora se manejan son poco seguros, pues mientras en unos lugares se constatan aumentos del nivel del mar, en otros se advierten descensos, lo cual, probablemente, sigue resultando fundamentalmente de fenómenos regionales, como los ascensos y descensos tectónicos de las costas, la isostasia, los vientos y otros fenómenos oceánicos. Parece que ahora los temporales alcanzan más al interior de las costas y tienen efectos más devastadores, pero falta una base de datos con suficiente extensión temporal que permita comparar estas observaciones con otras del pasado para determinar en qué medida se trata de un fenómeno nuevo o de la recurrencia de una irregularidad. En cualquier caso, la escasa fiabilidad de los datos de los mareógrafos, que deben ser ajustados con márgenes de ajuste que llegan a superar el valor de los cambios, los problemas de la dinámica del océano (corrientes, mareas, presiones, valor de la gravedad, situación astronómica en el momento de la medida...) y las condiciones de las costas (tectónica, rellenos, modificación de los fondos y del área intermareal...) Hacen que, hasta el momento, las afirmaciones sobre el aumento del nivel del mar deben tomarse como meras estimaciones y considerarse con muchas reservas. Nils-Axel MÖRNER afirma:*parece que es posible detectar una ligera elevación general del nivel del mar desde 1850...En esa elevación del nivel del mar no puede registrarse una aceleración durante las últimas décadas.* («Changing sea levels», in *Encyclopedia of Coastal Sciences*. 2005 pag 232)

Se han advertido modificaciones en los vientos, especialmente cambios en los alisios, que tienen importantes efectos en las corrientes marinas, así como un cierto grado de debilidad en las corrientes oceánicas de superficie. (TOGGWEILER & RUSSELL 2008). También se han observado cambios en la temperatura de la superficie del océano y parece que algunas regiones como el Atlántico Norte han aumentado de forma sensible la temperatura. Todo esto se relaciona con la formación de ciclones y su intensidad que viene registrándose en los últimos años con las consecuencias catastróficas conocidas. El incremento de temperatura en las aguas del océano acentúa los contrastes térmicos y refuerza por tanto la ciclogénesis, pero también parece ser que el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera incrementaría la intensidad de los ciclones (SOROKHTIN 2011). Con todo, es necesario constatar que hacen falta datos con mayor recorrido temporal para poder precisar la recurrencia de estos fenómenos antes del presente incremento del CO₂.

En fin, concretando, tenemos dos realidades constatadas: La concentración de CO₂ en la atmósfera ha crecido desde fines del siglo XIX, pasando de 280 a 390 ppm. Por su parte, la temperatura media anual ha crecido de forma especialmente rápida desde 1979, sobre todo en el hemisferio Norte, aunque el aumento de temperaturas se viene registrando con altibajos desde los últimos años del XIX. Como consecuencia de esta aumento hay otra evidencia, el retrocesos de los glaciares, especialmente rápido desde los años ochenta. Son realidades que nadie discute. Los demás hechos que se mencionan no son evidencias indiscutibles y de hecho una parte de la

comunidad científica discute que sean tan excepcionales como se pretende y que se atribuyan a los efectos de un cambio climático. La cuestión es si entre esas realidades indiscutidas hay una relación de causa efecto en el sentido de que el CO₂ es responsable del incremento de temperatura, si es que sucede al revés, que el CO₂ aumenta porque aumenta la temperatura o simplemente se trata de una coincidencia en el tiempo.

Suele usarse como ejemplo, para las consecuencias que puede tener un creciente nivel de CO₂, el caso del Planeta Venus, pero se omite que Marte tiene mas CO₂ que Venus y está lejos del efecto invernadero. Y es que hay más razones que el dióxido de carbono para explicar las diferencias entre esos dos planetas: en principio razones cósmicas: la distancia del Sol a Marte es el doble que la que le separa de Venus; Venus ofrece durante casi un año terrestre la misma cara al sol, lo que supone una acumulación de calor que seguramente evaporó los océanos elevando la presión atmosférica que responde al fuerte contraste entre las dos caras del planeta con una violenta circulación atmosférica la cual distribuye el calor igualando la temperatura en todo el planeta. Marte, en cambio, tiene una presión atmosférica ciento cincuenta veces inferior a la Venus, diferencia de presión que ya supone una importante diferencia de temperatura, además de la pérdida del agua líquida.

Es decir, no sabemos con precisión cómo se comporta el CO₂ a partir de determinados niveles de concentración y cómo lo condicionan o estimulan otros efectos o retroacciones. Ciertamente la emisión de carbono a la atmósfera alcanzó niveles destacados en la segunda mitad del XIX y no deja de ser significativo que sea en torno al Atlántico Norte, donde más tiempo y mayor cantidad de CO₂ se ha vertido, el área en que el ascenso de las temperaturas es más notable. Pero también cabía esperar que la circulación atmosférica hubiera distribuido ese vertido desde Europa y Norteamérica por todo el hemisferio Norte, al menos. Aceptar que la acumulación de CO₂ es consecuencia del ascenso de temperatura implicaría un retraso del aumento del CO₂ con respecto al de la temperatura, lo que no parece el caso. En cuanto a la simple coincidencia, no parece muy serio aceptarla cuando es precisamente la coincidencia lo que hace sospechar una relación de causa-efecto. Si bien es verdad que la opción menos complicada parece la primera, también es cierto que hay demasiadas reservas, demasiadas dudas para aceptarla sin reparos como una verdad en la que se pueda creer con fe ciega.

No es fácil tomar una postura clara. El contexto hace que la desconfianza sea grande. Sin embargo, conviene no olvidar que a fines de los años sesenta del siglo XX, cuando empezó a difundirse la teoría de la tectónica de placas, surgieron, como ahora, los negacionistas y los convencidos, aunque entonces no había los intereses económicos que el este caso que nos ocupa rodean la cuestión. Hoy nadie discute que los continentes se desplacen, podrán cuestionarse algunos detalles, pero el progreso de la Geología ha sido enorme gracias a esa teoría porque gracias a ella se ha conseguido una explicación coherente de la organización del relieve planetario y de la estructura de continentes y océanos, además de la historia del planeta. Con el cambio climático y el problema del CO₂ podría suceder algo parecido. No cabe suponer que la ingente

masa de científicos que están trabajando sobre aspectos relacionados con el tema sean creyentes irracionales o inocentes. Aunque hay algunos poco serios u oportunistas, la mayoría son investigadores serios que está aportando un gran volumen de nuevos conocimientos.

Por otra parte, conviene no olvidar que la incertidumbre es herramienta habitual en la ciencia que necesita construir sobre ella formulando hipótesis sobre las que se comienza a trabajar para confirmarlas (LEMONICK 2011 pág. 65). Y en el caso del clima la incertidumbre suele ser una norma. Las previsiones a dos o tres días de los servicios meteorológicos son de una gran fiabilidad y sin embargo no escapan a la incertidumbre. Debemos, pues, aceptar un grado de incertidumbre en esta cuestión del cambio climático y actuar en consecuencia, pero también debemos ser realistas y considerar que una construcción realizada sumando múltiples incertidumbres carece de la base que puede tener una sola de ellas, de modo que queda sin fundamento y con un amplio margen de error. Más esto no significa que no debamos hacer nada para prevenirlo. Por poner otros ejemplos: sabemos que entre determinados comportamientos y determinadas enfermedades, algunas dramáticas, hay una estrecha relación estadística. La certeza no es absoluta y siempre hay excepciones, de modo que no es posible asegurar que todo los que siguen ese comportamiento acaban indefectiblemente padeciendo la enfermedad como tampoco se puede garantizar que quines dejen de seguirlo no la padezcan. Pero parece que sería insensato, partiendo de esta falta de certeza, no recomendar que cesen tales comportamientos o no advertir de los riesgos. Sin embargo estas advertencias deben hacerse con honestidad y con prudencia pues las exageraciones, el catastrofismo y, sobre todo la deformación de los datos en la línea de las verdades a medias, y los especialmente las actitudes fundamentalistas acaban desprestigiando el objetivo que se pretende. Y es que los fundamentalistas fanáticos, bien sea de las religiones, de las ideologías, de las naciones o de las teorías, son gente que se niega a razonar, que no son receptivos a la más mínima duda y, lo peor de todo, que consideran que quien no piensa como ellos es un enemigo a destruir porque con sus dudas o sus argumentos amenaza la causa que profesan, lo que es revelador de que ellos, más que nadie, son conscientes de la inconsistencia de sus convicciones, de ahí el tratar de impedir los razonamientos que puedan desmontarlas.

Para acabar, si entendemos que un cambio climático es una tendencia al aumento o disminución de la temperatura mantenida, aunque pueda haber oscilaciones, durante un siglo o más, sin duda estamos ante un cambio climático. La aceleración del incremento térmico registrada en todas partes no admite discusión. Sin duda las actividades humanas están teniendo consecuencias dramáticas en el medio y hay una importante contaminación y un notable aumento de la concentración de gases de efecto invernadero. Pero la conexión entre ambas evidencias en el sentido de causa efecto, no es tan indiscutible, por lo menos como motor principal. Podría suceder que el motor principal sea un proceso natural. Todo esto no significa que no deba cesar el aporte de gases a la atmósfera o la contaminación. Provoquen directamente o no el calentamiento, los elementos contaminantes y especialmente esos gases tienen bastantes efectos nocivos sobre el medio como para asegurar que es imprescindible reducirlos, aunque haya quien sostiene que su

efecto, referido al CO₂, es incluso beneficioso, incrementando la productividad de la agricultura y de la vegetación en general (SORKHTIN 2011)

Es pues necesario, reflexionar sobre lo que se nos predica acerca del cambio climático, deslindando lo que es información segura de las suposiciones o estimaciones, relativizando aquello que se anuncia como posible porque no pasa de ser efectivamente sólo una posibilidad y no olvidando que junto a los problemas ambientales se mueven importantes intereses económicos, políticos, estratégicos, científicos e incluso personales.

Santander 4 de Enero de 2011

L.V G Merino

-
- 1) Las críticas a la energía eólica no se limitan a las cuestiones estéticas. El último número de 2010 de la revista *Nature* (nº 7323 vol. 468; 23-30 Dec. 2010; pag 1001) en la primera editorial, de la que traduzco y resumo a continuación algunos párrafos, dice lo siguiente:

¿Pueden los aerogeneradores alterar el entorno? El mes pasado el South China Morning Post publicó una noticia que incluía una crítica apenas velada a la industria eólica china. El artículo citaba a un pastor de un pueblo de Mongolia interior, quien decía que la lluvia se había reducido después del establecimiento de una cercana «granja de viento», y a meteorólogos que respaldaban la observación con datos de unos pocos años que mostraban bajas precipitaciones....El artículo concluía que "la energía eólica no es completamente verde"

*Las «granjas de viento» pueden afectar los sistemas ambientales locales o regionales...En 2004, el ingeniero industrial y modelador atmosférico Somnat Baidya Roy, entonces en la Universidad de Princeton en New Jersey, publicó un trabajo mostrando que la turbulencia creada por los aerogeneradores podría, entre otros efectos, producir una mezcla vertical de calor y energía en las capas de la atmósfera que podría afectar a las temperaturas locales y, posiblemente, cambiar las pautas de evaporación (S.B. Rooy et al: Geophys. Res. **109** D19101. 2004).....*

... [En Octubre 2010] Roy.. publicó datos para respaldar su trabajo teórico (S.B. Roy and JJ. Traiteur Proc, Natl. Acad. Sci. Usa 107 17899-17904; 2010). Una serie de datos de 25 años mostraban un significativo efecto de las «granjas de viento» sobre la temperatura de superficie... De hecho, decía, el principal impacto -elevar la temperatura por la noche y reducirla durante el día- puede beneficiar a la agricultura reduciendo el riesgo de heladas....

REFERENCIAS

Se incluye la literatura que se ha usado en estas notas. La bibliografía sobre el cambio climático es extensísima y no es este el lugar ni el momento para incluir siquiera los títulos más accesibles de uno u otro bando, por otra parte, dependiendo como dependo de mi propia biblioteca y de unas limitadas posibilidades de conseguir una bibliografía bastante cara para los particulares, hay muchas publicaciones que quedan fuera de mi alcance. Por lo demás no es difícil encontrar, y perderse en ella, abundante bibliografía sobre el tema. Incluso en los trabajos que se citan figuran numerosas referencias. Todas las obras citadas, salvo la de Sorokhtin (2011) y la revista *Nature Geoscience*, pueden encontrarse en la biblioteca de la Universidad de Cantabria.

BARTHOLOMEW, Ian; NIENOW, Peter; MAIR, Douglas et al (2010): *Seasonal evolution of subglacial drainage and acceleration in a Greenland outlet glacier*. In **Nature Geoscience**. Vol 3 May 2010, pp. 408-411

CARRERAS, Albert, TAFUNELL, Xavier, coords (2005) *Estadísticas Históricas de España. Siglos XIX y XX*. Bilbao. FUNDACIÓN BBVA. 3 vols. Puede consultarse en <http://ine.es>

DAWSON, Alastair G. (1992): *Ice Age Earth. Late Quaternary Geology and Climate*. London. Routledge 293 págs.

FONT TULLOT, Inocencio (1988): *Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas*. Madrid. Instituto Nacional de Meteorología. 297 págs.

FRENCH, Hugh M. (2007): *The periglacial Environment*. 3rd edition. Chichester. West Sussex. 458 pág.

GARCÍA CODRÓN. J.C. Coord. (2000): *La reconstrucción del clima preinstrumental*. Santander. Universidad de Cantabria 212 pág,

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (2007) : *Cambio climático 2007. Informe de Síntesis*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización meteorológica Mundial. Puede consultarse, junto con toda la documentación relativa al IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) en la dirección: Http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.htm

HASSELMAN, Klaus: *The climate change game*. In **Nature Geoscience** Vol 3 august 2010 pp 511-512.

IMBRIE, John & IMBRIE J.Z, 1980: *Modeling the Climatic. Response to Orbital Variations*, in **Science** vol 207, nº 4434 29 Feb. 1980 pp 943-953. Referido al Abstrac en la web de Science. (<http://www.sciencemag.org/content/207/4434/943.abstract>)

JIANG, Yan; DIXON, Timothy and WDOWINSKI, Shimon (2010): *Accelerating uplift in the North Atlantic region as an indicator of ice loss*. In **Nature Geoscience**. Vol 3 May 2010 pp. 404-407

- LEMONICK, Michael D (2011): *Escépticos frente a ortodoxos ¿Cabe esperar una conversación civilizada sobre el cambio climático*. En **Investigación y Ciencia**. Nº 412 Enero de 2011 pp. 62-67.
- LOWE, J.J; WALKER, M.J.C.; PORTER, S.L (2007): «Understanding Quaternary Climatic Change». In *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol I pp. 28-39
- MEDIAVILLA PÉREZ, M.J. (1999): *Historia de la Tierra. Un estudio de la materia*. Madrid. McGraw Hill. 245 págs.
- RAPP, Donald (2009): *Ice Ages and Interglacials. Measurements, Interpretation and Models*. Berlin. Springer. 263 págs.
- SERRANO CAÑADAS, Enrique(2000): «Registros paleoclimáticos en la Antártida: datos indirectos y testigos de hielo». En *La reconstrucción del clima de época preinstrumental*. Pp. 147-
- SIROCKO, F.; CLAUSEN, M.; SÁNCHEZ GOÑI, M.F.; LITT, T .eds (2007): *The climate of past interglacials*. Col. "Developments in Quaternary Science" vol 7. Amsterdam. Elsevier. 622 págs.
- SCOTT, A. Elias ed. (2007) *Encyclopedia of Quaternary Science*. 4 vols. Amsterdam Elsevier. 4 vols.
- SOON, Willie & BALIUNAS, Sallie et al.(2003): *Reconstructing Climatic and Environmental Changes of the Past 1000 Years. A Reappraisal*. A Preprint for **Energie & Environment** (March 2003) 76 págs
- SOROKHTIN, O.G.; CHILINGARIAN, G.V.; SOROKHTIN, N.O. (2011). *Evolution of Earth and its climate. Birth, Life and death o Earth*. Col. "Developments in Earth Environmental Sciences". Vol 10. Amsterdam Elsevier. 576págs.
- SCHWARTZ; Maurice L. Editor (2005): *Encyclopedia of Coastal Science*. Dordrecht, Tge Netherlands. Springer. 1211 págs
- TOGGWEILER, J.R & RUSSEL, J (2008): *Ocean circulation in a warming climate*. In **Nature** vol 451/17 juaunary 2008. Pp. 286-288.
- VAN VLIET-LANÖE, Brigitte (2005) *La planète des glaces. Histoire et environnements de notre ère glaciaire*. Paris Vuivert 470 pág.
- WIKIPEDIA, The free encyclopedia en http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- WILSON, R.C.L.; DRURY, S.A; CHAPMAN, J. L. (2000). *The great Ice Age. Climate Change and life*. London Routledge. 267 págs.
- ZACHOS, James C; DICKENS, Gerald R; ZEEBE, RICHARD E (2008): *An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics*. In **Nature** vol 451/17 January 2008. Pp. 279-283.
- <http://deepclimate.org/2009/12/17/wegman-report-revisited/#more-1273>; y también <http://deepclimate.org/2010/01/06/wegman-and-rapp-on-proxies-a-divergence-problem-part-1/> y part-2/
- [Http://ClimateAudit.org](http://ClimateAudit.org)

