

CONSIDERACIONES PARA FORMAR OPINIÓN SOBRE LA CUESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Luis Vicente García Merino

No heredamos la tierra de nuestros antepasados,
la tenemos cedida en préstamo de nuestros
descendientes.

Proverbio de los indios americanos
Citado por Julie Kerr Casper (2009)

Suelen explicar los especialistas en la evolución de la vida que los primeros organismos capaces de producir oxígeno tuvieron tanto éxito que acabaron envenenando la atmósfera con un gas tóxico que acabó con ellos, de manera que desaparecieron para dejar lugar a nuevos organismos adaptados al oxígeno, un gas químicamente muy agresivo para cualquiera que no fuese un terrestre actual. Aquellos organismos se limitaron a alterar químicamente la atmósfera y de rechazo afectaron también al océano. Hoy, los humanos esparcen sus residuos por tierra, mar y aire y, no contentos con ello han contaminado también la alta atmósfera y algunos miles de km del espacio en torno al planeta, así como algunos miles de metros por debajo de la superficie. Por el momento solamente el manto y el núcleo terrestre escapan de la huella contaminante de los humanos. Si la oxigenación del planeta hace 2.500 - 2.600 Millones de años ha servido a los geólogos para establecer el inicio de uno de los grandes periodos de la historia de la Tierra, el Eón Proterozoico, cuando empiezan las condiciones ambientales que, con altibajos, han venido caracterizando nuestro mundo, la alteración ambiental que se está produciendo ahora podría caracterizar otro período. De hecho ya se le ha dado nombre el "Antropoceno". ¿Desaparecerán las especies actuales cediendo el sitio a seres adaptados a la contaminación? La literatura de ciencia ficción ya especula con la figura de los mutantes. Evidentemente, el grado de envenenamiento del medio y el agotamiento y deterioro de los recursos y sus consecuencias son progresivos y el fin de las especies adaptadas al medio aún tardará algún tiempo aunque en la escala geológica puede parecer breve. Sin embargo a medida que la mayoría de la numerosa población mundial vaya alcanzando la intensidad de contaminación y consumo de recursos que caracteriza a Occidente, el problema, que ya es grave, se agravará aun más y para eso no falta tanto tiempo. No hay una solución sencilla porque no se trata de que esté afectado un solo elemento del medio, es el medio, todo, lo que está deteriorándose aceleradamente. Sorprende que en este contexto la preocupación fundamental se centre en el cambio

climático que solo es uno más de los problemas que padecemos y desde luego no el más apremiante especialmente porque para resolverlo será necesario resolver la causa última que lo determina, el sistema capitalista, el liberalismo y los modos de vida que se le asocian y no parece que para eso baste sólo con predicar el buenismo en el uso de los contaminantes.

Incuestionablemente, asistimos a un cambio climático. Desde mediados del XIX se registra un alza de las temperaturas que se ha acelerado mucho en las tres últimas décadas. Hay una clara correlación entre el incremento de la proporción de carbono en la atmósfera - que desde el siglo XVIII ha pasado de 280 a 400 ppm en Mayo de 2013- y el alza de las temperaturas, de modo que nadie pone en duda que este incremento debido al uso y consumo de energías fósiles tienen un significativo papel en el aumento de las temperaturas. Se discute si ese papel se inscribe sobre un proceso natural o es exclusivamente el carbono el responsable. Sabemos que a lo largo del Holoceno, desde hace 10 mil años, ha habido periodos más cálidos y más fríos. En los últimos 2000 años se supone que, con un ritmo en torno a 500 años, se alternan periodos más fríos con periodos más templados y, en particular, se tiene constancia a través de indicadores como los anillos de los árboles, sedimentos de los lagos y avances y retrocesos glaciares, entre otros, que desde el siglo IX al XIV hay un período cálido, el Óptimo Medieval, un periodo frío entre el XIV y el XIX, la Pequeña Edad del Hielo, y en el XIX se inicia un nuevo periodo cálido, seguramente muy potenciado por la emisión de carbono y otros gases a la atmósfera. Por otra parte, si los glaciares se funden especialmente las grandes cubiertas polares, sin duda, el nivel del mar subirá. Pero esta subida, como el alza de temperaturas, no será igual en todas partes. Sabemos, por lo sucedido hasta ahora, que tanto el nivel del mar como las temperaturas o las sequías pueden ser muy contrastadas de unos lugares a otros, además, el ámbito mejor conocido y más estudiado, el Atlántico Norte y los continentes de su entorno, resulta muy particular en el conjunto del planeta y especialmente sensible a las variaciones de temperatura.

Estos son hechos científicos contrastados, pero sobre ellos se ha construido todo un conjunto de ideas, de teorías, de predicciones, de amenazas catastróficas y de actitudes a favor y en contra de tales hipótesis o predicciones que confunden al ciudadano y a la prensa, más aún cuando ésta amplía y lleva al extremo todo este magma de confusión. Y es que los variados especímenes que intervienen en el debate exageran y deforman las cosas, de manera que mientras unos dicen que el CO₂ no sólo no es perjudicial sino que resulta beneficioso porque puede incrementar los rendimientos de las plantas (Sorokhtin et al 2011), lo cual puede ser cierto pero oculta el efecto invernadero del que otros aseguran que creará problemas con los parásitos y con la invasión de plantas ajenas, perjudicando el cultivo de especies que nos interesan (Mann, 2008). A

veces se nos anuncian terribles catástrofes, como la que se intentó emular en la película *el día de mañana*, la interrupción de las corrientes oceánicas por el aporte de agua dulce al Atlántico Norte con un enfriamiento generalizado en ese área. El hecho en que se fundamenta esta idea es la ruptura, hace 8.200 años, del cierre del Lago Agasiz que ocupaba el centro de Canada y gran parte del Norte de EE.UU. vertiendo de forma catastrófica millones de m³ de agua dulce al Atlántico. Pero ahora no hay lagos equivalentes ni el vertido de agua dulce se va a producir en pocos días. Sin duda la fusión de los hielos de Groenlandia esta aportando agua dulce al Atlántico, pero esto sucede en decenas de años, no en días, y, además, sabemos que hace 125.000 años, en el anterior periodo interglaciar, con una temperatura 4 o 5°C mayor que la actual, Groenlandia no perdió su cobertera de hielo.

Parece que, además del debate, de las diatribas de unos contra otros, hay un especial interés en los titulares catastróficos sobre las consecuencias del cambio climático. Por eso me parece que es necesario hacer una serie de consideraciones sobre algunos aspectos que condicionan la idea que el público en general puede hacerse sobre este problema a causa de la forma en que se difunden sus detalles, así como del contexto en que se está produciendo este debate, para ayudar a formar una opinión, y porque además conviene que no perdamos de vista otras cuestiones que están tras él y que están quedando al margen por estas exageraciones.

Una ciencia mediática

Sucede que en los últimos tiempos determinados temas 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, sin olvidar el 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 es 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 otra 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. Además, elimina las cautelas de los trabajos científicos para convertir en afirmaciones categóricas lo que solamente son sugerencias o suposiciones que podrían derivarse de los datos estudiados. Un buen ejemplo de estos problemas es la noticia difundida hace un par de años sobre el hallazgo, en un lago de Estado 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 que aparecen en la prensa están plagadas de casos muy similares a este.

Una parte notoria del bagaje de conocimientos científicos que todas las personas medianamente cultivadas tenemos procede de noticias de prensa o televisión que se integran en nuestro saber sin contrastar y que más tarde usaremos para apoyar un argumento o una investigación sin consultar la fuente en que se generó el dato. Y el problema afecta no solo al público en general sino también a especialistas e investigadores. La prensa hace una importante labor, una imprescindible labor de difusión de conocimientos a la que no podemos culpabilizar. El problema es de quienes toman la difusión científica como fundamento, lo cual, sin duda es muy cómodo, pero nada serio porque faltan referencias fundamentales, el contexto y los métodos que han servido para generar los datos que se divulgan.

La ciencia a la moda

A esto se añaden **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 numerosos especialistas en convertir en temas de moda los más insospechados

tipos de trabajos. Basta con dedicar unas páginas, estratégicamente situadas, a las hipótesis de moda vinculándolas 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.

El problema de la percepción del tiempo

Una idea precisa del tiempo y las diferentes escalas temporales es algo poco común entre el público que lee en la prensa las noticias sobre evolución geológica o explicaciones sobre cambios climáticos en el pasado. La comprensión del tiempo, más allá del tiempo vivido, es algo que no se adquiere hasta bien avanzada la adolescencia y manejarse con medidas temporales de varios siglos supone un esfuerzo que la mayoría de los adultos no hace. Entender que entre la invasión musulmana el año 711 y el fin de la Reconquista al final del siglo XV hay casi 800 años, más de 20 generaciones, y que hechos de diferentes momentos de ese periodo no se pueden tratar como si no hubiera diferencias entre ellos, resulta costoso hasta a los estudiantes de Historia. Por tanto, pueden suponerse las dificultades para moverse en la escala del tiempo geológica, donde se manejan centenares de millones de años y se habla de brevedad cuando sólo han transcurrido tres millones de años, una distancia mayor de la que nos separa de los primeros homínidos. Así, entre el anterior interglaciario, que puede centrarse en torno a 125.000 años antes del presente y la actualidad, hay un abismo temporal, como lo hay, aunque menor, entre los 16.000 años antes del presente, cuando empiezan a retroceder los hielos del Último Máximo Glaciar y los 10.000 años AP cuando puede colocarse el inicio del Holoceno, el actual interglaciario. Son 6000 años, más de los que nos separan del inicio de la historia escrita.

Así, cuando los procesos actuales se comparan con el cambio climático ocurridos en el Eoceno, no puede dejar de considerarse que aquello tuvo una duración de 4 o 5 millones de años, y que cuando se nos habla de dramáticas subidas de temperaturas y sus consecuencias, los precedentes que tenemos son de varios siglos de duración. Cierto es que el crecimiento del CO₂ ha sido muy acelerado, pero el incremento de la temperatura durante el siglo XX no ha llegado a 1º (0,6-0,8, aunque localmente puede haber incrementos de 2ºC).

Los datos y su análisis

A la hora de valorar la información que recibimos, conviene saber cuales son los datos que se utilizan y cómo se han tratado. No se trata de cuestionar o quitar valor al trabajo de los científicos que los producen, sino facilitar una interpretación correcta de los mismos. El cambio climático es una realidad, pero para que podamos tener una actitud responsable es necesario que sepamos valorar los datos y separarlos de las exageraciones y de los grandes titulares de prensa.

Los datos de temperatura de los últimos 150 años proceden de estaciones dotadas de termómetros y recogidos regularmente por observadores que, en general, son fiables, aunque localmente puede haber problemas debidos a carencias por accidentes o conflictos, sobre todo a cambios de ubicación de la estación y por contaminación de "la isla de calor" urbano en aquellos que han sido sumergidos por el crecimiento de la ciudad en que se ubican -la mayoría-. Por ejemplo, en Valladolid, la toma de datos ha pasado de estar en el edificio de la Universidad, frente al Colegio Mayor Santa Cruz, al paseo de Zorrilla y más tarde a Villanubla; en San Sebastián ha pasado del casco urbano a la cumbre de Igueldo, ubicaciones, ambas, cuyas condiciones térmicas han cambiado tanto que pueden significar dos o más grados de diferencia para un mismo momento. Estos dos casos no son una excepción, en casi todas las ciudades ha habido cambios de emplazamiento de este tipo, quedando muy pocos casos en que en registro se ha mantenido. Esto obliga a ajustes en los datos para poder comparar unos periodos con otros. Con todo son datos fiables, especialmente los de los últimos 40-50 años.

Desde mediados del XVIII a mediados del XIX hay algunos datos termométricos recogidos en países europeos, en torno al Atlántico Norte, aceptables, aunque no siempre regulares. Antes de esas fechas la información sobre temperaturas procede de comentarios en los documentos, sobre fríos intensos, pérdida de cosechas, duración de la nieve, etc. Pero los mas de los datos que se manejan proceden de indicadores, *proxies* en la literatura inglesa, es decir elementos espacialmente sensibles a los cambios de temperatura, anillos de los árboles, sedimentos en lagos, turberas, isótopos del oxígeno o del carbono contenido en el aire o en el agua, et. Más atrás, para unos 400.000 años antes del presente, son fundamentales los datos procedentes de testigos extraídos de sondeos profundos en los hielos de Groenlandia y Antártida. Más lejos en el tiempo, siguen siendo los isótopos, los sedimentos marinos o lacustres, el empobrecimiento de materiales radiactivos y especialmente los fósiles de foraminíferos y algunas especies sensibles a la temperatura. Esos valores no son datos termométricos, en el mejor de los casos pueden situarse en un rango de temperaturas, en muchos otros solamente indican si las condiciones en un periodo de tiempo más o menos largo han sido más cálidas o más frías. Es

decir, los datos deben ser comparados con otros datos de referencia, calibrados, y después de un largo y penoso tratamiento pueden expresarse en cifras equiparables a los datos climáticos que usamos en la actualidad. Sin embargo, son datos que se refieren a un periodo de uno o varios años, o bien aun periodo que va siendo más largo a medida que nos alejamos en el tiempo para acabar hablando de datos para millones o decenas de millones de años. Todo esto no les quita valor, pero deben valorarse en lo que son, valores indicativos, no comparables con los datos actuales.

El clima es irregular, no cambia linealmente, sino a saltos, dentro de un periodo hay fases frías y fases cálidas, las cuales, según su duración pueden incluir a su vez años más fríos o más cálidos. Y esto referido a la temperatura media anual que oculta y modera los contrastes entre unos meses y otros y, según el ámbito a que se refiera, entre unas y otras zonas. Para saber de verdad como evoluciona un clima necesitaríamos, por lo menos, saber la evolución de la temperatura media del mes más frío, la del mes más cálido, la duración del periodo de heladas, la insolación, etc. Datos que resulta complicado recoger en numerosas estaciones y que es muy complejo de expresar en una gráfica inteligible para más de 100 años. Para facilitar su comprensión en las gráficas, los datos se someten a operaciones que permitan asimilarlos con facilidad: la más corriente es el uso de medias móviles para suavizar las curvas. Para cada año de la serie se toman los 2, 5, 10 o más años anteriores al año de referencia y otros tantos posteriores, se halla la media de todos y se expresa como la media del año central. Cuanto más años se escojan para la media, mas quedan ocultas las variaciones y más se resalta la tendencia. Si además se amplía la escala de las temperaturas, es decir se separa el espacio ocupado por cada décima de grado, más se pone en valor la tendencia. En la mayoría de las gráficas que se difunden suelen usarse periodos en torno a 5, 10 15 o más años, según lo que se quiera expresar. Un pequeño ejercicio con diferentes periodos, para una serie relativamente larga, permite comprender que lo que se sugiere con las distintas curvas resultantes varía mucho.

Por otra parte, los rasgos climáticos pueden variar considerablemente, dentro de la misma latitud, de unas estaciones a otras, según una variada gama de condiciones. Por eso cuando se habla de datos para todo el planeta o toda una banda de latitud, estamos ante una generalización que solamente se puede tomar como tal generalización. Cuando decimos que las latitudes templadas, entre 30 y 60 grados, son frías o cálidas, o damos un valor medio para esa banda, ocultamos que puede haber en ella áreas con condiciones térmicamente más favorables y áreas con un clima francamente desagradable. El problema para valorar las tendencias del clima es que las mejores series de datos y las más largas, se refieren al entorno del Atlántico Norte (Europa y Norteamérica), que es un área muy particular tanto en las fases frías como en las cálidas. Así,

por ejemplo, periodos sin cambios, o más bien fríos, en el hemisferio Sur o en el Pacífico pueden coincidir en el tiempo con fases más templadas en Europa. Contrastes que tampoco es fácil afirmar con rotundidad porque los datos de que disponemos para esos otros lugares son muy pobres y dispersos.

Es sabido que algunos científicos tienen una marcada inclinación a encontrar confirmaciones a sus hipótesis, o como suele decirse de los rivales en el ámbito académico "adaptar la realidad a la teoría", es decir que cualquier cosa que, aún ligeramente, responda a lo que se busca tiende a valorarse por encima de los hallazgos en sentido contrario. Es algo lógico, para eso está la crítica y, sobre todo el análisis de los datos y la reflexión, aunque estos detalles son poco compatibles con las prisas mediáticas y los *curricula* de rápido crecimiento.

En gran medida, y dada la cantidad de ajustes y calibraciones sobre un gigantesco volumen de datos, los científicos suelen trabajar con programas informáticos que simulan la evolución de unos datos a lo largo del tiempo, son los **modelos**. Pero los modelos dependen de las variables que se introducen en ellos y, aunque se procura ajustarlos, tienen una cierta inclinación a evolucionar tal como se supone que deberían evolucionar. Ciertamente es que se ha progresado mucho en modelos y gran parte de estos defectos se han minimizado, pero los modelos producen un desarrollo lineal, regular, bastante diferente de la evolución del clima. Son válidos para definir tendencias y muy valiosos a corto plazo, días, aunque menos fiables en meses y aun menos en años, de modo que las predicciones en décimas de grado dentro de 100 o 200 años no parece que sean algo más que una suposición. El problema es que una parte no despreciable de los trabajos sobre la evolución del clima hacia el futuro, o en el pasado, están realizados con modelos, cuyos datos se presentan en valores que comparemos con los actuales, cuando resultan incomparables porque son de distinta naturaleza. Un dato de la temperatura o del contenido en CO₂ durante el Optimo Climático del Eoceno no ha sido tomado con los instrumentos actuales, ni se refiere a un momento del año y hora del día, ni se ha tomado a la sombra a un metro sobre el suelo, es una suposición extraída de un modelo alimentado con datos ajustados procedentes de foraminíferos, de sedimentos o de otras fuentes, y se refiere a millones de años.

En fin, volviendo a lo que decía al principio todo esto no resta importancia a las afirmaciones de los científicos que manejan toda esta información con seriedad a pesar de las enormes dificultades y esfuerzo que supone su análisis. Con ello solamente se intenta ayudar a valorar y situar en su justo nivel los alarmantes titulares de las noticias que a veces aparecen en los medios de comunicación para que las personas interesadas sepan que cuando se habla de una tendencia, se trata de eso, de una tendencia, que resulta de una sucesión de periodos irregulares de un clima variable, el cual cuando está cambiando resulta especialmente irregular.

Un problema científico o una cuestión de ideas radicalizadas

Los científicos de prestigio suelen ser muy cuidadosos en sus afirmaciones y matizan mucho las consecuencias o sugerencias que podrían deducirse de ellas, previendo las incertidumbres que condicionan sus resultados y cuando hacen una afirmación suele estar precedida de un "posiblemente", "podría ser". El problema es que, más tarde, tales sugerencias o afirmaciones se recogen por científicos presurosos, deseosos de hacer carrera rápidamente, especialistas de ciencias vecinas a quienes les vienen bien esos datos para apoyar su trabajo, divulgadores científicos y toda una gama de especímenes que pulula en internet, quienes dan por afirmaciones seguras aquellas sugerencias y las difunden, de modo que se reproducen de un trabajo a otro hasta que acaban tratándose como una verdad incuestionable.

Así, por ejemplo, en un trabajo serio se comenta que, teniendo en cuenta la expansión térmica del océano - para cuyo cálculo precisa que hay varias incertidumbres a causa de variables que no han podido estimarse-, el nivel del mar "podría" elevarse a final del siglo "hasta" 50 cm, la mayor parte a causa de la expansión térmica, porque el aporte debido a la fusión de los glaciares sería mucho más lento. Esta observación se recoge por un segundo escalón de especialistas o divulgadores como que «en 2100 el nivel del mar habrá subido 50 cm a consecuencia de la fusión de los glaciares y expansión térmica», la cual, como se ve, ya ha pasado a segundo plano. Mas tarde, alguien que está trabajando en ecosistemas del área intermareal encuentra este comentario y lo da por cierto acondicionando los resultados de su investigación a ese supuesto. Siguiendo con la cadena técnicos que trabajan en un proyecto de protección del litoral toman nota de ese dato, lo dividen por 100 y en la memoria del proyecto se afirma que en la localidad a que se refiere el proyecto el nivel del mar está subiendo a un ritmo anual de 5 mm, observación que se publicará en la prensa como una afirmación científica y será reproducida por todos los trabajos que consulten o se fundamenten en este y que finalmente se habrá convertido en un dato tan conocido que nadie se atreverá a discutirlo. Todo ello amparado en una multitud de referencias entre las que figurará el autor del primer trabajo el cual, a partir del segundo paso, ni siquiera se habrá leído y, en el mejor de los casos solo se conoce por referencias indirectas.

Sobre esta manera de crear una base de conocimientos se forma un estado de opinión, basado en el convencimiento su certeza, que entronca con movimientos e intereses muy diversos, condicionando **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 y su protección, pero también con respecto a toda una serie de temas muy mediatizados como puede ser lo que se ha dado en llamar desarrollo sostenible, seguridad sanitaria, riesgos, y otras

cuestiones que entroncan, aunque sea de forma indirecta, con la identidad local, regional o nacional; actitudes que se cargan de sentimientos y **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 consideran fundamentos incuestionables de sus ideas. Estos radicalismos sin matices que se alinean en una extrema derecha de negacionistas, y una extrema izquierda ecológica, 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 rasgos propios de una religión, y nunca mejor dicho, porque una gran parte de la cuestión se basa en creencias y sentimientos: hay, pues, creyentes y escépticos o librepensadores, negacionistas y alarmistas o predicadores de catástrofes, que se enfrentan en un conflicto propio de "talibanes" de una u otra facción.

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 más grave, se censura, se demoniza, se ataca y, si se puede, se destruye a los críticos, desprestigiándoles con argumentos de autoridad o con cuestiones personales que tienen poco que ver con lo que se afirma, además de asegurar que están comprados por intereses inconfesables. Es lo que ha sucedido, por ejemplo, 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 poco favorable (vid. <http://deepclimate.org/2009/12/17/wegman-report-revisited/#more-1273>); con McIntyre & McKormick (M&M) estadísticos que se atrevieron a denunciar errores en el tratamiento de las series de datos utilizadas por Mann y otros sobre la evolución del clima (Vid <http://www.cimateaudit.org>), 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 a quienes, albergando alguna duda, que manifiestan tibiamente, hacen concesiones a la ortodoxia para hacerse perdonar su atrevimiento.

Vivimos en tiempos de radicalización de ideas y de un fundamentalismo, rasgo característico de algunos sectores de la sociedad norteamericana que consideran que las campañas que persiguen un beneficio para la humanidad deben hacerse con fe misionera; fe que primero prueba con el modelo "cristia-

nos del arroz” para acabar sometiendo vía inquisitorial a los infieles. Suele argumentarse que tales creencias están apoyadas porque la gran mayoría de los científicos que trabajan sobre ellas las sostienen, hay un “consenso” entre los especialistas. Claro, porque cualquier científico sabe que incluir el cambio climático en su investigación amplia las posibilidades de financiación y promoción. También es cierto que hay sectores con otros intereses que financian acciones opuestas. Aunque podría decirse que tiran el dinero porque la exageración, la deformación de la verdad y la amenaza con diversas variables del infierno son la mejor manera de desprestigiar una campaña. Todos estamos convencidos de que no podemos seguir ensuciando la atmósfera y que los resultados de esa contaminación serán -ya son- graves, pero hay muchos que no estamos dispuestos a que nos sometan a la fe de una nueva religión.

Por otra parte, estos tiempos del cambio de milenio son muy propicios para el catastrofismo que nos asalta con frecuencia 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 se 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. Cierto que no podemos dejar de pensar que también en este caso hay intereses económicos, no solamente relacionados con el petróleo o los combustibles fósiles, también los hay relacionados con las energías renovables, incluso con los negocios que pueden hacerse con las políticas de reducción de emisiones (negocios con la tasa de vertidos de carbono) o con la adaptación al cambio climático (*doing business in a new climate*, Ling et al, 2010).

El **catastrofismo** ha entrado a fondo también en la ciencia, desarrollando toda una teoría de las catástrofes y buscando una solución catastrófica para muchas cuestiones que no tienen una explicación fácil. Cierto es que de vez en cuando se producen catástrofes que a veces han introducido grandes cambios en la evolución del planeta, pero toda la gama de catástrofes debidas al cambio climático que van desde enfermedades a huracanes y sequías, se parecen más a la amenaza del infierno o a las siete plagas de Egipto, es decir a relatos bíblicos a que a un trabajo científico. Se nos anuncian cosas que “*podrían*” pasar, como “*podría*” caer un meteorito de grandes dimensiones o producirse un gran terremoto, y eso en el supuesto de que las proyecciones de los modelos resultasen ciertas. El libro *Dire Preditcions* (espantosas predicciones, en castellano o si se prefiere algo más suave, ominosas predicciones) de Michael Mann, uno de los más acérrimos defensores de culpar a la humanidad del cambio climático (Mann, 2008) es un compendio de tales catástrofes.

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, y la de estos últimos, si la hay, suele atribuirse a la envidia o la inquina. 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.

Ecologismo utópico vs. ecologismo científico

Cierto es que para que una campaña consiga sus objetivos hay que insistir en ella y mentalizar a la gente, aún con actitudes desorbitadas, como ha sucedido con el tabaco. El problema es que en esta ocasión la campaña está condenada al fracaso porque solamente se basa en actitudes sentimentales o de buenismo ambiental, cuando afecta de lleno a los fundamentos socioeconómicos de la sociedad en que vivimos. La reducción de gases de efecto invernadero implica una reducción drástica del consumo de energía que significa una reducción dramática del nivel de vida para retroceder no algunos años, sino algunos siglos, significa quebrar la esperanza de progreso de los pueblos menos desa-

rollados y, sobre todo, significa acabar con el liberalismo y el capitalismo. Nada de eso se va a conseguir con buenismo, menos aún cuando los propios promotores de la idea no dejamos de utilizar nuestros coches (un coche de emisiones limitadas vierte 120 gramos de CO₂ por km; 120 kg/1000 km y 12 toneladas cada 100 mil km; un híbrido, que tenemos por más ecológico, vierte 9 toneladas cada 100 mil km; pero un coche viejo, un camión o un vehículo industrial vierten mucho más), de encender nuestras calefacciones o de vivir en ciudades cuyo abastecimiento significa un gran consumo de energía. El equilibrio con las condiciones ambientales, que no dejan de enlazar con otros graves problemas del mundo actual, como el volumen de población o el consumo de recursos, solo se pueden resolver de forma revolucionaria, lo que requiere no una especie de religión o actitudes sentimentales sino un planteamiento científico, racional y el diseño de una metodología de actuación.

El problema de la conservación del medio se plantea en un contexto económico al que responden las actitudes políticas y, sin duda, 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 -lo que no deja de ser racismo forestal- 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. Y, en lo que toca al cambio climático, la alteración de la atmósfera es un atentado contra quienes serán perjudicados por su deterioro y, sobre todo, sustraer al futuro un recurso fundamental para la vida, no sólo por los posibles riesgos del cambio climático, sino porque la contaminación atmosférica es vital y como tal atentado debería ser perseguido y penalizado.

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 par investigar.

El problema es que ese delito, la contaminación, la alteración del medio, lo cometemos todos y todos queremos seguir cometiéndolo, así, implicados, metidos todos en los pliegues de la complicidad, solo nos queda la protesta y el recurso a los sentimientos generados por creencias radicales con la esperanza de que, poco a poco, el mundo se vaya adaptando a actitudes menos consumidoras de energía, que de tiempo a encontrar energías no contaminantes y que los fenómenos asociados al cambio climático que nos anuncian sean mucho más lentos de lo que dicen los modelos, de manera todo eso se resuelva por las buenas a base de tiempo y de encontrar otras áreas de negocio.

La ocupación de lugares más allá de los límites

Huracanes, inundaciones, tormentas y olas de calor suelen presentarse como evidencia de las amenazas del cambio climático poniendo especial énfasis en las defunciones causadas por ellos. Además, siempre se encuentra un personaje local que afirme no haber conocido en toda su vida nada igual, cosa que sucede siempre que hay un nuevo evento de este tipo. Ciertamente a mayor temperatura aumentan los contrastes térmicos y tienden a incrementarse las tormentas y a crecer la fuerza de los vientos que afectan al oleaje. Sin embargo, estos sucesos no son nada nuevo a pesar de la mala memoria de los personajes locales. Inundaciones espectaculares asociadas a gotas frías a la rápida fusión de la nieve o a intensas precipitaciones, son conocidas desde antiguo y mucho mayores que en la actualidad porque entonces no estaban regulados los ríos con embalses que retienen el excedente de agua. En Valladolid, había, no sé si hay aún, una señal en el Convento de Santa Teresa, en la Rondilla, que marcaba la altura que había alcanzado el agua en el siglo XVIII; en Bilbao se mencionan inundaciones en el XVII y XVIII en que los barcos atracados en la Ría acababan dañando los tejados de las viviendas, eso sin hablar de Valencia o Murcia que tienen el record de inundaciones catastróficas. Entonces no había una prensa aficionada a las catástrofes. Los casos más espectaculares como la inundación de Nueva Orleans son conocidos desde hace tiempo. Lo mismo sucede con los temporales marinos: en Castro-Urdiales, fue necesario, en el XVIII, levantar un muro en la Calle de la Mar, para evitar que embate de las olas en los temporales alcanzase los edificios. Las manifestaciones catastróficas de la naturaleza son fenómenos conocidos desde la antigüedad, incluso con bastante más violencia que hoy.

Lo que sucede, además de la mejor información y del gusto por lo catastrófico, es que ahora hay gente por todas partes y, sobre todo, que **se superan todos los límites que las gentes del pasado cuidaban de tener lejos**. Se

ocupan los cauces de ramblas y torrentes, las laderas inestables, las playas y dunas sobre ellas, se rellena el litoral y se instalan edificios en los rellenos. El borde del mar, las montañas, los lechos mayores de los ríos... eran espacios respetados que antes solamente se ocupaban con instalaciones y actividades estrechamente asociadas a ellos y las gentes dependientes de tales actividades. Hoy, por el contrario, son espacios atractivos, que se consideran especialmente valiosos y generadores grandes beneficios privatizándolos, al tiempo que las ciudades se extienden alegremente sobre rellenos, áreas inundables u otros lugares de evidente peligro. Como las defensas para estos lugares son costosas y especialmente caras de mantener, por lo general están en malas condiciones. Así, un temporal, una inundación, un deslizamiento de ladera o cualquier otro suceso, acaba produciendo numerosas víctimas que es más fácil achacar al cambio climático que a sus verdaderos responsables. Atribución esta última que los catastrofistas del cambio climático reciben sin discusión porque refuerza sus posiciones. La inundación de Nueva Orleans que hemos comentado, el accidente en un camping de los Pirineos que acabó con numerosas vidas, los frecuentes desastres en el Sureste Español se inscriben en este abuso, como podrá inscribirse en él el día que cualquier otro accidente arrase la Manga del Mar Menor o se lleve por delante un buen número de urbanizaciones.

Sucede que con todo el debate entre fieles e infieles del cambio climático, con las exageraciones y discusiones en torno al carbono se está ocultando este problema que cada día se incrementa, asociado, en algunos lugares al incremento de la población, pero en la mayoría de los casos a la pura especulación inmobiliaria y a la corrupción. Más aún, al amparo de todas estas discusiones están surgiendo movimientos peligrosos, como es el caso de una especie de nacionalismo anti-inmigración en los países que se supone van a beneficiarse o que no serán perjudicados con los resultados del cambio, vease el último libro de Lovelock (*La tierra se agota*. Planeta 2011) o *Guerras climáticas* de Harol Welzer. (Katz. Discusiones 2010).

Con todo, un ritmo impresionante ritmo de progreso científico

A pesar de todos esos problemas, el conocimiento científico ha progresado extraordinariamente en los últimos 40 años. 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, aunque algunos son fraudes y otros erróneos o mal planteados, 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 intuidos 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 los poderosos intereses que se le oponen.

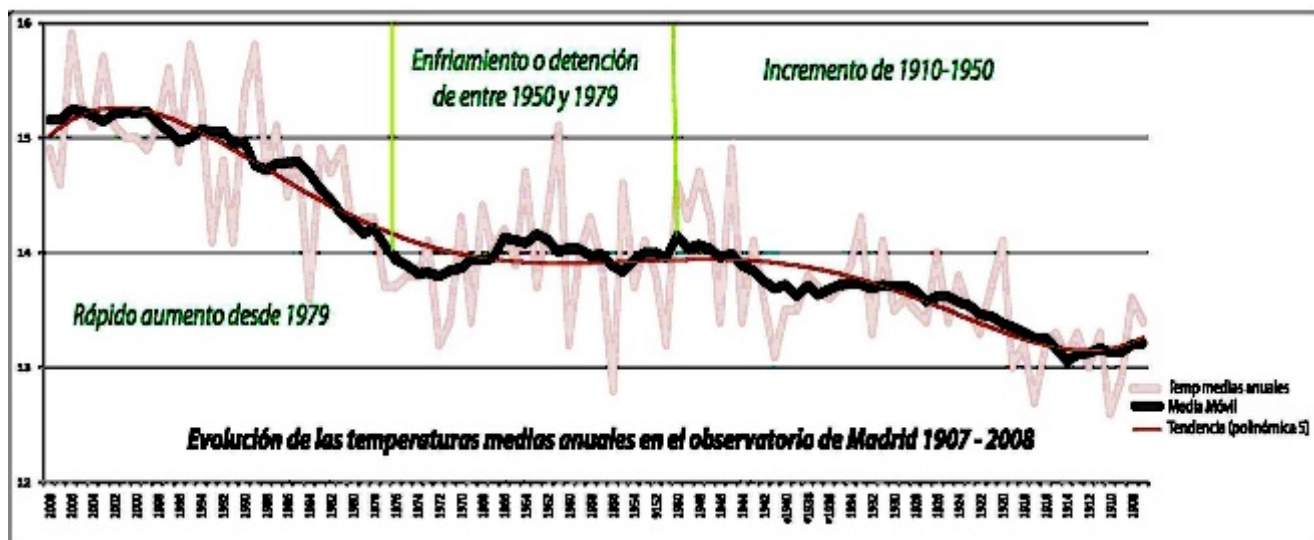
En fin, este es el contexto en que se mueven buena parte de los temas que hoy preocupan en el mundo. Mediatizados por la ciencia, adictos a las modas, politizados por posturas radicales, sometidos a los corporativismos, dependientes de las presiones que padecen los investigadores, tales debates tienen exceso de todo menos de crítica y razonamiento sosegado. 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, pero que también está ocultando, tras el ruido que produce, otros problemas de fondo que están en la raíz del cambio climático: la especulación con los espacios límite que ignora los riesgos, el capitalismo liberal que justifica todo para maximizar el beneficio, el desplazamiento de la atención a los problemas de fondo con radicalismos... 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, que se expresa a través de unos valores medios, temperaturas, precipitaciones, vientos, etc... expresado mediante valores medios, 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 Bølling, 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 calido 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 a siglo XIV, 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 XIV a mediados 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 1850 y especialmente desde 1910, porque los datos de la segunda mitad del XIX son bastante discontinuos para establecer valores globales, la temperatura ha venido ascendiendo, con un breve enfriamiento entre 1940 y 1979, especialmente en los años cincuenta y sesenta, fechas cuyos primeros años corresponden en España con lo que entonces se llamó «la pertinaz sequía». Desde 1979, la temperatura media del planeta ha crecido aceleradamente.

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 que se calienta de forma más moderada, aunque la Antártida, con excepción del sector occidental, parece que se enfría. (VAN VLIET-LANÖE 2005 pag. 401) Considerando esos cambios con una escala temporal más amplia, algunos especialistas creen que se podría 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 el 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 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.



Un siglo de temperaturas en el observatorio de Madrid (Retiro). 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 interanual. Desde 1950 descienden para alcanzar un mínimo en 1956, quedando los niveles más 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 14,5°, 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 tomar 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 más 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*

Como puede apreciarse, también a esta escala hay variabilidad. Nuestro período 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, hacen suponer a algunos científicos que podríamos estar a punto de entrar en una nueva fase de enfriamiento (no en una glaciación plena porque para llegar a alcanzar el volumen de hielo del Último Máximo Glaciar hacen falta muchos miles de años). De hecho, en los años sesenta del siglo pasado cuando se registraba el mencionado descenso de temperaturas, los periódicos predicaban la entrada en una glaciación. Se ha afirmado incluso que el enfriamiento ha empezado ya hace 6000 años (IMBRIE, 2000).

Pero también hay especialistas que sostienen que aún falta mucho para que una nueva glaciación comience, al menos desde el punto de vista astronómico: la excentricidad de la órbita terrestre se aproxima al círculo, donde permanecerá largo tiempo, de manera que la radiación será máxima tanto en invierno como en verano, situación muy poco adecuada para una glaciación, mientras que la inclinación del eje terrestre, aproximadamente en la mitad de su oscilación periódica, se aleja del máximo (BERGER & LOUTRE 2007). Así, el calentamiento actual del clima podría entrar dentro de una variación natural en un largo interglaciar, tan largo que hay quien sostiene que duraría más de medio millón de años (HOLLAN 2000), sin perjuicio de que la aportación de CO₂ de origen antrópico pueda impulsarla. Podría ocurrir que el ciclo de excentricidad de 400.000 años que comenzó con MIS11, haya concluido ahora y se inicie un nuevo ciclo de rasgos diferentes, como fue el periodo entre 800 ka y 400 ka, y otros anteriores, donde la intensidad de la glaciación parece haber sido menor y diferente el ritmo de alternancia de estadios e interestadios.

...Simulations using our climate model show, however, that the current interglacial will probably last much longer than any previous interglacial with an entrance into glaciation being highly improbable. We suggest that this is related to the shape of the Earth's orbit around the Sun which will be almost circular over the next tens of thousands of years...

BERGER, A & LOUTRE M.F :*Milankovitch Theory and Paleoclimate*. In **Encyclopedie of Quaternary Science**. Elsevier 2007 pp 1017-1022 pág 1021

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 400 ppm en Mayo de 2013. Al ritmo de crecimiento actual, se estima que para final de siglo pueda superar 500 ppm, aunque otras opiniones creen que ese valor podría alcanzarse mucho antes. Continuando la proyección, hacia el año 2400, se podría llegar a una presión de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂, 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. Incluso hay autores que suponen que podría suceder que el incremento del CO₂ en la atmósfera sea una consecuencia del calentamiento y no su causa, porque el incremento de temperatura en las aguas de superficie del océano reduce su capacidad de

absorción de CO₂ 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 CO₂ 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 facilita la formación de nubes en la parte alta de la troposfera que reflejan la radiación solar y limitan su entrada hasta la superficie, reduciendo por tanto la temperatura. Hay, además, sumideros de CO₂ 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 (H₂CO₃), que también retira CO₂ 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 CO₂ 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 estos gases, de la misma manera que en el nivel más próximo a la superficie, la contaminación, el polvo o las islas de calor de las ciudades, tienen efectos en los fenómenos atmosféricos (nieblas) y no sólo en las temperaturas. 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 los procesos que pueden seguir los llamados gases de efecto invernadero ni la magnitud de sus efectos, como tampoco se sabe cómo se sale de una glaciación o se entra en ella. Lo que se maneja son los resultados de simulaciones realizadas en ordenador que producen unos efectos u otros según los datos que se les proporcionan, 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 han 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 para deducir procesos de larga duración, sólo son aproximaciones. Los datos de clima con alguna precisión apenas superan los 100 años. Lo demás son estimaciones conseguidas a través de *proxies* (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, se presenta 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, sólo quedan en hipótesis.

Si de las estimaciones de datos climáticos pasamos a otras como, por ejemplo, la variación del nivel del mar, se trata de aproximaciones con un margen de error que supera la variación que se trata de valorar. 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, dependiendo de la ausencia de alteraciones en la órbita, la presión atmosférica, el régimen de vientos o las mareas, entre otros varios factores, 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 más 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 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 evolucionó para llegar al enfriamiento que facilitó 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 cuánto tiempo y sus efectos a escala regional está por determinar.

A lo largo del siglo XX, la temperatura ha crecido. 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 habría sido amplia-

da por 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 considerando algunas decenas de 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 lo 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 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 que 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 suelen quedar lejos de la realidad con más frecuencia de la que sería recomendable, 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 glaciar semejante se ha producido en periodos cálidos anteriores. Hay algunas consideraciones basadas en hechos históricos; por ejemplo se argumenta que para que Aníbal 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 perdida 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 igualmente 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 isostásico 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 suelo, lo que explica la permanencia del permafrost a pesar del largo interglaciar en que estamos (FRENCH 2007) Según los datos de este autor, el permafrost se calienta en el Norte de Europa y Rusia y también en el Tíbet, 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). 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 eso ocurra son muy discutibles: el permafrost se ha mantenido a pesar de las temperaturas bastante más altas del Óptimo 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, aunque 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 secuestrada en otros sumideros. Por su parte, el océano y las costas de algunos continentes responderían ajustándose por isostasia, de manera que las cifras que se mencionan deberían reducirse sustancialmente y considerar importantes diferencias regionales. Sin embargo, a pesar de lo que todos esos factores pudieran mitigar el ascenso, la subida del

nivel del mar sería muy considerable. Igualmente, si aumentan las temperaturas del agua de superficie debe haber un incremento de volumen, aunque suponiendo que aumento fuera igual en todas partes, no es fácil que se traduzcan en un 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 constata la subida del nivel del mar, en otros se advierte el descenso, lo cual, sin duda resulta de fenómenos regionales, como los movimientos 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 faltan datos con suficiente extensión temporal que permitan 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 deban 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). Recientemente una revisión de las estimaciones del ascenso del nivel del mar (Hanna et al, junio 2013) vendría a proporcionar valores entre 1992 y 2008, promediando diversas estimaciones, alrededor de 0,77 mm por año, $\pm 0,26$, siendo la mayor parte debida a la expansión térmica.

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 con la 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 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 que ha crecido de forma especialmente rápida desde fines del siglo XIX, pasando de 280 a 400 ppm y lo sigue haciendo a un ritmo aún más rápido. Por su parte, la temperatura media anual ha crecido aceleradamente desde 1979, sobre todo en el hemisferio Norte, aunque el aumento de temperaturas se viene registrando, con altibajos, desde la segunda mitad del XIX. Como consecuencia de este aumento hay otra evidencia, el retroceso 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 incremento del CO₂ es el único responsable del aumento de temperatura o bien se trata de una coincidencia en el tiempo que está acelerando un proceso natural.

Suele usarse como ejemplo, para las consecuencias que puede tener un creciente nivel de CO₂, el caso del Planeta Venus, cuya temperatura de superficie es de 460°C, aunque se oculta que el 96,5 % del volumen de la atmósfera de Venus es CO₂, mientras que en la Tierra, después de un rápido crecimiento, sólo representa el 0,04 %, omitiendo también que Marte cuya proporción de CO₂ atmosférico es semejante a Venus, está lejos del efecto invernadero. Y es que hay más razones que el dióxido de carbono para explicar las diferencias entre esos dos planetas: se trata en principio razones cósmicas: la distancia del Sol a Marte es el doble que la que le separa de Venus. Sucede, sobre todo, que Venus ofrece la misma cara al sol durante 121,5 días terrestres o, dicho de otro modo, el terminador, la franja que separa el día de la noche, tarda 2.908 horas terrestres en recorrer un hemisferio de Venus. Si aquí, la diferencia entre el invierno y el verano se debe a la distinta duración de la insolación (diferencia entre el día y la noche, que para nuestra latitud viene a ser de en torno 7,5 horas entre Junio y Diciembre), puede suponerse que en la cara iluminada de Venus, incluso sin CO₂, haría mucho calor. Con semejante acumulación de calor, si hubo agua en cantidad semejante a la que tiene la Tierra, se habría evaporado. La ausencia de agua impide un ciclo del carbono como suceden en la Tierra, de manera que todo el carbono, que en nuestro planeta se distribuye entre sedimentos, materia orgánica, atmósfera y océanos, en Venus se acumula en la atmósfera, elevando la presión hasta superar la terrestre mas de cien veces; atmósfera que con una violenta circulación atmosférica distribuye el calor entre las dos caras del planeta de modo que se iguala la temperatura en todo el planeta hasta esos 460°C de la superficie. 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.

No sabemos, pues, con precisión cómo se comporta el CO₂ a partir de determinados niveles de concentración y cómo lo condicionan o estimulan otros efectos o retroacciones. La emisión de carbono a la atmósfera alcanzó niveles destacados ya 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 donde el ascenso de las temperaturas es más notable. Por otra parte, 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, sino que parece más bien al contrario. 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 reservas para poder aceptarla sin reparos.

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 y la pasión que en este caso rodean la cuestión y también aparecieron enseguida pruebas incuestionables. 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 están aportando un gran volumen de nuevos conocimientos.

Por otra parte, conviene no olvidar que la incertidumbre es habitual en la ciencia que necesita construir sobre ella, formulando hipótesis con las que se comienza a trabajar para poder 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. Claro que eso no significa que no debemos hacer nada para prevenirlo. Por poner otros ejemplos: sabemos que entre determinados comportamientos y determinadas enfermedades 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 quienes dejen de seguirlo no la padezcan. Pero parece que sería insensato, partiendo de esta

falta de certeza, no recomendar que cesen tales comportamientos advirtiendo de los riesgos. Aunque esas 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 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 no es receptiva a la más mínima duda y, lo peor de todo, es que consideran que quien no piensa como ellos son enemigos porque con sus dudas amenazan 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. Es probable que la puesta en marcha del fenómeno 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 (SOROKHTIN 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

(actualizado en Junio 2013)

L V GarcíaMerino

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 que se refiere a los primeros apartados, son opiniones personales basadas en más de 40 años de observación del medio. No obstante pueden encontrarse abundantes referencias, que no dejan de ser también opiniones personales, en los numerosos artículos que recientemente viene publicando la prensa de todo el mundo sobre la ciencia y la universidad, así como en los propios trabajos de los paleoclimatólogos que aquí se citan y en las abundantes páginas y blogs sobre el tema. Este trabajo y algunos otros relacionado con él se publican en la página www.garciamerino.eu.

- BERGER, A & LOUTRE M.F : *Milankovitch Theory and Paleoclimate*. In **Encyclopedie of Quaternary Science**. Elsevier 2007 pp 1017-1022
- 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>
- COMELLAS, José Luis (2011) *Historia de los cambios climáticos*. Rialp. 318 págs.
- CUSTER, Julie Kerr (2009): *Climate systems. Interactive forces of global warming*. Facts on File. 219 págs.
- 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*. 3 edition. Chichester. West Sussex. 458 páginas.
- GARCÍA CODRÓN. J.C. Coord. (2000): *La reconstrucción del clima preinstrumental*. Santander. Universidad de Cantabria 212 págs.
- 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](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.htm)
- HANNA, Edward et al. (2013): *Ice-sheet mass balance and climate change*. In **Nature** 6 junio 2013. Vol 498 pp. 51-59.
- HASSELMAN, Klaus: *The climate change game*. In **Nature Geoscience** Vol 3 august 2010 pp 511-512.
- HOLLAN, Jan (2000): *No soon Ice Age, says astronomy*. On line en http://amper.ped.muni.cz/gw/articles/html.format/orb_forc.html
- 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. Disponible online en (<http://www.sciencemag.org/content/207/4434/943.abstract>)
- JIANG, Yan; DIXON, Timothy and WADOWINSKI, 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.

- LINGL, Paul, CARLSON, Deborah and David Suzuki Foundation (2010): *Doing business in a new climate. A guide to measuring, reducing and offsetting greenhouse emissions*. Earthscan Publishing. 83 págs.
- LOMBORG, Bjørn (2008): *En frío. La guía del ecologista escéptico para el cambio climático*. Espasa Calpe. 284 págs. Es una síntesis actualizada de un libro más extenso de 2001, publicado en Español por Espasa en 2003
- LOVELOCK, James (2011 edición española, el original es de 2009): *La Tierra se agota. El último aviso para salvar el planeta*. Planeta 293 págs.
- 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
- MANN, Michael E (2008): *Dire predictions. Undertanding global warming*. Pearson 208 págs.
- MCINTYRE, S & MCKITRICK, R (2003): *Corrections to the Mann et al (1998) proxy data based and Northern hemispheric average temperature series*. In **Energie and Environment** 14 pp- 751-771. Disponible on line <http://www.climateaudit.org>.
- MEDIAVILLA PÉREZ, M.J. (1999): *Historia de la Tierra. Un estudio de la materia*. Madrid. McGraw Hill. 245 págs.
- RAPP, Donald (2008): *Assessing Climate Change. Temperatures, solar radiation and heat balance*. Springer. 374 págs.
- RAPP, Donald (2009): *Ice Ages and Interglacials. Measurements, Interpretation and Models*. Berlin. Spinger. 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. Ansterdam Elsevier.
- 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.
- WELZER, Haral(2010): *Guerras climáticas. Por qué mataremos (y nos matarán) en el siglo XXI*. Karz 342 págs.
- 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.
- ZALASIEWICK, Jan & WILLIAMS, Mark (2012) *The goldilocks planet. The four billion year story of earth climate*. Oxford University Press. 303 págs.

Blogs:

[http://deepclimate.org/2009/12/17/wegman-report-revisited/#more-1273;](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://deepclimate.org/2010/01/06/wegman-and-rapp-on-proxies-a-divergence-problem-part-2/)

[Http://ClimateAudit.org](http://ClimateAudit.org)