

5.1.

El interés de la paleoclimatología

La constatación de que la temperatura media del planeta ha aumentado a nivel global entre 0,3 y 0,6°C en los últimos 100 años, el aumento en el nivel de los mares y la sucesión en los últimos decenios de eventos climáticos de carácter extraordinario, amplificados muchas veces por los medios de comunicación pero que en ocasiones suponen récords absolutos dentro del registro instrumental de datos meteorológicos, han puesto en alerta a buena parte de la comunidad científica más directamente implicada en el tema así como a los diversos organismos nacionales e internacionales y en general a toda la sociedad en relación con la posibilidad de que actualmente estemos asistiendo a un momento de variación global de las condiciones climáticas.

Estos cambios recientes estarían relacionados con la alteración en la composición atmosférica que ha supuesto la masiva emisión antrópica de gases con efecto invernadero desde el inicio de la Revolución Industrial, gases que como el CO₂, el CH₄ y el N₂O están presentes de forma natural en la atmósfera pero que desde el siglo XIX han aumentado su proporción en un 30%, 145% y 15% respectivamente, propiciando junto a otros gases de origen antropogénico como los clorofluorocarbonados (CFCs) un forzamiento radiativo positivo y con ello un incremento del efecto invernadero que parece estar detrás de los cambios en los patrones climáticos globales.

Pero lo cierto es que el clima cambia y más allá de esa interferencia antrópica reciente sobre su evolución, éste ha variado a lo largo de la historia geológica del planeta y lo ha hecho de forma natural, en función de factores como la disposición de océanos y masas continentales, las variaciones en la composición atmosférica o los cambios en la radiación solar incidente en relación con la posición de la Tierra respecto del Sol. Estos cambios se han producido a distintas escalas temporales, desde la milenaria a la secular y decenal, con consecuencias que en ocasiones han tenido carácter global y que se han manifestado en enfriamientos de hasta 8°C y calentamientos de 5°C en relación a la temperatura media de superficie actual cuantificada en 15°C.

Las primeras evidencias sobre cambios climáticos de alcance global se han señalado para dos momentos distintos del Precámbrico, hace entre 2.400 y 2.200 MA (millones de años) el primero y 950-650 MA el segundo. También en el Pérmico, hace 250 MA, encontramos restos geológicos relacionados con la presencia de masas glaciares que hablarían, de forma inequívoca, de condiciones más frías.

Esas fases alternarían con largos periodos más cálidos con una variabilidad interna que, en ambos casos, no resulta bien conocida dada la escasez de restos encontrados y las dificultades de datación. Como periodo cálido singular destacaría el Cretácico, donde hace entre 100 y 65 MA la temperatura media del planeta se situó 6 °C por encima de la media actual, hasta alcanzar los 21 °C en el contexto de una atmósfera con una elevada concentración de CO₂.

El Cuaternario, el último periodo geológico, se configura como un momento relativamente frío en el contexto de los 4.600 MA de historia de la Tierra. Los algo más de 1,6 MA que ocupa este periodo se caracterizan por mostrar una secuencia cíclica de fases frías o glaciares de una duración de entre 50.000 y 100.000 años, separadas por intervalos más breves y cálidos, conocidos como interglaciares, de una duración de entre 5.000 y 10.000 años, el último de los cuales, el Holoceno, correspondería con el actual postglacial y se extendería a lo largo de los últimos 11.000 años. Las oscilaciones térmicas entre esas fases glaciares e interglaciares llegaron a alcanzar los 10 °C, con descensos de hasta 8 °C respecto de la media actual e incrementos de hasta 2 °C en los interglaciares cálidos, produciéndose en ocasiones transiciones relativamente rápidas, de unos centenares de años, desde las condiciones frías a otras más cálidas.

Sea cual sea su magnitud y escala temporal, estos cambios en el clima llevaron aparejadas importantes consecuencias ambientales que han dejado huellas evidentes en los procesos bióticos y abióticos que se desarrollan en la superficie terrestre. Éstas evidencias constituyen así indicadores, signos claros, de que en algún momento del pasado las condiciones climáticas diferían de las que se observan en la actualidad. Sólo en virtud de la existencia de un clima distinto podría explicarse la presencia, por ejemplo, de restos de actividad glaciar en nuestras latitudes a altitudes sobre el nivel del mar escasamente por encima de los 800 mts, o evidencias fósiles de fauna y vegetación propias de climas más cálidos o fríos.

La paleoclimatología es la ciencia que se encarga del estudio en interpretación de toda esa información que, genericamente, los investigadores denominan como *proxy-data*. A través de ella se puede conocer, datar y cuantificar las oscilaciones del clima en el pasado, en particular aquellas que han tenido lugar en el Cuaternario más reciente en virtud de la mayor cantidad, calidad y variedad de las fuentes de información paleoclimática conservadas. Estas son, al menos potencialmente, abundantes en relación con los impactos que los cambios en el clima tiene sobre los procesos que se desarrollan en la superficie terrestre. Pero la información resultante será de distinta calidad y resolución temporal, desde la información cualitativa que sobre los grandes periodos fríos y cálidos del Cuaternario pueden suministrar los restos glaciares o las etapas de desarrollo de terrazas fluviales a los datos cuantitativos sobre precipitación y temperatura que con una resolución estacional pueden aportar los estudios dendrocronológicos sobre el clima del último milenio. Dirección e intensidad de los vientos, presión atmosférica y composición del aire o eventos extremos de precipitación, son otras variables sobre las que se puede obtener información a través del estudio de los depósitos eólicos, restos de polen, cores de hielo, etc (tabla 9).

Los métodos de investigación que conducen a la interpretación de todos estos proxy-data en términos paleoclimáticos son complejos, siendo necesario en muchas ocasiones contar con grupos de trabajo de carácter multidisciplinar. Sin embargo, detrás de todos estos métodos opera siempre el conocido como principio del actualismo, según el cual las condiciones ambientales y dentro de ellas las

climáticas necesarias para que funcionen determinados procesos en el pasado serían las mismas que en la actualidad. Por tanto, conocida la relación proceso-clima en el presente, podremos deducir en qué condiciones se desarrollaron en el pasado los procesos estudiados siempre que estos tengan una analogía con otros funcionales en la actualidad.

ORIGEN		TIPO DE FUENTE
GEOLÓGICAS	MARINAS	Depósitos marinos
		Formas asociadas a cambios en el nivel del mar
	CONTINENTALES	Formas y depósitos periglaciares
		Formas y depósitos glaciares
		Terrazas fluviales
		Dinámica de laderas y fondos de valle
		Depósitos eólicos
		Morfologías lacustres
		Paleosuelos
		Travertinos
		Espeleotemas
		Cores de hielo
		BIOLÓGICAS
CONTINENTALES	Polen y esporas	
	Macrofósiles de plantas	
	Restos de insectos	
	Restos de moluscos	
	Anillos de crecimiento anual de los árboles	
	HISTÓRICAS	
INSTRUMENTALES		Observaciones instrumentales históricas

Pero el interés de esta disciplina no radicaría sólo en la lógica curiosidad científica por conocer e interpretar el clima del pasado, su resultado seguramente más inmediato, o en la búsqueda de una explicación a múltiples procesos bióticos o abióticos funcionales o no en la actualidad, aspectos ambos ya de por sí interesantes y que justificarían su existencia. El conocimiento de la evolución del clima a escala secular o milenaria nos ayuda a situar mejor la realidad climática actual, recordemos que en una atmósfera fuertemente intervenida por la actividad antrópica, contextualizando su evolución en un marco temporal más amplio que el que permiten los datos meteorológicos instrumentales. Y por otro lado, los modelos matemáticos desarrollados para prever la futura evolución del clima en diferentes escenarios (referidos estos al rango de valores que pueden adoptar las variables que conforman e interactúan dentro del sistema climático terrestre) precisan de información paleoclimática para poder ser validados. La razón es sencilla: si los modelos son capaces de reproducir con exactitud el clima del pasado, conocido a partir del estudio sobre proxy-data, podremos sin lugar a dudas confiar en mayor medida en las previsiones que efectúen para las próximas décadas. De ahí el interés de los estudios paleoclimáticos y los notables avances que esta disciplina ha experimentado en las últimas décadas, tanto en el ámbito metodológico como en el de resultados.

Tabla 9. Fuentes de información paleoclimática. Los cambios climáticos dejan señales en los procesos bióticos y abióticos que se desarrollan en la superficie terrestre que podemos interpretar en términos paleoclimáticos con objeto de obtener información sobre la evolución del clima. Derivada de esta idea, la posibilidad de encontrar fuentes de información paleoclimática es potencialmente abundante.