EDUCACIÓN

OLIMPIADA VENEZOLANA JUVENIL DE CIENCIAS 2026

cenamec
Fundación Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia

Olimpiada Venezolana Juvenil de Ciencias

Reconstruyendo el clima del pasado

Marcelo A. Zárate

2026

Reconstruyendo el clima del pasado

Marcelo A. Zárate[1]

[1] Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP), CONICET-UNLPam, Avenida Uruguay 151, Santa Rosa, La Pampa. E-mail: marcelozarate55@yahoo.com.ar

En los últimos años y con tendencia creciente, los estragos e impactos causados por incendios devastadores, inundaciones sin precedentes, sequías extremas sumadas a olas de calor abrasadoras como la del verano 2023, se han convertido en noticias frecuentes. Noticias que ocupan la primera plana de los diarios con titulares apocalípticos (e.g. “escenarios dantescos”, ”una impresionante ola de calor extremo sofoca a EE UU, Europa y Asia”). Suelen estar prolíficamente ilustrados con videos, fotos y testimonios de testigos y gente afectada. Nos preguntamos si son usuales, ¿por qué ocurren? ¿cómo se explican? ¿son acontecimientos sin precedentes? ¿somos nosotros con nuestras actividades quienes generamos estos cambios? La mayoría de la comunidad científica acuerda en que son la consecuencia del Cambio Climático, la gran problemática contemporánea que enfrenta la humanidad, pero ¿qué es el Cambio Climático? El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) lo define como el resultado de variaciones estadísticamente significativas de las condiciones climáticas medias o de la variabilidad que presentan durante un período prolongado, generalmente durante decenios o más tiempo (IPCC, 2013). Los escenarios planteados para las próximas décadas no son promisorios, por el contrario, apuntan a incrementos de la temperatura, el denominado calentamiento global, cuyas consecuencias pueden catalogarse como devastadoras, tanto para la biodiversidad como para la sociedad en general.

Si el Cambio Climático analiza el comportamiento de los parámetros meteorológicos (por ejemplo temperatura, lluvias) en varios decenios, vale la pena explorar cómo ha sido el clima en escalas temporales más amplias; en épocas inclusive anteriores a la aparición de nuestra especie, el *Homo sapiens*. Por lo tanto, este artículo intenta reseñar lo que sabemos del pasado climático, el paleoclima, a qué fuentes de información acudimos para inferirlo, las escalas temporales empleadas, los factores involucrados. La finalidad es brindar un marco de referencia para comprender y poner en contexto el problema del Cambio Climático.

El sistema climático y el paleoclima

Según la Organización Meteorológica Mundial el clima es el promedio de las condiciones meteorológicas (por ejemplo, humedad, temperatura, precipitaciones, viento) a lo largo de un intervalo determinado; se proponen dos lapsos (1951-1980 o 1961-1990). Definido el clima, el paleoclima hace referencia a las condiciones climáticas existentes previas a los períodos con registros instrumentales, es decir, a la instalación de estaciones meteorológicas, las más antiguas datan de mediados a fines del siglo XIX (Bradley, 2015). Los estudios realizados han revelado la complejidad de la historia climática, producto de la interacción entre el volumen de hielo (criósfera), los organismos (biósfera), la atmósfera, los océanos (oceanósfera) y la corteza del planeta (la litósfera). En consecuencia, el clima es un sistema (el sistema climático), integrado por cinco subsistemas (criósfera, biósfera, atmósfera, oceanósfera, litósfera). Quiere decir que cualquier modificación en alguno de ellos, tales como cambios en la composición de la atmósfera, reducción de la cubierta de hielo, modificaciones en las corrientes oceánicas, transformaciones de la biota y de las áreas emergidas, genera una respuesta en los restantes.

Las fuentes de información paleoclimática

Para analizar el paleoclima recurrimos a determinadas fuentes de información que brindan los ambientes, así como ciertas actividades humanas. De esta manera apelamos al estudio de paisajes, depósitos sedimentarios y restos de organismos, así como a textos, pinturas, documentos. Las características que exhiben cada uno de ellos son un reflejo de las condiciones existentes cuando se formaron esos paisajes, se acumularon los depósitos, vivieron los organismos, se escribieron textos o pintaron ciertas obras. Es decir, son indicadores indirectos de las condiciones climáticas, se las denomina registros *proxy* (*proxy records*) término ampliamente empleado en la literatura científica argentina.

Con fines prácticos y para reseñar sucintamente su importancia, agrupamos las fuentes de información paleoclimática en tres categorías principales (ver recuadro). En las geológicas comenzamos con las formas del paisaje, es decir con las características particulares del relieve de ciertas áreas; fueron las primeras que se emplearon. Una de las más ilustrativas son las formas generadas por glaciares, valles con perfil transversal en U, enormes cubetas, hoy día ocupadas por cuerpos lacustres como el lago Buenos Aires, el Nahuel Huapi, por ejemplo; unas especies de anfiteatros en las cabeceras de ríos andinos (circos glaciales), picos muy agudos en forma de aguja (Monte Olivia en Ushuaia). Son relieves típicos de los Andes Patagónicos, la cordillera Darwin de

Fuentes de información paleoclimática		
Geológicas	**Biológicas**	**Antrópicas**
-Formas del paisaje (geoformas) -Depósitos expuestos en barrancas, acantilados, canteras, perforaciones -Testigos de fondo marino -Testigos de fondos de lagos y lagunas -Testigos de hielo -Espeleotemas	-Restos de invertebrados: moluscos, crustáceos, foraminíferos -Restos de vertebrados -Granos de polen, espículas, fitolitos -Algas: diatomeas -Anillos de árboles	-Obras pictóricas -Textos literarios -Informes, actas de cabildos, instituciones

Tierra del Fuego, así como los sectores de alta montaña de los Andes (Figura 1). Asociados con estos rasgos erosivos encontramos los depósitos acumulados por los glaciares, denominados morenas que consisten en elevaciones formadas por material sedimentario de diferente tamaño. Son comunes, por ejemplo , en las zonas urbanas de Ushuaia y Bariloche. Todas estas formas de paisaje señalan la existencia de glaciares en el pasado y, por lo tanto, condiciones climáticas mucho más frías que las actuales.

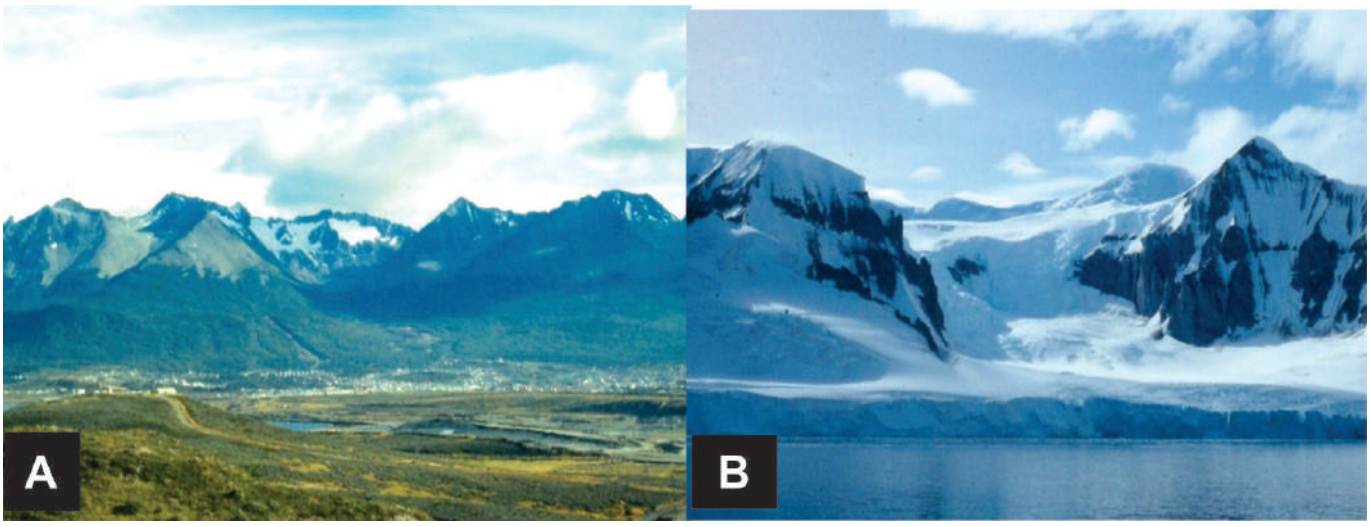

Figura 1. Formas del paisaje. A, Ushuaia, formas generadas por la actividad glacial durante la última glaciación. B, Península Antártica, glaciar en valle, es el aspecto general que tuvo Ushuaia hace unos 20.000 años.

Los campos de médanos, frecuentes en la región pampeana central, así como en el piedemonte andino de Mendoza y San Juan, los bolsones de Catamarca, entre otros lugares, también aportan información que permite inferir las condiciones en las que se formaron (Figura 2). El estudio de las formas y la composición de las arenas de estos campos de dunas indican intervalos en el pasado caracterizados por la acción dominante de vientos de determinadas direcciones que respondían a las condiciones climáticas imperantes.

Otra fuente a la que acudimos son las barrancas de los cursos de agua o los acantilados marinos, por caso, que exponen los sedimentos que los forman. Muchas veces acudimos también a exposiciones artificiales, las canteras, ya que en sus paredes los depósitos están visibles (Figura 2). Aportan evidencias para interpretar los procesos involucrados en su acumulación y por ende condiciones del pasado. Además de los mencionados, los depósitos acumulados en los fondos marinos, así como los de lagos y lagunas, son excelentes archivos naturales de registros proxy. Estos ambientes son estudiados a través de la ejecución de perforaciones que atraviesan los fondos marinos y lacustres obteniendo columnas cilíndricas de los sedimentos acumulados, llamadas testigos (Figura 3) .

En las últimas décadas se incorporaron otras fuentes de información paleoclimática. Por ejemplo, los testigos de hielo (Fgura 3), extraídos de los mantos de hielo de Antártida, de Groenlandia, así como de glaciares andinos y del Tíbet, entre otros lugares. También los espeleotemas (estalactitas-estalagmitas), formados en cuevas por la acumulación de carbonato de calcio.

Tanto los registros sedimentarios expuestos en barrancas como en los de fondos marinos y lacustres, así como en los testigos de hielo y los espeleotemas presentan características determinadas

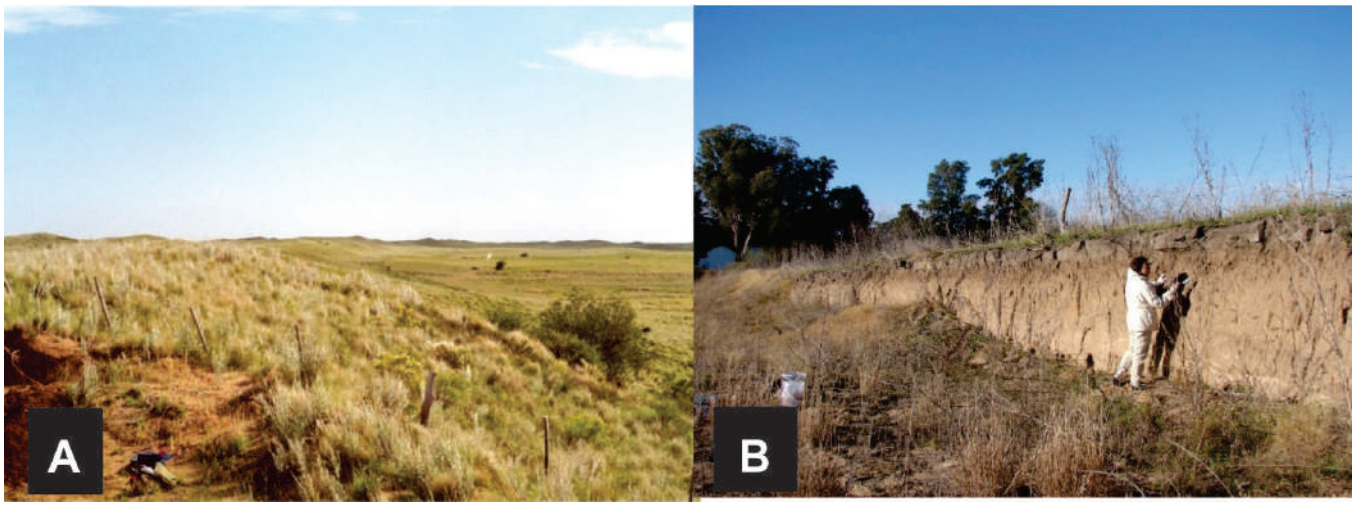

Figura 2. Los sedimentos y las formas de paisaje. A, médanos en el oeste de la provincia de La Pampa. B, corte en una cantera que expone el perfil de suelo y sedimento. En la foto, Dra. María Isabel González

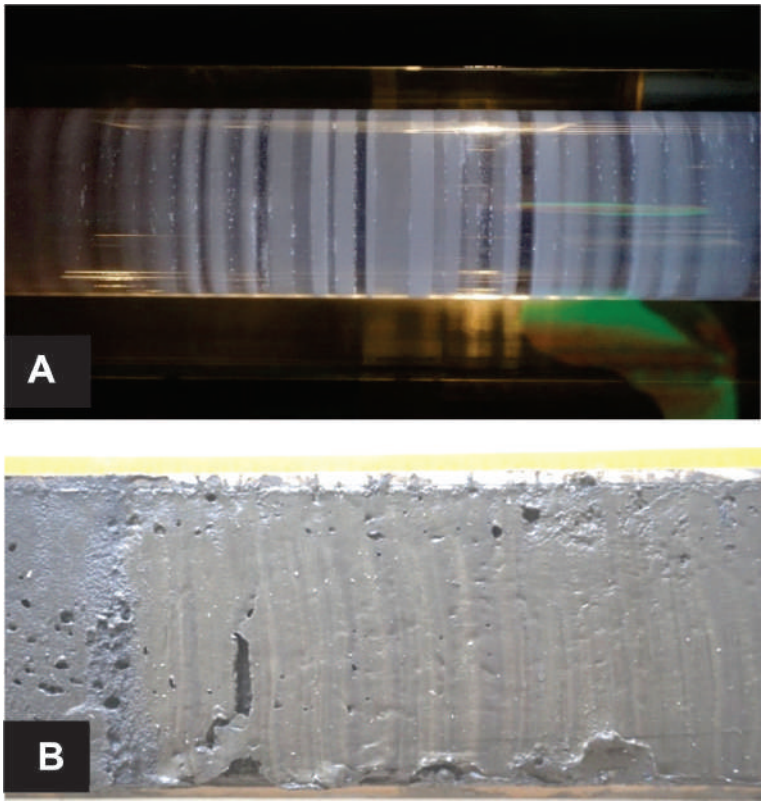

Figura 3. Hielo y sedimentos como fuentes de información. A, testigo de hielo con bandas anuales (en promedio 1,5 cm de espesor) integradas por una capa oscura con más impurezas debido a la fusión de la nieve (verano) y una clara, más limpia y con mayor acumulación de nieve (invierno), B, testigo de fondo lacustre (aproximadamente unos 35 cm de longitud) con capas sedimentarias laminadas que señalan variaciones de las condiciones ambientales y climáticas durante la acumulación de los depósitos

de color, tamaño de partícula composición química, entre otras, que varían secuencialmente, lo cual permite inferir cómo fueron los cambios de las condiciones climáticas a medida que se formaban.

Las fuentes de información biológica incluyen todos aquellos restos de organismos preservados en los depósitos en general, tanto de fondos marinos y lacustres como en barrancas, acantilados o canteras. Algunos de los más comúnmente analizados en Argentina, son los palinomorfos (granos de polen, cutículas, esporas, fitolitos) que aportan datos sobre la vegetación del pasado (Figura 4); las diatomeas (algas), los caracoles terrestres y marinos (moluscos), y los foraminíferos, diminutos organismos unicelulares cuya conchilla está formada por carbonato de calcio (Figura 4). Todos estos organismos viven en determinadas condiciones de salinidad, temperatura, profundidad del cuerpo de agua, de manera que la presencia de ellos en los depósitos hace posible inferir las condiciones generales durante las que existieron. A todos éstos, debemos sumar los restos fósiles de vertebrados, especialmente mamíferos, frecuentes en los depósitos continentales de Argentina.

El grupo de las fuentes de información vinculadas con actividades humanas, también aporta información valiosa, especialmente para el último milenio. Así, se ha recurrido a archivos históricos, las actas de los cabildos, por ejemplo, que han brindado datos interesantes sobre cosechas,

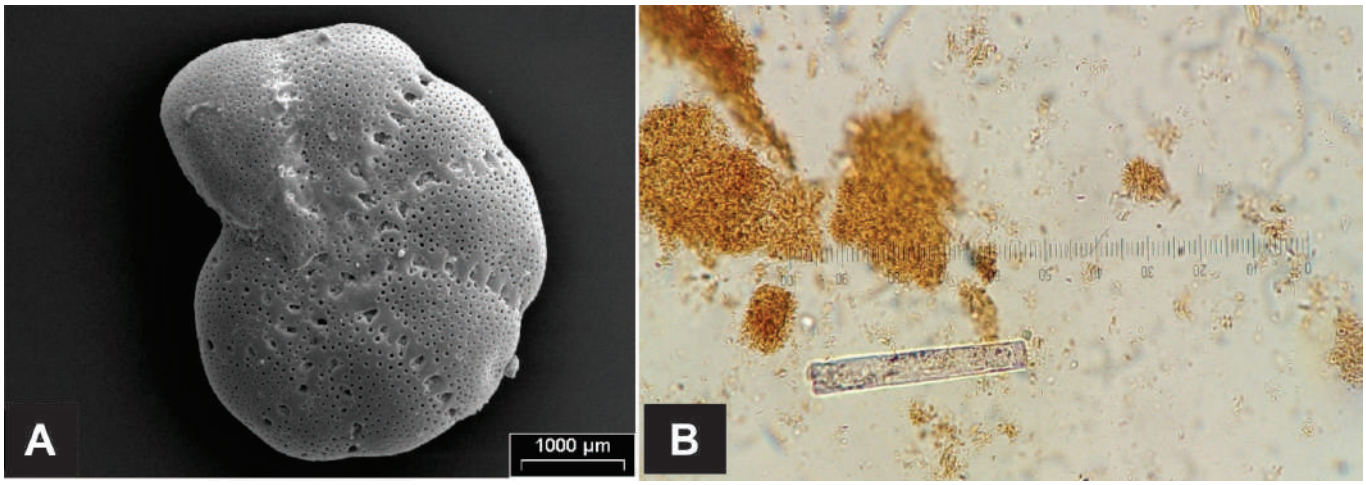

Figura 4. Los archivos biológicos. A, Foraminífero, la barra es 1 mm (1000 micrones), foto Gabriela Cusminsky. B, Célula silícea (fitolito), de una gramínea, longitud 25 micrones, Antofagasta de la Sierra, Catamarca. Foto Laura Benvenuto

inundaciones, sequías (Prieto et al., 2018); obras pictóricas, son muy conocidas las de Brueghel que testimonian los fríos inviernos de los Países Bajos durante el siglo XVI.

Los archivos paleoclimáticos de alta resolución

Las reconstrucciones paleoclimáticas tienen distinto grado de detalle según el registro empleado. En este sentido, la calidad de ellos, medida en términos de la resolución temporal que proporcionan, varía desde milenios a información anual. Los registros más completos son los que no han sido afectados por procesos naturales que puedan haber removido (erosionado) una parte del mismo. En términos comparativos, los ambientes de fondo marino son mucho más estables y tienen mayor potencial relativo de preservación de los depósitos, están mucho menos afectados por la acción erosiva, mayor, por cierto, en los ambientes continentales. En estos últimos, los fondos de lagos y en menor medida de lagunas y salares, recrean condiciones similares a la de los fondos marinos, presentan mayor potencial de preservación relativo. La diferencia entre los registros de fondos marinos y de lagos por ejemplo estriba en que los primeros tienen mayor profundidad temporal, son registros que han permitido inferir las condiciones paleoclimáticas de hasta millones de años, mientras que los lacustres, son registros cronológicos más cortos.

Los depósitos eólicos finos (loess) expuestos en barrancas y acantilados también han sido objeto de numerosos estudios. En el pasado existieron lapsos de clima más frío y mayor aridez general en las que importantes volúmenes de loess se acumularon, entre otros lugares, en la llanura chaco-pampeana, así como en los valles andinos orientales de Tucumán y Catamarca. El estudio de la

composición y tamaño de partícula del loess indica de dónde procedían, así como la intensidad de los vientos que los acumularon. Intercalados en los depósitos de loess aparecen niveles de suelos enterrados (paleosuelos); en términos generales, señalan intervalos de estabilidad general de las superficies topográficas (mucha menos acumulación de loess y mínima remoción -erosión-) que corresponden a lapsos de condiciones climáticas de mayor temperatura y humedad efectiva. Un ejemplo relevante son las sucesiones eólicas de loess-paleosuelos de Tafí del Valle en Tucumán, estudiadas al comienzo por el geólogo J.M. Sayago (Zinck y Sayago, 1999); estudios posteriores permitieron reconstruir la historia climática y ambiental de la región que se extendería hasta un millón de años aproximadamente (Schellenberger et al., 2006).

Los testigos de hielo son archivos de alta resolución que permiten obtener una cronología anual; han sido clave en la reconstrucción paleoclimática de las últimas decenas de miles de años. Las capas sucesivas de hielo brindan información sobre la composición de la atmósfera y del agua en el pasado lo cual está directamente vinculado con las condiciones climáticas. Por ejemplo, las burbujas de aire entrampadas en las capas de hielo preservan la composición de la atmósfera (por ejemplo el contenido de metano, y CO_2, entre otros gases), del momento en que se produjo la nevada que luego se transformó en hielo; también la composición química de las capas de hielo es un *proxy* de la condición climática general pues varía en función de la temperatura y el volumen de los mantos de hielo existentes en su momento.

El estudio de los anillos de árboles (dendrocronología) es otra fuente de información de alta resolución; brinda una cronología anual y, a través de las propiedades del anillo tales como espesor, densidad, composición química se pueden inferir las condiciones climáticas del año en que se formó; son muy importantes en la historia paleoclimática de los últimos miles de años (por ejemplo Villalba, 1994). Por último, los espeleotemas, también registros de alta resolución, han aportado información paleoclimática de las últimas centenas de miles de años y en particular de los últimos 9 milenios. Las variaciones de la composición química (por ejemplo, las relaciones de isótopos de Oxígeno) de las bandas de carbonato de calcio que los forman son el *proxy* para inferir las condiciones climáticas.

Glaciaciones e interglaciaciones

Los registros de fondo marino han provisto la información clave de la historia climática de los últimos 2,6 millones de años. En el calendario de la Tierra este lapso es el periodo Cuaternario durante el cual ha tenido lugar una parte sustancial de la evolución del género *Homo*. Los depósitos incluyen tanto partículas sedimentarias como restos de organismos. Entre éstos, son comunes los

foraminíferos; la composición química del carbonato de calcio que compone la conchilla de estos organismos (la relación existente entre los isótopos de oxígeno del carbonato, O^{18} y O^{16}) es un *proxy* de la que tenía el agua de mar de la cual precipitó el carbonato en su momento. Los resultados obtenidos señalaron la existencia de una variación cíclica de la composición química (la relación isotópica de Oxígeno). Luego de muchos estudios, se estableció que, a través del tiempo, la variación de esa relación dependía en un ~30 % de la temperatura y ~70% del volumen de hielo continental (Bradley, 2015). De esta manera, se pudo inferir que la temperatura del planeta y concomitantemente la extensión de las masas de hielo, cambiaron a intervalos regulares a lo largo del Cuaternario (Figura 5).

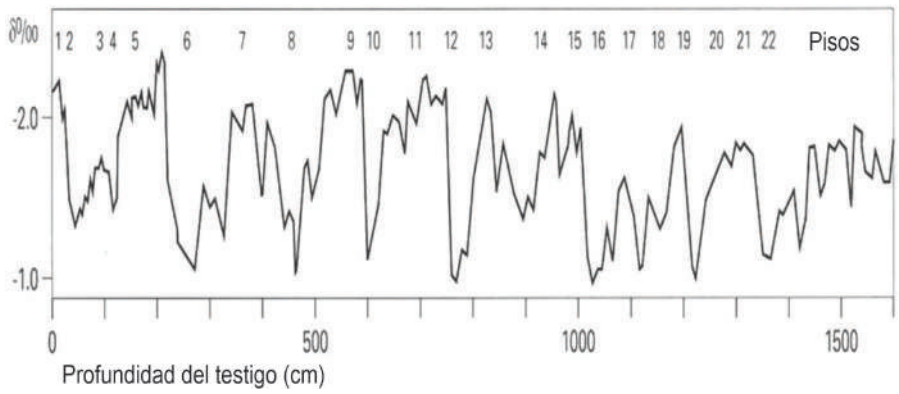

Figura 5. Los ciclos de glaciación de los últimos 1,2 millones de años aproximadamente, inferidos a partir de las relaciones de isótopos de oxígeno (abscisa) del carbonato de las conchillas de foraminíferos de fondo marino. Los pisos impares señalan intervalos de mayor temperatura. Los pisos pares, los momentos de máximo enfriamiento. En la ordenada, profundidad en el testigo marino. Las variaciones cíclicas en la composición isotópica del oxígeno contenido en las conchillas de los foraminíferos de distintas edades, permiten inferir los cambios de temperatura y del volumen de hielo a través del tiempo.Modificado de Lowe y Walker (1997)

Uno de los puntos más interesantes revelado por los estudios es que esas variaciones presentan patrones cíclicos con frecuencias determinadas. Coinciden con las variaciones de parámetros orbitales: la excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del sol, la inclinación del eje de la Tierra y el movimiento en forma de trompo que tiene nuestro planeta sobre su eje. Los parámetros orbitales varían a intervalos constantes, cíclicos que involucran decenas de miles de años. Los estudios se prolongaron durante muchos años hasta ajustar los resultados y llegar a proponer el modelo climático de cambios cíclicos actualmente vigente. Los cambios orbitales son los forzantes externos del clima a los que alude el IPCC (2013); no sólo implican la variación de la cantidad de radiación que llega, sino también cómo se distribuye en la superficie del planeta.

En síntesis, las fuentes de información señalan entonces que, durante el Cuaternario, la Tierra ha experimentado periodos fríos durante los cuales se incrementó la extensión y volumen de los glaciares y mantos de hielo, es decir periodos de glaciación, interrumpidos por intervalos más cortos de temperaturas más altas, los interglaciales. Sin embargo, debemos señalar que las glaciaciones no han sido exclusivas del Cuaternario. La historia de nuestro planeta tuvo otros periodos muy fríos.

Hacia fines del Paleozoico (~260 a 370 millones de años) se desarrolló una extensa y prolongada glaciación, la glaciación del Gondwana, un antiguo supercontinente del que América del Sur formaba parte junto con África, la India, Antártida y Australia. También existen evidencias de otras grandes glaciaciones en tiempos geológicos mucho más remotos.

¿Cuándo comenzó el último enfriamiento de la Tierra?

Para comprender las condiciones climáticas del Cuaternario con alternancia de glaciaciones e interglaciaciones debemos retroceder hasta hace unos 65 millones de años, hacia finales del período Cretácico, caracterizado por una temperatura media alta, unos 23°C. Es a su término cuando el planeta comienza lenta y progresivamente a enfriarse, proceso que se conoce como el enfriamiento postcretácico. A partir de entonces, a lo largo de esos 65 millones de años, la disminución de la actividad volcánica, el desplazamiento de las placas continentales hacia posiciones cada vez más cercanas a los polos generaron importantes cambios en la circulación oceánica, así como la formación de cadenas de montañas e incluso la tasa de alteración química de los minerales. En conjunto, estas modificaciones entre otras, influyeron en la composición atmosférica (entre otras consecuencias, menos CO_2 por ejemplo) y variaciones en la distribución de la radiación solar en la superficie según la posición que adquirían las masas continentales. Es decir, la condición climática cuaternaria tiene sus raíces en un proceso complejo y de larga data de millones de años.

Ciclos de glaciación y niveles del mar

Durante los últimos 800.000 años, el planeta ha experimentado 8 grandes ciclos de glaciación, es decir cada 100.000 años; con anterioridad hasta los 2,6 millones de años, se repitieron cada 40.000 años aproximadamente. El último ciclo de glaciación tuvo su máximo desarrollo hace unos 20.000 años. Para entonces, todo el territorio de Canadá y el norte de Estados Unidos, estaban cubiertos por un manto de hielo de unos 13 millones de km^2 con una extensión similar al manto de hielo antártico actual. Algo similar sucedió en el norte de Europa; los paisajes actuales de Alemania y los países nórdicos, por ejemplo, son de origen glacial. En América del Sur, los Andes Patagónicos estuvieron cubiertos por una calota de hielo, mientras que en los Andes centrales se desarrollaron glaciares que modelaron los valles fluviales en las cuencas superiores de los cursos de agua. Es decir que la criósfera, uno de los subsistemas del sistema climático, presentaba mucho mayor desarrollo que en la actualidad.

Es interesante plantearse de dónde procedía el agua almacenada en esas grandes masas de hielo. La fuente fueron las cuencas marinas, era agua del mar evaporada y precipitada como nieve

en las áreas emergidas, para después convertirse en hielo. Como consecuencia, el nivel del mar descendió unos 120 metros durante el máximo de la última glaciación, es decir cuando los mantos de hielo y glaciares tuvieron su máxima extensión. Por lo tanto, la plataforma continental argentina estaba expuesta, era un área emergida. Para entonces, a la latitud de Mar del Plata, la línea de costa estaba unos 150 km hacia el este. En Puerto Madryn, por ejemplo, a unos 300 km de la actual. La Patagonia extra andina, era muchísimo más amplia. Una geografía muy diferente a la actual, hace apenas 20.000 años. También los sistemas fluviales eran diferentes, los ríos con cabeceras en la cordillera englazada tenían mucho mayor envergadura. Sus caudales estaban muy incrementados dado que eran alimentados por el agua de deshielo de los glaciares de sus cabeceras o de la calota de hielo en los cursos patagónicos (Colorado, Negro, Deseado, Chubut, Santa Cruz entre otros).

Después de esa máxima extensión, comenzaron a cambiar las condiciones climáticas en pocos miles de años. La temperatura se incrementó iniciándose un proceso generalizado de deglaciación con el retroceso de los mantos de hielo y de los glaciares de valles andinos. El proceso no fue lineal, sino que hubo intervalos breves de enfriamiento hasta que a los 11.700 años antes de la actualidad comenzó un periodo generalizado de temperaturas más altas, más similares a las del presente. Para entonces, los glaciares andinos ya se encontraban en las posiciones que exhiben hoy o bien habían desaparecido completamente. Este periodo de condiciones más benignas en el que vivimos es un interglacial durante el cual ha tenido lugar nuestra historia más reciente. Si es un interglacial significa que, el planeta volverá a enfriarse y englazarse en algunos miles de años. En el pasado, encontramos un intervalo similar al actual, otro interglacial, hace unos 100 mil años, que precedió a la última gran glaciación. Y si aún vamos más atrás en el tiempo, hubo otros, en líneas generales de características más o menos similares.

Cambios climáticos durante la última glaciación (100.000 años)

Durante la última glaciación, a partir de registros de alta resolución cronológica (testigos de hielo y fondo marino) se infieren otras oscilaciones climáticas de pocos miles de años con enfriamientos e incrementos de la temperatura, a veces de varios grados en cortos lapsos; se trata de modificaciones importantes de la temperatura en escalas de 2 a 3 mil años, es decir son ciclos climáticos de menor duración. Se los ha explicado como producto de factores internos del sistema. Lo más relevante es que el comportamiento general del clima de la última glaciación, como de las previas, se caracterizó por descensos de la temperatura seguido de bruscos incrementos, a estos últimos siguieron nuevos intervalos de disminución progresiva de la temperatura nuevamente interrumpidos por aumentos rápidos de la misma. Es un patrón recurrente que, analizado a lo largo de decenas de miles de

años, señala una tendencia general hacia temperaturas más bajas que llegaron a su mínimo hace aproximadamente 20.000 años.

El interglacial actual (Holoceno)

Los últimos 12 mil años aproximadamente han sido de condiciones mucho más benignas, menos inhóspitas y rigurosas que las de la glaciación, el mejoramiento ha generado amplios espacios habitables para nuestra sociedad. Pensemos en los casos mencionados de Canadá, la península escandinava y el norte de Estados Unidos, cubierto de hielo hasta hace tan solo algo más de una decena de miles de años. Lo mismo con los Andes patagónicos, los lagos de Bariloche, Esquel, Buenos Aires, el canal de Beagle estuvieron ocupados por enormes glaciares hasta hace pocos miles de años. Hoy en día están poblados por bosques y ocupados por nuestras ciudades y pueblos. Sin embargo, también ha habido fluctuaciones climáticas en este interglacial, no ha tenido un clima estático, ni mucho menos estable, hubo fluctuaciones climáticas con temperaturas que variaron desde décimas de grado hasta ~1-2°C, según las estimaciones, y variaciones de las precipitaciones con intervalos de sequía importantes. En la Puna catamarqueña, grupos interdisciplinarios de geólogos y arqueólogos han interpretado cambios hidrológicos significativos durante los últimos miles de años; infieren un intervalo seco entre ~ 6.700 y 3.000 años antes del presente (Grana et al., 2016). Por otro lado, en los valles subandinos, a partir del estudio de granos de polen se han interpretado cambios en la vegetación, que se vincularían con el régimen de lluvia y las modificaciones introducidas por las poblaciones humanas entre los 9.000 y aproximadamente los 2.350 años antes del presente (Lupo et al., 2015).

Para las reconstrucciones de detalle se ha apelado a registros de muy alta resolución como los anillos de árboles y los espeleotemas. Todos estos registros han permitido inferir la existencia de un lapso conocido como Óptimo Medieval entre los 900 a 1.300 años de nuestra era, caracterizado por un leve incremento de la temperatura y mayores precipitaciones en Europa. Es en ese periodo en el que se desarrollan las exploraciones de los vikingos y la ocupación de Groenlandia e Islandia. En la región central de Argentina, el correlato fue condiciones aparentemente más secas que las actuales. Este periodo fue seguido por otro intervalo con un descenso de la temperatura promedio de algunas décimas de grado que se extendió hasta mediados del siglo XIX aproximadamente. Se lo conoce como la Pequeña Edad de Hielo, caracterizada por inviernos rigurosos y un muy moderado avance de los glaciares de montaña en diversas partes del mundo, incluidos los Andes. Estas condiciones se han vinculado, entre otros factores, a ciclos solares.

Desde mediados del siglo XIX, comenzó una tendencia a un aumento progresivo de la temperatura promedio, que coincide con la etapa de organización general de la Argentina, el proceso inmigratorio y la fundación de pueblos y ciudades en las planicies del centro del país y de la Patagonia. Es ya el lapso que tiene registros instrumentales del clima.

Corolario

Hemos hecho una reseña muy apretada de algunos de los aspectos más trascendentes de la historia climática; al respecto, el volumen de estudios disponibles es enorme. Nos queda la certeza de que los cambios, las fluctuaciones y las modificaciones del clima han sido una constante en la historia de la Tierra. El clima nunca ha sido estático, por el contrario, es extremadamente dinámico y lábil, responde a modificaciones de índole diversa, a veces respuestas inmediatas o a más largo plazo, en distintas escalas temporales. Ciclos orbitales, ciclos solares, erupciones volcánicas, cambios en las corrientes oceánicas, en la circulación atmosférica por citar algunas de las causas, son invocadas para explicar la historia climática y de esta manera, brindar un marco de referencia amplio para la problemática del Cambio Climático.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece los comentarios y sugerencias del cuerpo editorial que han mejorado el artículo. También, mi reconocimiento a las Dras. Gabriela Cusminsky y María Laura Benvenuto por las fotografías proporcionadas.

REFERENCIAS

BRADLEY R. 2015. Paleoclimatology, reconstructing climates of the Quaternary. Academic Press, 3ra edición. 696 pp.

GRANA LP, P TCHILINGUIRIAN, C DE OLIVERA, C LAPRIDA, NI MAIDANA. 2016. Paleohydrological Changes in Highland Desert Rivers and Human Occupation, 7000-3000 Cal. Yr B.P., South-Central Andes, Argentina. Geoarchaeology: An International Journal, 31: 412–433

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2013. Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: TF Stocker, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, PM Midgley (eds.), Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: 185-203. Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press.

LOWE JJ, MJC WALKER. 1997. Reconstructing Quaternary Environments, Longman, 446 pp.

LUPO LC, JJ KULEMEYER, AC SÁNCHEZ, E PEREIRA, RG CORTÉS. 2015. Los archivos paleoambientales en el Borde Oriental de la Puna y sus respuestas a los cambios naturales y antrópicos durante el Holoceno. Noroeste argentino. Estudios sociales del NOA, 16: 39-68

PRIETO MR, F ROJAS, L CASTILLO. 2018. La climatología histórica en Latinoamérica. Desafíos y perspectivas. Bulletin de l`InstituteFrançaise de Études Andines, 47(2): 141-167

SCHELLENBERGER A, H VEIT. 2006. Pedostratigraphic and pedological and geochemical characterization of Las Carreras loess-paleosols sequence, Valle de Tafí, NW Argentina. Quaternary Science Reviews, 25: 811–831

VILLALBA R. 1994.Tree ring and glacial evidence for the Medieval Epoch and the Little Ice Age in southern South America. Quaternary Research, 34: 346-360

ZINCK JA, JM SAYAGO. 1999. Loess–paleosol sequence of La Mesada in Tucumán province, northwest Argentina, characterization and paleoenvironmental interpretation. Journal of South American Earth Sciences, 12: 293-310. https://doi.org/10.1016/S0895-9811(99)00019-X