

REEXAMINANDO LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS

ESTUDIOS ISOTÓPICOS ABREN VENTANAS CIENTÍFICAS AL PASADO

POR JOHN GIBSON Y PRADEEP AGGARWAL

A principios de este año los científicos advirtieron que existe un cúmulo cada vez mayor de observaciones que presentan la imagen colectiva de un mundo en proceso de calentamiento y otros cambios en el sistema climático. Esta conclusión proviene del tercer informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Hoy día se reconoce ampliamente que el reciente calentamiento obedece en gran medida al aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto de invernadero como resultado de la combustión postindustrial de combustibles fósiles y fuentes de energía producida con biomasa. Sin embargo, todavía es muy incierta la relación causal entre parámetros específicos y los fenómenos climáticos, así como la repercusión del cambio climático en el ciclo de las aguas terrestres.

El agua es una necesidad básica para la existencia humana, e incluso en las presentes condiciones climáticas, el agua dulce es un recurso muy limitado en la Tierra. El agua dulce accesible para el consumo humano constituye menos del 0,01% de la totalidad de los recursos hídricos. La repercusión del cambio climático en los recursos de agua dulce de la Tierra tendrán consecuencias de amplio alcance para el desarrollo humano sostenible.

Aunque se espera que problemas ambientales muy generalizados, como el derretimiento de los hielos marinos y los glaciares, la elevación de las temperaturas del aire de la superficie, la intensificación de los regímenes climáticos, la alteración

de los ecosistemas y el aumento de los niveles del mar, influyan sobre los recursos de agua dulce en un clima más cálido, la magnitud de esos cambios resulta más difícil de predecir.

El informe del IPCC concluye que los regímenes de precipitación de la Tierra se han visto alterados en los últimos años a causa del calentamiento de la atmósfera. Es probable que en el siglo XX las precipitaciones hayan registrado un aumento de 0,5% a 1% por decenio en la mayor parte de las latitudes medias y altas de los continentes del hemisferio septentrional y de 0,2% a 0,3% por decenio en las zonas de tierras tropicales (de los 10° de latitud norte a los 10° de latitud sur). Por otra parte, en regiones de Asia y África se ha intensificado la sequía en los últimos decenios, lo que revela una pauta regional de cambios climáticos más compleja y variable.

Para comprender esos complejos cambios es preciso reconocer primeramente que existen vínculos fundamentales entre los ciclos climáticos e hidrológicos de la Tierra. El motor térmico de la atmósfera se rige en primer lugar por el intercambio de energía asociado a la condensación de agua. El vapor de agua es también uno de los más abundantes e importantes gases de efecto de invernadero que están presentes en la atmósfera, junto con otros gases traza como el dióxido de carbono, que reciben una influencia más directa de las actividades del hombre.

También debe reconocerse que puede resultar difícil mitigar o invertir los cambios complejos. Esto se debe a la interdependencia de procesos de cambio climático que han venido ocurriendo

durante largos períodos anteriores a la actividad humana industrial. El cambio climático no es un fenómeno nuevo, aunque el actual alcance del cambio parece no tener precedente. El clima de la Tierra ha experimentado drásticos cambios en el pasado y es probable que los experimente en el futuro.

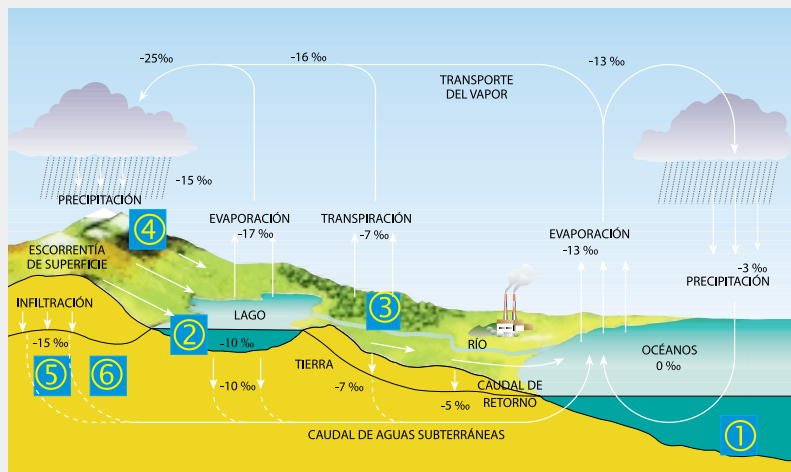
Una de las esferas de acción de mayor prioridad que se indican en el informe del IPCC es la necesidad de elaborar reconstrucciones mejoradas de los períodos climáticos pasados. Por consiguiente, comprender las causas de los cambios climáticos pasados es una parte importante de la investigación del cambio climático y la única manera directa de separar los factores de control climático industriales de los preindustriales. Así pues, el pasado se convierte en la clave del presente a la hora de estudiar el cambio climático.

El estudio de los cambios climáticos pasados se ha hecho más complejo a causa de los largos períodos y las amplias escalas espaciales que abarca. El cambio climático se ha estudiado en cierta medida, utilizando registros instrumentales como mediciones de la temperatura, la humedad, los gases de efecto de invernadero, los niveles del agua y los glaciares y los hielos marinos. Esos registros son importantes, pero sólo proporcionan una imagen limitada. Rara vez abarcan más de un siglo de información sobre los cambios ocurridos en lugares seleccionados donde se ha efectuado una

El Sr. Gibson es funcionario de la Sección de Hidrología Isotópica del OIEA y el Sr. Aggarwal es Jefe de la Sección.

CICLO DEL AGUA EN LA TIERRA

El presente dibujo muestra el ciclo hidrológico y la distribución de isótopos en las condiciones actuales. Los números indican nodos del ciclo del agua en los que se preservan archivos de isótopos que pueden fecharse con miras a utilizarlos para reconstruir antiguas composiciones isotópicas y los cambios climáticos asociados. Hay muchos archivos de esa índole: 1) sedimentos oceánicos, 2) sedimentos lacustres, 3) pasta de madera proveniente de anillos de crecimiento de los árboles, 4) nieve y hielo de los glaciares, 5) agua subterránea profunda y 6) depósitos formados en cuevas.



diligente vigilancia. Como el sistema de la Tierra es inherentemente dinámico y antiguo, resulta difícil desentrañar las fluctuaciones dentro de tendencias de largo plazo, y, en particular, identificar las consecuencias de las actividades del hombre.

Los isótopos son un importante instrumento utilizado para ampliar el análisis espacial y temporal de los procesos climáticos pertinentes. Tanto los isótopos radiógenos como los estables han servido de importante recurso para el estudio de parámetros relacionados con el clima, entre ellos la temperatura del aire de la superficie, la humedad relativa de la atmósfera y la cantidad de precipitación.

Además, se pueden utilizar mediciones con radisótopos para investigar la dinámica y los procesos atmosféricos de transporte y mezclado que rigen las condiciones climáticas y las interacciones del aire y el mar. Los isótopos son semejantes a registros naturales de datos o huellas dactilares presentes en el interior de la molécula de agua y de las sustancias químicas y las trazas metálicas que se disuelven en el agua.

Entre los trazadores más importantes figuran los isótopos de oxígeno e hidrógeno contenidos en la molécula de agua. Las variaciones de la relación de esas especies isotópicas en el agua

pueden utilizarse para extraer información sobre la historia de una masa de agua, por ejemplo, si se ha evaporado, mezclado o condensado. Se ha comprobado que actualmente existe una correlación entre las pautas isotópicas y los procesos hidrológicos. La fuente principal de los datos utilizados para este estudio es la Red Mundial sobre Isótopos en las Precipitaciones (GNIP), programa conjunto del OIEA y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En determinados nodos del ciclo del agua, las signatures isotópicas y sus cambios a lo largo del tiempo quedan preservados en diversos archivos de depósito. (Véase la ilustración.) Las variaciones de las composiciones isotópicas que ocurren en estos archivos proporcionan una ventana a través de la cual pueden observarse los sistemas hidrológicos y climáticos del pasado. Los isótopos presentes en los sedimentos de los océanos y los lagos, los anillos de crecimiento de los árboles, los glaciares y los casquetes de hielo, los depósitos de las cuevas y el agua subterránea, proporcionan toda información sobre la manera en que los sistemas hidrológicos y climáticos cambian con el tiempo.

El más reciente de los cambios climáticos de la historia de la Tierra es el relacionado con el nivel último máximo glacial (LGM), que ocurrió

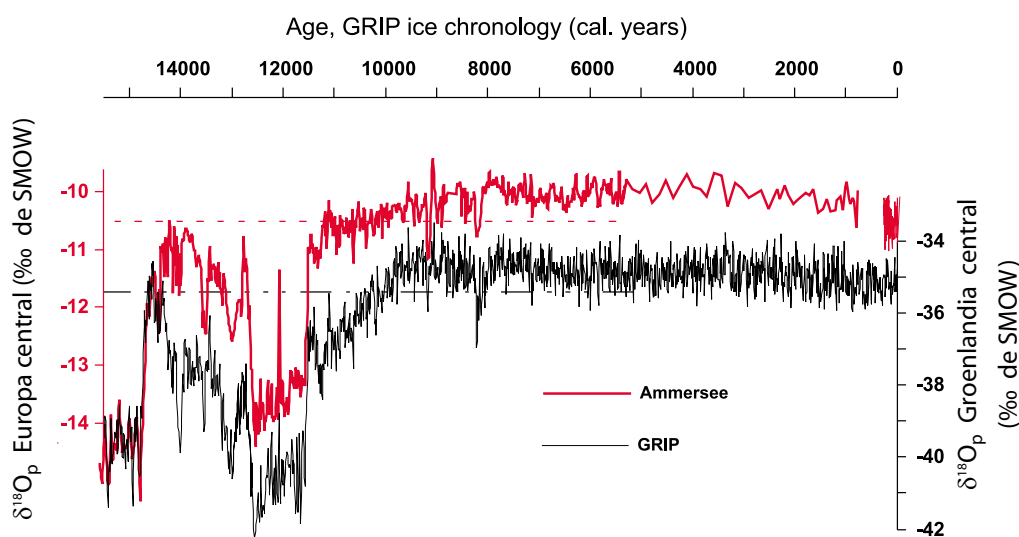
hace unos 21 000 años. Durante el LGM la temperatura de la superficie de la Tierra disminuyó en todo el planeta, pero en su transcurso y después, el clima fue muy variable y hubo períodos intermitentes de calentamiento y enfriamiento. Las variaciones del clima parecen haber ocurrido con mucha rapidez, en una escala de varios decenios a algunos años.

Sin embargo, aún no se han comprendido cabalmente el origen y las causas de ese cambio climático y esa variabilidad. La evolución de los isótopos en los núcleos de hielo y en los sedimentos oceánicos y lacustres ha sido uno de los registros indirectos más importantes para comprender el cambio climático y la variabilidad que tuvieron lugar durante el LGM.

En el registro isotópico de los núcleos de hielos y los sedimentos lacustres pueden encontrarse pruebas de que el ciclo hidrológico de la Tierra está íntimamente vinculado con el sistema climático. Las señales isotópicas observadas en un núcleo de hielo procedente de Groenlandia y en sedimentos lacustres de Alemania sugieren que en los últimos 16 000 años el ciclo del agua ha tenido una larga historia de fluctuaciones. (Véase el gráfico de la página 4.)

Esas fluctuaciones nos señalan la interdependencia de los procesos de la Tierra y nos permiten comprender mejor el cambio

CAMBIOS ISOTÓPICOS EN NUCLEOS DE HIELO Y ARCHIVOS SITUADOS EN LAGOS



El gráfico muestra ejemplos de cambios isotópicos ocurridos en un núcleo de hielo de Groenlandia (GRIP) y en un archivo situado en un lago (Ammersee, Alemania) a lo largo de los últimos 16 000 años, interpretados principalmente como indicadores de la temperatura. Los valores delta más altos del oxígeno 18 reflejan condiciones climáticas más cálidas.

* Agua de composición isotópica normalizada

Fuente: basado en V.v. Grafenskin, H. Erlen Keuser, A. Brauer, J. Jouzel, S. Johnsen (1999): A mid - European decadal Isotope - climate record from 15 500 to 5000 years E. P.Science 284, 1654 - 1657

climático. Concretamente, los registros revelan que hace 11 000 años las condiciones climáticas eran más variables y más frías (valores delta más negativos) que en la actualidad y las tendencias generales eran notablemente coherentes en Groenlandia y Alemania. Se infiere que las condiciones fueron más estables y cálidas hace 8 000 años y después, posiblemente luego del retroceso de casi todo el manto de hielo de la Península Escandinava y la región de Laurentides.

La ciencia del cambio climático es dinámica. El OIEA contribuye a esos estudios mediante la coordinación de investigaciones sobre el clima, la participación en programas científicos internacionales y el apoyo de éstos y la difusión de la tecnología y las aplicaciones isotópicas. La tercera reunión científica cuatrienal sobre el uso de isótopos para estudiar el cambio ambiental se celebró en la sede del Organismo en Viena, del 23 al 27 de abril de 2001. Con la asistencia de 150 expertos de 38 países y siete organizaciones

internacionales, la Conferencia sirvió de importante foro para la presentación de resultados, el examen de ideas y conceptos, el establecimiento de la colaboración internacional y la determinación del rumbo de las futuras investigaciones.

A continuación figuran algunos aspectos destacados de las cuestiones que se debatieron:

- Se están utilizando isótopos como instrumentos de validación para predecir los efectos de la deforestación de la Cuenca del Amazonas y para examinar antiguas señales isotópicas dejadas por episodios de El Niño.

- Las signaturas isotópicas observadas en núcleos de hielos provenientes de lugares situados a baja latitud muestran señales de temperatura similares a las de los núcleos de hielos polares, lo que sugiere la ocurrencia de cambios generalizados (mundiales) en el pasado.

- Se están utilizando isótopos en el Experimento de Circulación Mundial de los Océanos para seguir el movimiento, la mezcla y el tiempo de residencia de los

regímenes de circulación de los océanos. Los cambios que ocurren en esa circulación constituyen uno de los factores más importantes que controlan la variabilidad del clima actual.

- Se están utilizando isótopos para estudiar los climas pasados a partir de acuíferos de agua dulce en Europa, Asia, Australia, África y las Américas.

Las investigaciones basadas en isótopos desempeñan un relevante papel en la comprensión de los cambios climáticos del pasado. Esta comprensión de los cambios pasados encierra la clave para predecir los cambios futuros. Tales cambios podrían influir no sólo en las temperaturas mundiales, sino además en las necesidades de energía, la disponibilidad de agua potable y un adecuado suministro de alimentos. En este sentido, los isótopos son instrumentos de un valor incalculable para ayudar a los científicos a "mirar atrás con visión de futuro", a fin de crear opciones que permitan minimizar los efectos adversos del dinámico y cambiante clima mundial. □