

EL CLIMA EN EL PASADO Y SU RELACION CON LA ACTIVIDAD SOLAR.

Rodr n Pérez Enríquez*

Entre los diversos fenómenos terrestres que responden a la influencia del Sol est , por supuesto, el clima. Sin embargo, hasta la fecha, todos los cambios climáticos se han supuesto producidos por variaciones en la posición y orientación de la Tierra y todo intento de encontrar un mecanismo por el cual el clima pueda variar y presentar cambios relacionados con variaciones de origen solar ha resultado infructuoso. De hecho, la cantidad de energía solar total que llega a la atmósfera superior no presenta variaciones significativas por lo que se la conoce como "constante solar". Este es pues el parámetro más fundamental que utilizan los meteorólogos para el análisis del complejo sistema terrestre en términos climáticos, y es por esta constancia que se ha buscado siempre el origen de las variaciones climáticas en variaciones locales (terrestres). Sin embargo, por un lado, el monitoreo continuo y detallado del flujo solar, mediante radiómetros localizados a bordo de sondas espaciales, muestra una variación del flujo solar de alrededor de 0.2 por ciento en periodos de meses. Por otro lado, en el rango espectral del extremo ultravioleta y de rayos X, medidos también desde satélites, la energía involucrada, aunque pequeña, presenta grandes variaciones temporales que tienen una influencia profunda en la fotoionización de la atmósfera superior, en los procesos fotoquímicos que dominan la parte electrificada de esta región, como la ionosfera y la magnetosfera, y aún en la aeronom a de la atmósfera media.

Además, se han encontrado una serie de correlaciones entre parámetros solares, tales como las manchas, y climáticos, como temperatura y presión, las cuales parecen indicar que la búsqueda de una conexión solar-climática no deja de tener sentido y por ello un número creciente de investigadores a nivel internacional se interesa ahora en el problema. Nos referiremos aquí sólo a una de tantas maneras de estudiar la influencia que el Sol ejerce sobre el clima en nuestro planeta, aquella que nos proporciona la pro-

*Instituto de Geofísica, UNAM

pia Tierra por su gran capacidad para almacenar valiosa información sobre eventos que la han afectado a lo largo de su historia. Con los datos obtenidos de depósitos como los anillos de los árboles, sedimentos del fondo marino, núcleos de hielo polar y otros vestigios fósiles, se han podido derivar registros cronológicos indirectos del clima, los que nos han permitido viajar al pasado remoto y estudiar el clima de hace millones de años.

Así, por ejemplo, el registro de temperatura de varios millones de años se puede determinar a partir de los vestigios esqueleticos de los foraminíferos, que son criaturas depositadas capa por capa, año tras año, en el fondo del océano, dado que diferentes variedades que flotan cerca de la superficie prefieren diferentes temperaturas del agua.

De las cuentas esqueletales de diferentes especies en una capa de sedimento, es posible derivar la temperatura del agua en el tiempo en que estas criaturas microscópicas estaban vivas. De la misma manera, a partir de la medición de las abundancias relativas de diferentes isótopos del oxígeno en los depósitos de plancton marino, se piensa que se pueden dar excelentes registros de temperatura. De esta evidencia se ha podido hacer una reconstrucción histórica del avance y retraimiento de las capas de hielo en los últimos cientos de miles de años.

El análisis de los registros fósiles de los últimos 600 millones de años muestra que, en general, el clima ha variado extensamente en épocas pasadas y que la tierra era usualmente más caliente que hoy en día.

Esto se explica mediante la teoría astronómica de Milankovitch, basada en las variaciones de la insolación debida a la excentricidad de la órbita terrestre y a la inclinación y precesión de su eje de rotación, y que ha tenido gran éxito en la predicción en los ciclos de glaciación. En efecto, la inclinación del eje de rota-

ción presenta un ciclo de 41 000 años y el periodo de precesión es de aproximadamente 22 000 años; la excentricidad provee el periodo más largo, aproximadamente 100 000 años, en cercana sincronización con las últimas cinco mayores glaciaciones.

Aunque los efectos de las variaciones orbitales en la insolación global son del orden de sólo 0.1 por ciento, las redistribuciones estacionales y latitudinales son mucho más apreciables. El impulso al cambio climático puede estar relacionado con una retroalimentación de las variaciones orbitales con otros factores, como inestabilidades en el posicionamiento de las capas de hielo, por ejemplo. Uno de los grandes retos para los climatólogos es, por tanto, el desarrollar un modelo detallado de los mecanismos de retroalimentación.

Por otro lado, es claro que antes de que podamos predecir futuras tendencias del clima confiablemente, debemos no sólo tratar de entender el clima en la antigüedad sino también estudiar la evolución del Sol.

Se calcula que nuestra estrella tiene, en la actualidad un diámetro de alrededor de un 6 por ciento más grande, una temperatura en la superficie de 300 grados mayor, y es 40 por ciento más luminoso que cuando empezó su vida como una estrella de la secuencia principal. La importancia que tiene el comprender la evolución del Sol se hace evidente si tomamos en cuenta que los modelos climáticos indican que la tierra hubiera sido un planeta completamente congelado si la energía solar en el pasado hubiera sido menor por un pequeño porcentaje, en contradicción con la evidencia de los registros fósiles, ya mencionados, de que la tierra fue, en general, más caliente que en la actualidad.

En cuanto al Sol, en el presente, el flujo de energía se monitorea mediante el radiómetro desarrollado recientemente, con una precisión del orden de 0.1 por ciento y aunque el periodo de datos obtenidos suma sólo cuatro años, este tipo de información resulta muy promisorio. Así, por ejemplo, se ha establecido ya que las manchas solares (las cuales presentan un ciclo de aproximadamente 11 años) reducen

la emisión fotosférica en proporción al área cubierta del disco del Sol. De esto se infiere que la insolación solar debería variar con el ciclo de manchas en el rango de 0.1 a 0.2 por ciento, que muchos climatólogos creen suficiente para producir una señal climática significativa, aunque ninguna se ha verificado.

Se espera pues que el desarrollo de instrumentos que nos permitan rastrear la conexión solar-terrestre de cerca se continúe para complementar el análisis de la extraordinaria información que preserva la Tierra desde tiempos que podían parecer estar ahora irremediablemente perdidos.

REFERENCIAS.

1. Herman, J. R. y Goldberg, R.A. "Sun Weather and Climate", NASA, Washington, D.C. 1978.
2. Legrand, J.P., "Introduction Elémentaire a la Physique Cosmique et a la Physique des Relations Soleil-Terre, CNRS-INAG, France, 1984.
3. Lingenfelter, R.E., Rev. Geophys. I. 35-55, 1963.
4. Mc.Cormac, B.M. y Seliga, T.A. (eds), "Solar Terrestrial Influences on Weather and Climate", D. Reidel Publ. Company, Dordrecht, Holland, 1979.
5. Otaola, J.A. y Zenteno, G., Geof.Int., 23-4, 475-482, 1984.
6. Stuiver, M., Nature, 286, 868-871, 1980.
7. Suess, H.E., J. Geophys. Res., 70, 5937-5942, 1965.

* * * * *

