

Solman, Silvina (marzo 2005). *Cambio climático : Mito o realidad*. En: Encrucijadas, no. 30. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires: <http://repositorioubu.sisbi.uba.ar>

Cambio climático

Mito o realidad

En los últimos dos siglos, a partir de la revolución industrial, la utilización de los combustibles fósiles como la principal fuente de energía de la humanidad ha provocado un notable incremento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Este aumento está provocando cambios en el clima en el orden global. Las consecuencias de estas transformaciones, provocadas por la actividad del hombre, pueden ser muy graves ya que afectan la producción mundial de alimentos, la salud y hasta la propia existencia de algunos Estados. ¿Qué puede pasar con el clima del planeta en los próximos 100 años?.

Silvina Solman

Dra. en Ciencias Meteorológicas con orientación en Ciencias de la Atmósfera (FCEyN, UBA). Jefa de Trabajos Prácticos en el Dpto. de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA). Investigadora del Conicet.

El clima de la Tierra cambia. Es diferente hoy de lo que fue 100 millones de años atrás, cuando los dinosaurios dominaban el planeta. Es diferente hoy de lo que fue 18.000 años atrás, cuando el hielo cubría gran parte del Hemisferio Norte. Y en el futuro, seguramente, seguirá evolucionando. Estos cambios, provocados por alteraciones de factores externos, como las fluctuaciones de los parámetros orbitales, explican los cambios que ha sufrido el clima de la Tierra en la escala de tiempo paleoclimática (millones de años). Entonces, es natural que el clima cambie.

El hombre, como todos los seres vivos, ha tratado de adaptarse a su medio ambiente natural, ya sea protegiéndose frente a condiciones ambientales adversas o bien aprovechando aquellas condiciones ambientales favorables. Es así como las condiciones climáticas variables de un año a otro o de una década a otra le han producido, y aún continúan produciéndole, épocas alternativas de vida fácil y difícil. Estas variaciones de las condiciones climáticas de un año a otro, de una década a otra, se deben a la variabilidad natural del sistema climático, es decir, no están asociadas a cambios en factores externos que puedan afectar el clima de la Tierra. Un ejemplo de variabilidad natural del clima es el fenómeno El Niño / La Niña, conocido por el impacto climático severo que lo acompaña.

Es decir, el clima sufre variaciones naturales en escalas de tiempo desde la escala interanual, de un año a otro, de una década a otra, y escalas más largas, de 100 años, debido a procesos naturales. También sufre cambios asociados a factores externos que se evidencian en escalas de tiempo mucho mayores.

Sin embargo, la temperatura media del planeta ha registrado durante los últimos 150 años una tendencia a aumentar, tal como se indica en la Figura 1 que muestra la evolución de la temperatura observada en superficie desde el año 1860 hasta el presente, siendo el

año 1998 el más cálido del período. Es válido, entonces, preguntarse a qué se debe este cambio. La comunidad científica afirma que este comportamiento está asociado a la actividad humana, principalmente responsable del incremento de la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono. Desde el comienzo de la era industrial, en 1750 el incremento de la concentración de los gases de invernadero ha sido notable. Evidencias de la evolución del clima en el pasado señalan la estrecha relación entre el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y el incremento de la temperatura. Esas variaciones se produjeron por causas naturales. El incremento actual del dióxido de carbono, no.

¿Qué es el efecto invernadero?

Podríamos formular esta pregunta de otro modo: ¿por qué el incremento de los gases de efecto invernadero está asociado a un aumento de la temperatura global?

Los gases que componen en forma mayoritaria la atmósfera terrestre son el oxígeno (21 %) y el nitrógeno (78 %), sin embargo, estos gases tienen muy poca influencia sobre el clima terrestre. Si sólo hubiera oxígeno y nitrógeno, la temperatura media global del aire cerca de la superficie terrestre sería del orden de los -18°C y el agua líquida no estaría presente en la superficie de la Tierra. Afortunadamente hay otros gases presentes en la atmósfera como el dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua que tienen una influencia directa en el clima: son gases transparentes a la energía proveniente del Sol que llegan a la superficie terrestre pero atrapan parte de la radiación emitida por la Tierra hacia el espacio exterior generando un efecto protector denominado "efecto invernadero". Este efecto produce un calentamiento general de la atmósfera baja y de la superficie terrestre. Gracias a la presencia de estos gases, la temperatura media global en la superficie del planeta es de 15°C .

¿A que nos referimos cuando hablamos de cambio climático?

Es importante aclarar que el incremento de la temperatura global del planeta durante los últimos 140 años es de, aproximadamente, $0,8^{\circ}\text{C}$. Más aún, las temperaturas mínimas han registrado un aumento dos veces mayor que las temperaturas máximas. Si se analizan los registros observados de las temperaturas en distintas regiones de la superficie de la Tierra, se evidencia que estos cambios no son uniformes. Las regiones continentales de latitudes medias y altas del Hemisferio Norte han experimentado un incremento mayor. Lo mismo se observa en la Antártida, que ha sufrido un incremento de temperatura de $2,5^{\circ}\text{C}$ a partir de la década del '40. No obstante, algunas regiones han experimentado una disminución de la temperatura durante este período.

El cambio climático no sólo se refleja en el incremento de la temperatura global de la superficie de la Tierra, sino que se evidencia también en otros parámetros. La disminución de la extensión de la superficie oceánica cubierta de hielo en el Océano Ártico y en las inmediaciones de Antártida; el incremento del nivel medio del mar, que aumentó entre 1 y 2 mm por año durante el siglo XX; el aumento de precipitación anual sobre regiones continentales en latitudes medias y altas del Hemisferio Norte y en regiones tropicales acompañado por mayor cantidad de eventos de precipitación extrema, la disminución de precipitación en regiones subtropicales, donde la precipitación es más escasa. En el Hemisferio Sur, sin embargo, no se han registrado cambios sistemáticos comparables a los del Hemisferio Norte.

Estas huellas del cambio reciente del comportamiento del clima son aún más preocupantes cuando evaluamos el impacto del cambio climático en el desarrollo

económico y social. Las consecuencias del cambio climático pueden ser enormes si tenemos en cuenta que pueden afectar el suministro mundial de alimentos, la salud, la producción agrícola y la existencia de algunos estados insulares. Es entonces cuando el cambio climático deja de ser un problema científico para convertirse en un problema político y económico.

Cuando hablamos de cambio climático, en este contexto, nos estamos refiriendo precisamente a la alteración del clima debido a la actividad del hombre. Está demostrado que las variaciones que ha sufrido el clima durante los últimos siglos están, en parte, provocadas por el hombre. Entonces es natural el interrogante ¿qué pasará con el clima en el futuro?

¿Qué nos depara el futuro?

La comunidad científica internacional, desde hace ya varios años, ha desarrollado herramientas que permiten simular la evolución del clima terrestre. Estas herramientas son los modelos físico-matemáticos que representan gran parte de los mecanismos que actúan sobre el sistema climático y entre las componentes del mismo. ¿A qué llamamos sistema climático? A un conjunto de componentes que interactúan entre sí: la atmósfera, los océanos, las masas de hielo oceánico, las masas de hielo continental, el suelo y su vegetación y la biosfera. Debemos tener en cuenta, además, que el sistema climático está sometido a factores externos que condicionan su comportamiento: las características de la Tierra y su relación con el Sol, fuente de energía de todo el sistema. Cada una de estas componentes tiene características bastante diferentes y, lo que es aún más importante, presenta escalas de variabilidad distintas. Todas las componentes del sistema climático están relacionadas entre sí por una amplia variedad de procesos físicos.

Los modelos a los que se ha hecho referencia, a los que nos referiremos como Modelos Acoplados de Circulación General de la Atmósfera y los Océanos, simulan de manera más o menos compleja los procesos físicos y dinámicos a los que están sometidas cada una de las componentes del sistema y la interacción entre ellas. De más está aclarar que estas herramientas requieren una enorme capacidad de cómputos para reproducir las condiciones climáticas de la Tierra.

Como ya fuera mencionado, a partir de la revolución industrial la combustión de carburantes fósiles y la deforestación han producido un aumento del 25 % en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y es evidente y científicamente reconocido, que este aumento está provocando cambios en el clima global. Los modelos climáticos se han utilizado para hacer proyecciones del clima futuro del planeta, teniendo en cuenta diferentes escenarios futuros de emisión de gases antropogénicos (de efecto invernadero y aerosoles). Estos escenarios futuros están basados en la tasa de emisión actual y diferentes proyecciones de tasas de emisión futura, definidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, en su Reporte Especial de Escenarios de Emisión (SRES). Los escenarios que hoy se utilizan como guía para evaluar la evolución futura del clima están esquematizados en la Figura 2. Las curvas indican distintas tasas de crecimiento de la concentración de dióxido de carbono hasta el año 2100. En función del escenario elegido, la respuesta del sistema climático a este forzante será diferente. Existen varios modelos numéricos desarrollados en distintos laboratorios, principalmente de Estados Unidos y de algunos países europeos, cuyas proyecciones futuras son consideradas para la toma de decisiones y la evaluación de impacto. Un ejemplo de dichas proyecciones futuras puede verse en las Figuras 3 y 4, que muestran los cambios de temperatura y precipitación esperados para el año 2080 considerando la concentración

de dióxido de carbono de acuerdo al escenario A2. Si bien en promedio se proyecta un incremento de temperatura de 3°C, es evidente que los aumentos de la temperatura en las regiones continentales y en latitudes polares serán mayores que en las regiones oceánicas, particularmente en zonas continentales del Hemisferio Norte. En el sur de Sudamérica el incremento de temperatura esperado es inferior al promedio global para el invierno. En cuanto a la precipitación, las proyecciones indican una disminución en las regiones subtropicales, aumento en regiones tropicales y latitudes altas.

Si bien las proyecciones realizadas por diferentes modelos coinciden en que se prevé un aumento de la temperatura, los cambios regionales no son los mismos para los distintos modelos. Más aún, los cambios esperados en la precipitación presentan aun más incertidumbre pues no todos los modelos proyectan los mismos cambios en algunas regiones del planeta. En particular, en Sudamérica las proyecciones futuras para el cambio de precipitación esperado presentan un elevado nivel de incertidumbre.

¿Cuáles serán las consecuencias del cambio climático?

La sensibilidad, capacidad adaptativa y vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales al cambio climático y sus posibles consecuencias constituyen un problema que debe ser abordado desde múltiples disciplinas. Las consecuencias del cambio climático desde el punto de vista económico y social pueden ser enormes. Si queremos evaluar las consecuencias del cambio climático debemos tener en cuenta la vulnerabilidad de los sistemas sociales y económicos, es decir, el grado de susceptibilidad a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo el cambio en las condiciones medias del clima, el cambio en su variabilidad y en la ocurrencia e intensidad de los eventos extremos. Los cambios en la temperatura y la precipitación pueden traer aparejados cambios en la vegetación natural, en la provisión de alimentos y en la disponibilidad de agua. Los impactos del cambio climático pueden, asimismo, tener profundas consecuencias en la salud de la población e incrementar su vulnerabilidad ¿Por qué? Ya hemos mencionado cuáles son los cambios esperados en la precipitación para distintas regiones del planeta. Aquellas regiones en las que se proyecta una disminución de la precipitación estarán expuestas a menor disponibilidad de agua tanto para consumo como para riego, esto tiene un impacto directo sobre la producción agrícola. De modo que es de esperar que aquellos países ubicados en regiones subtropicales sufrirán una merma en su producción agrícola, mientras que las regiones de latitudes media y altas serán beneficiados. No obstante, el incremento de la precipitación estará acompañado por un incremento en los eventos de precipitación extrema, creando situaciones de mayor vulnerabilidad tanto en el ámbito económico como desde el punto de vista social (asociado, por ejemplo, a más inundaciones). El aumento de la temperatura puede incrementar la cantidad de población en riesgo a contraer enfermedades como malaria, cólera y dengue. De acuerdo con el último informe del IPCC sobre Capacidad Adaptativa, Sensibilidad e Impactos (2001), las proyecciones para Sudamérica establecen un alto grado de vulnerabilidad al cambio climático debido a varios factores, como la pérdida y retraimiento de los glaciares, que podrían impactar en la disponibilidad de agua dulce; el aumento en la frecuencia de inundaciones, que afectaría la calidad del agua disponible para consumo; el incremento en la intensidad de ciclones tropicales, que aumentaría el riesgo social y de los ecosistemas naturales; la disminución de la producción agrícola, que afectaría seriamente varios países de la región; la distribución de enfermedades como malaria, cólera y fiebre del dengue se expandiría a regiones hoy no afectadas, y la disminución de la biodiversidad en varios sistemas naturales.

¿Cuál será el impacto en LA Argentina?

Durante los últimos 100 años se ha observado que la temperatura media aumentó entre

0.3 y 0.6 °C, el nivel del mar creció entre 10 y 20 cm y la precipitación se incrementó en la zona central del país un 30%. La Pampa húmeda, por su importancia económica, ha sido el foco de numerosos estudios de impacto, en particular sobre la producción agrícola. La proyección del clima futuro para esta región, de acuerdo con un estudio de Solman y Núñez (1999), estima que el incremento de la temperatura media será de 1.5°C, en promedio. La precipitación revertirá su tendencia creciente, estimándose una disminución a lo largo de todo el año, mayor durante el verano y el otoño. Sobre la base de estos resultados, en el marco de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático en Argentina, se evaluó el impacto de estos cambios estimados en la producción agrícola en la Pampa húmeda. Las proyecciones indicaron un incremento en el rendimiento potencial de forrajes, trigo, maíz y en especial soja. (Magrín y otros, Proyecto AGR/95/G/31-PNUD-SECYT).

En resumen, si bien conocemos los mecanismos que fuerzan al sistema climático y las consecuencias que podría tener el incremento de la emisión de gases de efecto invernadero, la comunidad científica aún no puede determinar inequívocamente cómo evolucionará el clima de la Tierra. Las evidencias observacionales acerca de la evolución del clima durante los últimos 150 años y los resultados de los modelos climáticos de última generación sólo nos dan una advertencia acerca de qué sucederá con el clima del planeta. Sin embargo, el grado de conocimiento actual es suficiente como para que el cambio climático deje de ser un problema científico para ser también un problema político, económico y social. Si bien los avances en este sentido son un poco más lentos, existen acuerdos internacionales, como el Protocolo de Kioto, celebrado en Japón en 1997, sobre el control de las emisiones que apuntan a buscar una solución que intente revertir el proceso preocupante que la actividad del hombre ha desatado.

Notas y referencias

- Núñez, M. (1987), "Clima: evolución y futuro". Boletín Informativo Techint, N° 247.
- Núñez, M. (2000), "Cambio climático: Un problema científico y social". Boletín Informativo Techint, N°303.
- Climate Change 2001: The Scientific Basis 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881 págs.
- Climate Change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 932 págs.
- Solman, S. y M. Núñez (1999), "Local estimates of global change: a statistical downscaling approach". International Journal of Climatology, Vol. 19, 835-861.
- Magrín, Núñez y Solman (1997), "Vulnerabilidad y Mitigación relacionada con el Impacto del Cambio Global sobre la Producción Agrícola. Proyecto de Estudio sobre el Cambio Climático en Argentina" (ARG/95/31-PNUD-SECYT).