

Los futuros cambios de clima debidos a la intensificación del efecto invernadero, pueden producir grandes impactos sobre la humanidad. Numerosos estudios científicos han advertido acerca de la posibilidad que ocurran cambios importantes en las condiciones climáticas de la tierra, para mediados del presente siglo (Oreskes, 2004; Hansen et al, 2007).

Entre los sistemas naturales y sectores socioeconómicos, que pueden ser afectados, están: la agricultura, vegetación en general, particularmente los bosques, biodiversidad, recursos pesqueros, recursos hídricos, salud, recreación y turismo, transporte, energía, etc. En este sentido, los estudios de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) son muy ilustrativos y recogen la información más actualizada sobre el tema.¹

Aunque las proyecciones del clima futuro son aún relativamente imprecisas, es importante e impostergable iniciar la evaluación de los efectos potenciales de los cambios climáticos sobre la biosfera, hidrosfera, criosfera y las actividades humanas, debido a los complejos mecanismos temporales de respuesta del sistema climático. Este tipo de estudios se ha venido realizando en casi todos los países, y son necesarios para el desarrollo de respuestas tecnológicas y el diseño de políticas para mitigar los posibles impactos adversos, que pueden ser de distintas características para cada región geográfica.

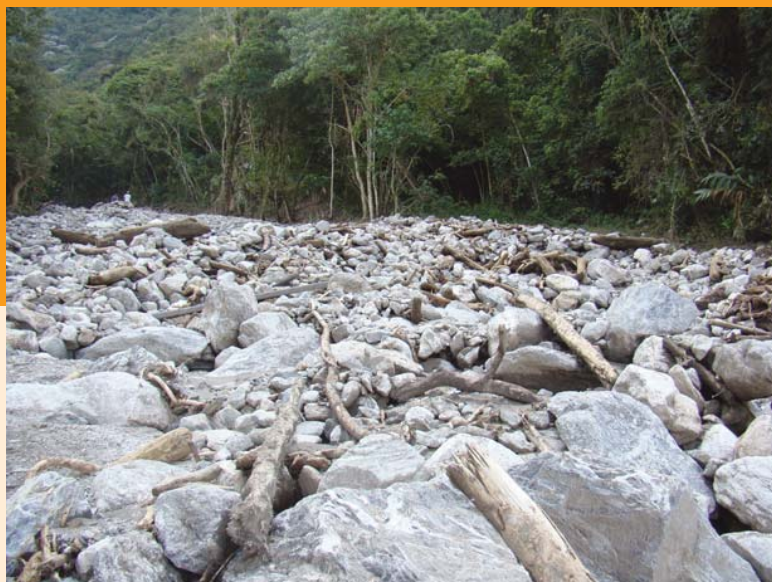
En Venezuela, los estudios de posibles impactos de los cambios climáticos se iniciaron en la década de los noventa, como parte de las actividades del Proyecto Pan-Earth (Harwell, 1993; Robock et al., 1993; Andressen, et al., 1996). Posteriormente, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) patrocinó la realización de la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela (MARN, 2005).

Breve descripción de las causas de los cambios climáticos

Los estudios paleoclimáticos demuestran que el clima de la tierra es muy sensible a los forzamientos globales. El clima, tanto en el presente como en el pasado, ha

Algunas consideraciones acerca del cambio climático

Rigoberto Andressen L.*



calentamiento global



¹ Los informes del IPCC de 1990, 1995, 2001 y 2007 se pueden obtener en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

estado determinado por una combinación de forzamientos externos, fluctuaciones internas y las interacciones entre los componentes del sistema climático: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera.

Entre las causas naturales de la variabilidad y cambios del clima, están las variaciones en la cantidad de energía que llega al sistema tierra-atmósfera, el vulcanismo, la presencia de aerosoles troposféricos y las variaciones internas del sistema. La literatura sobre estos aspectos del clima es muy abundante. Con la ayuda de los modelos generales de la circulación atmosférica (GCMs, por sus siglas en inglés), ha sido posible la reconstrucción de los climas del pasado, cuyas variaciones y cambios obedecieron exclusivamente a causas naturales.

Desde luego los GCMs, a pesar de los avances que han experimentado y de la disponibilidad de supercomputadores que permiten reducir el tiempo de las simulaciones climáticas a pocas semanas, tienen limitaciones, especialmente en la parametrización de procesos atmosféricos a mesoescala y otros aspectos. Sin embargo, los GCMs se consideran la herramienta más idónea, desde el punto de vista científico, para la generación de escenarios de cambios climáticos y el estudio de la evolución del clima.

El otro grupo de causas de los cambios climáticos está relacionado con las actividades humanas, que incluyen las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los cambios en el uso de la tierra, deforestación y la emisión de aerosoles troposféricos. Está claro que con respecto a los GEI y los aerosoles, las fuentes naturales son importantes; pero las actividades humanas, resultado del desarrollo económico y la expansión geográfica de actividades como la agricultura y ganadería, están inyectando a la atmósfera cantidades cada vez mayores de los mismos.

Los cambios en el uso de la tierra y la deforestación, no solamente son una fuente importante de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), sino que también cambian el albedo y rugosidad de la superficie terrestre, lo que altera el balance hídrico e incluso los patrones de circulación, agravando a su vez los problemas de desertificación en las regiones secas y subhúmedas.

Escenarios de cambio climático

De acuerdo con el IPCC, los escenarios de cambio climático son esquemas o diseños internamente consistentes, relevantes y plausibles de un estado futuro del clima (IPCC, 2001). Relevantes, porque los escenarios que se propongan deben permitir la evaluación de los efectos del cambio climático, bajo condiciones, precisamente, relevantes para la toma de decisiones; son plausibles, pues los escenarios deben reflejar una condición futura que se considera que pueda ocurrir; e internamente consistentes ya que los diferentes procesos físicos que han sido cuantificados en los escenarios, tienen tendencia a ocurrir simultáneamente; por ejemplo, en la práctica, variables múltiples (temperatura, precipitación y viento) afectan un sector o actividad, por tanto, el cambio de estas variables debe proyectarse de una manera consistente (IPCC, 2001).

No hay duda de que los escenarios de cambio climático son la mejor herramienta disponible para evaluar de qué manera las actividades humanas afectan el clima, y cómo las alteraciones que el clima experimenta (cambios climáticos) pueden impactar los sistemas naturales y las actividades humanas.

En la construcción de escenarios de cambio climático, los GCMs constituyen la herramienta más idónea desde el punto de vista científico (Robock et al, 1993; Andressen et al, 1996).



Hasta el presente, se han generado dos conjuntos de escenarios de cambio climático para Venezuela: a) los propuestos en el marco de los talleres del Proyecto Pan-Earth (Harwell, 1993; Robock et al, 1993 y Andressen et al, 1996), y b) los propuestos en la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Venezuela (MARN, 2005).

Ambos trabajos se basaron en la selección de modelos GCMs, que, luego de un proceso de comparación con la climatología de base, fueron seleccionados como los que mejor simulaban las condiciones climáticas del país. Aunque ambos conjuntos de escenarios están basados en distintos modelos, para fechas diferentes, hay coincidencia en los posibles cambios de temperatura para el nivel de sensibilidad baja, y menor coincidencia para los otros niveles.

Vulnerabilidad de Venezuela a los cambios climáticos

Hasta la fecha se han realizado pocos estudios relacionados con la vulnerabilidad de Venezuela ante los cambios climáticos. Los trabajos pioneros fueron los del Proyecto Pan-Earth (Harwell, 1993) que permitieron la generación de los primeros escenarios de cambio climático para Venezuela, basados en modelos de circulación atmosférica. Posteriormente, se efectuaron diversos estudios sobre posibles impactos en el sector agrícola, en zonas costeras y en recursos hídricos (Acevedo et al, 1995; Maytin et al, 1995; Olivo et al, 2001). A principios de la década de los noventa, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), como punto focal nacional de los programas del IPCC, organizó el Grupo Inter-institucional de Cambio Climático (GIICC), con participación de diferentes organismos del estado, universidades y otros entes. Entre 1991 y 1997, este GIICC cumplió una labor muy fructífera, asesorando al MARNR y cooperando, a nivel internacional, con los grupos de trabajo del IPCC, e, incluso, brindando apoyo científico a los ministros del ambiente para las propuestas nacionales que se presentaban en las conferencias mundiales sobre el clima.

Más recientemente, y tal como se mencionó antes, se publica la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (MARN, 2005), que además de incluir un Segundo Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, realizado en 1999, presenta los resultados de los estudios realizados en Venezuela, para determinar la vulnerabilidad climática del país, los impactos asociados y las medidas de adaptación.

Conclusiones y recomendaciones

En cuanto al estado de la ciencia referente al cambio climático, el balance de evidencias sugiere que las actividades humanas están influenciando el clima de la tierra, aunque no podamos precisar en qué magnitud. Pudiéramos estar enfrentados a cambios importantes en las condiciones climáticas del planeta. Las extrapolaciones que hacemos mediante los modelos de simulación climática, nos sugieren la posibilidad de que ocurran problemas en el futuro; estaríamos hablando de varias decenas de años a partir del presente. En este sentido, también apuntan los informes del IPCC, aunque algunos científicos, previamente vinculados con dicho Panel, señalan que las conclusiones del último informe presentan discrepancias científicas, ya que, en gran medida, muchos científicos han sido reemplazados por burócratas representantes de gobiernos.

Es muy orientadora la posición del Profesor Alan Robock de la Universidad de Maryland, en su testimonio ante el Comité de Ciencia del Congreso de los Estados Unidos, cuando afirma que “nuestra habilidad de cuantificar la influencia humana en el clima global es, actualmente, limitada, debido a que la señal esperada es afectada por el ruido de la variabilidad natural del clima, y, debido también, a las incertidumbres en los factores claves” (Robock, 1997).



Los niveles de incertidumbre que tenemos acerca de las proyecciones del clima futuro, a nivel global y, más aún, a nivel regional, son el resultado de la sensibilidad que tiene el sistema climático a una variedad de factores e interacciones entre procesos. La metodología que adopta el IPCC en el proceso de incertidumbre es muy cualitativa y necesita ser mejorada para las futuras evaluaciones, haciendo énfasis en la cuantificación y documentación del grado de incertidumbre para apoyar mejor la toma de decisiones.

En lo concerniente a los escenarios de cambio climático, además de analizar las analogías paleoclimáticas e históricas, como posibles escenarios de referencia, no hay duda de que los que se construyen con base en los modelos GCMs, siguen siendo los más recomendables para la evaluación de los impactos sobre el ambiente y las actividades humanas. Empero, con respecto a estos escenarios basados en GCMs, la fase previa de validación debe hacerse con respecto a una climatología de base fiable, que requiere datos climatológicos de calidad y mapas climáticos detallados y consistentes.

Mejorar el conocimiento de nuestro clima, debe ser una prioridad. Se necesita fortalecer los servicios meteorológicos, formar los recursos humanos especializados en diferentes niveles educativos.

La reducción en el uso de energías contaminantes genera grandes beneficios a la sociedad, ya que esto redundará en menos contaminación y, por supuesto, menos emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que tiende a estabilizar la concentración de dichos gases a niveles que permitan la adopción de estrategias de adaptación y prevención.

** Profesor, investigador de la Facultad de Ciencias,
Miembro de la Comisión Rectoral para el Programa de Ciencias Espaciales
Universidad de Los Andes
Correo electrónico: randss@ula.ve*

Referencias

- Acevedo, M.; Jaimez, R.; Maytín, C.; Tonella, G. y Harwell, M. A. (1995). Assessing potential impacts of CO₂, and deforestation induced climate change on maize and black bean in Venezuela. En: *Ecotrópicos*, 8 (1-2), pp. 39-52.
- Andressen, R.; Robock, A. y Acevedo, M. (1996). Escenarios de cambio climático por efecto invernadero y deforestación para Venezuela. En: *Revista Geográfica Venezolana*, 37 (2), pp. 221-250.
- Hansen, J.; Mki. Sato; Kharecha, P.; Russell, G.; Lea, D. W. y Siddall, M. (2007). Climate change and trace gases. En: *Phil. Trans. Royal. Soc. A*, 365, 1925-1954, doi:10.1098/rsta.2007.2052. Disponible en: http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2007/2007_Hansen_etal_2pdf
- Harwell, M. A. (1993). Assessing the effects of global climate change: The Pan-Earth Project series. En: *Climatic Change*, 23, 4, pp. 287-292.
- Maytín, C.; Acevedo, M.; Jaimez, R.; Andressen, R.; Robock, A. y Azócar, A. (1995). Effects of climate change on the phenology and yield of maize in Venezuela. En: *Climatic Change*, 29, pp. 189-211.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - MARN (2005). Primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela. MARN / GEF / PNUD. Caracas, 141 p.
- Olivo, M. L.; Lettethny, E.; Platt-Ramos, C. y Sosa M. (2001). Pérdidas de tierras en la costa venezolana debido al incremento en el nivel del mar. En: *INCI*, 26 (10), pp. 463-468.
- Oreskes, N. (2004). The scientific consensus on climate change. En: *Science*, 306, 5702, 1686.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC (2001). En: *Climate Change 2001: The scientific basis*. Disponible en: http://www.grida.no/CLIMATE/IPCC_TAR/wg1/index.htm
- Robock, A.; Turco, R. P.; Harwell, M. A.; Ackerman, T. P.; Andressen, R.; Chang, H. y Sivakumar M. V. K., (1993). Use of general circulation model output in the creation of climate change scenarios for impact analysis. En: *Climatic Change*, 23, pp. 293-335.
- Robock, A. (1997). Global warming: State of science. Testimony before the House Committee on Science. (Octubre 7, 1997). Disponible en: http://climate.envsci.rutgers.edu/roboc/roboc_imppapers.html

