

## Cambio climático y factores antropogénicos. Una relación pertinente para el diseño de políticas públicas

### Motivación

En los últimos años el mundo ha tenido que hacer frente a una intensificación en el número de precipitaciones y tormentas tropicales, con sus respectivos efectos de mayores inundaciones, desbordamientos y demás. Para citar solo algunos casos, en enero del presente año, varios deslizamientos de tierra en Rio de Janeiro provocaron la muerte de más de 900 personas. En Panamá, el desbordamiento de algunos ríos de la provincia del Darién ha dejado cerca de 2000 afectados. En Filipinas, la tormenta tropical Washi, además de causar varias pérdidas humanas, ha destrozado a su paso carreteras y puentes.

Colombia, dada su fuerte vocación agrícola, ha sido uno de los países más afectados por las variaciones climáticas. Bonilla et al (2003), intentaron valorar los costos de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña en términos de la producción agrícola y en particular de los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar, al ser la caña uno de los cultivos más afectados por fenómenos climáticos. Los autores encontraron que los eventos de El Niño y La Niña reducen aproximadamente 6.5% y 4.3% los rendimientos agrícolas. Ariza (2008) calculó el costo en términos del bienestar de los consumidores de la ocurrencia del Fenómeno de El Niño entre 1997 y 1998 en 0.9% del PIB de 1998.

Más recientemente, el Banco de la República (2011) en el Informe al Congreso del primer trimestre estimó el costo del plan de atención humanitaria para los damnificados por inundaciones, derrumbes y desbordamientos y la reconstrucción de las zonas afectadas por la ola invernal de 2010 y 2011 en una cifra entre \$14.3 y \$16.3 billones de pesos. De hecho, según cifras de la Revista Gobierno, cerca de un millón de hectáreas con vocación agropecuaria se encuentran inundadas, 13 millones de metros cuadrados de infraestructura agropecuaria se han visto afectadas y cerca de 98 vías claves para el transporte de alimentos se encuentran bastante deterioradas.

Estas situaciones, que se han registrado a nivel global, han hecho que se reconsidere el manejo que la civilización humana le está dando a sus recursos hídricos. Lo anterior conlleva estudiar, en primer lugar, conductas antropogénicas tales como el uso del suelo, la extracción subterránea de agua, la industrialización y la globalización, y en segundo lugar, el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas y las sociedades.

Ahora bien, la dificultad radica entonces en entender en primer lugar, que los dos elementos anteriormente reseñados en la práctica conforman un ciclo de retroalimentación de vulnerabilidades: Las actividades humanas como la industrialización, han llevado a un incremento en la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual ha estimulado el calentamiento global y ha ocasionado variaciones fuertes en las condiciones

### TEKNIDATA CONSULTORES

Dirección: Carrera 18 # 86A - 14

Teléfono: (+571) 6386284

Fax: (+571) 6163030

E-mail: [contacto@teknidataconsultores.com](mailto:contacto@teknidataconsultores.com)

[www.teknidataconsultores.com](http://www.teknidataconsultores.com)

*Elaborado por Daniel Poveda, Consultor Junior.  
Las opiniones del autor no reflejan necesariamente las opiniones de Teknidata Consultores ni de su Junta Directiva. Correo electrónico: [dpoveda@teknidataconsultores.com](mailto:dpoveda@teknidataconsultores.com)*

climáticas globales<sup>1</sup>. Este cambio climático afecta los ecosistemas a través de una alteración en el ciclo del agua, lo cual finalmente se refleja en riesgos de desbordaciones e inundaciones en el corto plazo y riesgos de sequía y enfermedades en el mediano plazo, ante lo cual, la civilización tiene que adaptarse a través de cambios en el uso de la tierra, de búsqueda de nuevas fuentes de agua fresca, o cambios en la tasa de crecimiento de la población<sup>2</sup>.

## El efecto no lineal del cambio climático

Lo complicado es que los efectos de retroalimentación son no lineales<sup>3</sup> y en particular, la respuesta de readaptación ante el cambio climático puede acentuar aún más las vulnerabilidades. Hulme et al (1993), en un estudio aplicado del efecto del cambio climático sobre el uso de la tierra, encontraron que un pequeño cambio en el clima puede producir un cambio desproporcionado en los usos de la tierra y en la vegetación. Los agricultores entonces, se ven obligados por una parte, a introducir nuevos cultivos adaptados a condiciones más cálidas, que acarrear un riesgo de erosión en el suelo, y por otra parte, en línea con lo encontrado por Bonilla et al (2003), al ver reducida la productividad de sus cultivos, a usar más químicos y fertilizantes, lo cual aumenta la contaminación del aire y de aguas superficiales y subterráneas, lo que incrementa aún más los riesgos de sequía.

Así entonces, teniendo en cuenta el rápido calentamiento global, junto con la acelerada tasa de reducción de los almacenamientos de agua potable, se hace necesario estudiar los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, para así formular políticas públicas integrales que tengan como uno de sus objetivos prevenir situaciones y conductas que refuercen el cambio climático y que reduzcan la vulnerabilidad de la sociedad ante el mismo.

En particular, el principal efecto del cambio climático es una alteración sustancial en el ciclo del agua, lo que repercute en el resto del ecosistema de tres formas distintas aunque relacionadas: la primera, una mayor escasez del agua, la segunda, una disminución de la humedad del suelo, y la tercera, una reducción en la calidad del agua.

El calentamiento global, manifestación del cambio climático, altera el ciclo del agua debido a que las mayores temperaturas provocan que el agua de los océanos se evapore a una tasa más alta, lo que produce nubes más densas, desencadenando tormentas más potentes sobre la tierra. Dicha lluvia viaja por los ríos en cantidades bastante grandes, reforzando el ciclo de evaporación y precipitaciones.

Más aún, el efecto puede ser más grave si se tiene en cuenta el derretimiento de capas de nieve de los glaciares. El calentamiento global aumenta la tasa de evaporación, haciendo que el derretimiento sea mayor, y que la cantidad que fluye hacia mares y océanos, sea mucho mayor, reforzando el ciclo anteriormente mencionado.

La amenaza de escasez está estrechamente relacionada con el derretimiento de los glaciares, ya que las capas de nieve en la práctica actúan como grandes reservas de agua, con lo que si bien en el corto plazo se puede observar mayores caudales de agua, el verdadero efecto es una reducción en el agua fresca que alimentará los ríos y lagos en los próximos años. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, calcula que aproximadamente este efecto puede afectar a una sexta parte de la población mundial, incluyendo las comunidades que habitan a los

---

<sup>1</sup> Berliner (2003)

<sup>2</sup> Davis et al (2005) estudian las respuestas evolutivas de la civilización humana al cambio climático a través del estudio paleontológico de la morfología de microfósiles de la época del Holoceno.

<sup>3</sup> Loáiciga (2003)

Andes Suramericanos y la cordillera del Himalaya.

Si un tercio del abastecimiento de agua potable en el mundo depende del derretimiento de los glaciares, y si esa tasa de derretimiento es mucho mayor a lo que debería ser, el efecto puede ser el de una sequía severa en el mediano plazo, si la población sigue creciendo a tasas aceleradas como lo ha venido haciendo en las últimas décadas.

En segundo lugar, la disminución en la humedad del suelo está relacionada con la alteración del ciclo del agua, en la medida en que las mayores precipitaciones son ciertamente desiguales. Tal como lo destacaba Jay Famiglietti, profesor de la Universidad de California-Irvine, es posible que aquellos que reciben una cantidad mayor de agua a través de mayores lluvias no las necesiten, mientras que regiones semiáridas se estén secando, afectando a las comunidades que allí viven.

Así, la combinación de lluvias más intensas pero desiguales, junto con una mayor tasa de evaporación, y una mayor escasez en el suministro de agua en el mediano plazo, puede llevar a una disminución fuerte en la humedad del suelo, lo que lleva a tener menos humedad que penetre hasta los niveles subterráneos terrestres en donde se encuentran los depósitos de agua dulce más importantes, reforzando aún más las sequías y la escasez. Además de lo anterior, la menor humedad del suelo incrementa la vulnerabilidad de la tierra a inundaciones, tasa de erosión y deslizamientos.

Finalmente, debido a una disminución en el suministro de agua fresca, es posible que en cuanto aumente la escasez, el agua que fluya sea de menor calidad debido a tres posibles razones. La primera, es que por la pérdida de humedad en el suelo, tenga una concentración mayor de desechos o efluentes que se filtren a los depósitos de agua. La segunda, es que en dichas condiciones, la probabilidad de existencia de microbios y patógenos es más alta. La tercera, es que la capacidad de auto-purificación del agua se ve reducida cuanto más alta sea la temperatura, debido a que cuanto más caliente esté el agua, será menos capaz de contener oxígeno y ejecutar el proceso de biodegradación.

## Balance y principales retos

En resumen, los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos son ciertamente preocupantes. En particular, el cambio climático, debido a la alteración del ciclo hidrológico, crea vulnerabilidades ante mayores precipitaciones, crea riesgos de escasez de agua, disminuye la humedad del suelo y reduce la calidad del agua. Las mayores precipitaciones se materializan en inundaciones y desbordamientos, tal como se ha visto en lo corrido del presente año. Los riesgos de escasez y la disminución de la humedad del suelo crean riesgos de posibles sequías. La disminución de la calidad del agua junto con la sequía, incrementa los riesgos de malaria, cólera y otras enfermedades, con su respectivo efecto sobre la salud pública.

Dado lo anterior, se hace necesario, por una parte, internalizar los efectos del cambio climático en la formulación de políticas públicas, teniendo en cuenta que los efectos anteriormente mencionados son sistémicos, y por ende, afectan ecosistemas enteros, el sistema agrícola de las sociedades, la salud pública, la infraestructura y la generación de energía eléctrica, el valor y la habitabilidad de la tierra, entre otros, y por otra parte, que dichos efectos se causan y se amplifican por factores antropogénicos.

Por lo tanto, las políticas públicas que integren el tema del cambio climático con el manejo de los recursos hídricos tienen que ser tanto adaptativas, en el sentido de tener en cuenta explícitamente las vulnerabilidades creadas por una mayor variabilidad del clima, como autónomas y preventivas, en la medida en que por medio de la formulación de políticas no necesariamente ambientales, se mejore la resistencia al

cambio climático. Por ejemplo, estimulando el uso de combustibles biodegradables en sistemas de transporte masivo, previniendo la construcción de viviendas en riberas alledañas a los ríos, o en zonas de potenciales deslizamientos, entre otros. Loárciga (2003) menciona que controlar la explotación de agua subterránea en acuíferos menores es una de las mejores formas de proteger las reservas de agua fresca y controlar la erosión del suelo.

Desde luego, entender y responder al cambio climático involucra tareas de gran complejidad y el compromiso de diferentes estamentos de la sociedad a diferentes escalas. Hulme y Turnpenny (2004) destacan que el problema no se puede reducir a una sola disciplina, ya sea la geografía, la biología o la economía. Lo más importante entonces, es contextualizar la investigación dentro del mundo práctico donde el conocimiento es aplicado. Ello implica que es en últimas, tal como lo plantea Adger (2003), la sinergia social entre la sociedad civil y el Estado la que facilita la capacidad adaptativa para hacer frente al cambio climático, de tal forma que todas las políticas públicas sean sostenibles y legítimas.

Sin embargo, además de la dificultad intrínseca del entendimiento e internalización del ciclo de retroalimentación entre factores antropogénicos y cambio climático, es posible que los miembros de la sociedad civil presenten cierto tipo de incertidumbre sobre el cambio climático. En una investigación realizada en Reino Unido, Poortinga et al (2011) encontraron que los ciudadanos reconocían la existencia del problema, pero eran especialmente escépticos respecto a la magnitud de sus efectos y a sus contribuciones individuales al problema. Esto hace especialmente importante el manejo de las comunicaciones para diferentes audiencias, de tal forma que puedan captar las razones para las diferentes políticas públicas de tal forma que puedan expresar su apoyo, desacuerdos o dudas sobre las mismas<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Berliner (2003) plantea un reto adicional en cuanto al enfoque metodológico usado tradicionalmente. En particular, el autor señala que los modelos que estudian los efectos del cambio climático deben tener en cuenta la no-linealidad de los mismos. Además destaca que en vez de usar los argumentos estadísticos tradicionales se debería usar un enfoque bayesiano, en el sentido en que las emisiones futuras de gases, factor fundamental para el cambio climático, son inciertas y por tanto, es muy difícil estimar con precisión los efectos del cambio climático sobre los patrones de clima, agricultura, generación hidroeléctrica, entre otros y por ende sus costos asociados. El modelo usado por Bonilla et al (2003) incorpora algunas de estas recomendaciones metodológicas.

## Referencias

- Adger, N. (2003). Social Capital, Collective Action and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography*. Vol 79, No 4, pp. 387-404.
- Banco de la República (2011). Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Marzo.
- Berliner, L.M. (2003). Uncertainty and Climate Change. *Statistical Science*, Vol 18 No 4, pp. 430-435.
- Boardman, J., Favis-Mortlock D.T. (1993). Climate Change and Soil Erosion in Britain. *The Geographical Journal*, Vol 159 No 2, pp 179-183.
- Bonilla, A., Rosales, R., Maldonado, J. (2003). El valor económico de la predicción del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en el sector azucarero colombiano. *Revista Desarrollo y Sociedad*, Universidad de los Andes.
- Bulkeley, H. (2001). Governing Climate Change: The Politics of Risk Society?. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, Vol. 26, No. 4, pp 430-447.
- Corfee-Morlot J., Höhne, N. (2003). Climate Change: long-term targets and short-term commitments. *Global Environment Change* No 13, pp. 277-293.
- Davis, M., Shaw, G., Etterson, J. (2005). Evolutionary Responses to Changing Climate. *Ecology*, Vol 86 No 7, pp. 1704-1714.
- Grundman, R. (2006). Ozone and Climate: Scientific Consensus and Leadership. *Science, Technology & Human Values*. Vol 31, No 1. Pp 73-101.
- Halpin, P.N. (1997). Global Climate Change and Natural-Area Protection: Management Responses and Research Directions. *Ecological Applications*, Vol 7 No 3, pp. 828-843.
- Hulme, M., Hossell, J.E., Parry, M.L. (1993). Future Climate Change and Land Use in the United Kingdom. *The Geographical Journal*, Vol 159 No 2, pp 131-147.
- Hulme, M., Turnpenny, J. (2004). Understanding and Managing Climate Change: The UK Experience. *The Geographical Journal*, Vol 170 No 2, *Environment and Development in the UK*, pp 105-115.
- Konikow, L. et al. (2005). Groundwater Depletion: A Global Problem. *Hydrogeology*. No 13, pp 317-320.
- Loáiciga, H. (2003). Climate Change and Ground Water. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol 93 No 1, pp. 30-41.
- Poortinga, W., Spence, A., Whitmarsh, L., Capstick, S., Pidgeon, N. (2011). Uncertain climate: An investigation into public scepticism about anthropogenic climate change. *Global Environment Change*. No 21, pp 1015-1024.
- Vaughan S., Rucks J., (2006). Water Management and Climate Change: Lessons from Regional Cooperation. Policy Series, Number 9. Special Issue for the IV World Water Forum, Mexico City, Organization of American States.
- Wilk, J., Wittgren, H.B. (2009). Adapting Water Management to Climate Change. Swedish Water House Policy Brief Nr. 7. SIWI.