

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua publicó en fecha reciente el libro *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*, cuyo autor es el Dr. Polioptro Martínez Austria, Director General del propio Instituto. Este texto, documentado en una sólida información técnica, nos va presentando en forma sencilla y clara la realidad de las condiciones climatológicas que prevalecen hoy día en el planeta y particularmente en México, y su relación con el valioso recurso agua y la manera en que impactará nuestro entorno, de acuerdo con los diferentes escenarios de cambio climático a futuro, desarrollados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y que son, también, materia de esta publicación.

No obstante la exposición en estas páginas de una contundente cantidad de evidencias sobre la presencia y consecuencias del cambio climático en los recursos hídricos del mundo y de México, el doctor Martínez Austria comenta que no existe un texto que resuma el conocimiento actual de efectos, vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos y su gestión. El presente documento tiene como propósito ayudar a subsanar esta carencia y, de este modo, acercar la información que necesitan los constructores de políticas públicas y tomadores de decisiones para la planeación de medio plazo.

Por lo pronto, subraya el autor, existe la necesidad de llevar a cabo estudios detallados susceptibles de aplicarse en las zonas de nuestro país que aquí se evidencian como más vulnerables al cambio climático y urge, también, a realizar estudios regionales que mitiguen la incertidumbre en los pronósticos, localizar los efectos, definir las medidas de adaptación y priorizar su aplicación. Para concluir, el doctor Martínez Austria apunta que es necesario desarrollar una estrategia específica para el agua en el Programa Especial de Acción Climática. A continuación presentamos algunos de los principales aspectos tratados en el libro.

El calentamiento global

El calentamiento global, un hecho irrefutable, no es otra cosa que el aumento de la temperatura en la atmósfera, provocado por el fenómeno conocido como efecto invernadero, mismo que se debe a la presencia en la atmósfera de gases que retienen la radiación de onda larga que emite la Tierra al disipar el calor recibido del Sol. Como se puede apreciar en la Figura 1, una parte del total de la radiación que llega a la Tierra procedente del Sol ($\sim 343 \text{ W/m}^2$) es

inmediatamente reflejada al espacio exterior ($\sim 103 \text{ W/m}^2$), otra es absorbida por la Tierra ($\sim 240 \text{ W/m}^2$) que se calienta y reemite algo de esta energía en forma de radiaciones de frecuencia infrarroja. No obstante, antes de alcanzar el espacio exterior, una porción de esta radiación es capturada por algunos gases en la atmósfera, cuyas capas bajas, o troposfera, se calientan mediante este proceso, aumentando la temperatura planetaria.

Los gases que retienen el calor en la atmósfera, conocidos como gases de invernadero, son, entre los más importantes, el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarburos (CFC). Estos gases, excepto los últimos, existen de manera natural en la atmósfera y son los responsables, en buena medida, de crear condiciones para la vida en nuestro planeta. No obstante, aun pequeñas variaciones en su cantidad pueden incrementar de manera sensible la temperatura atmosférica, con las consecuencias que ello implica.

De entre los gases de invernadero el CO_2 es el más abundante y la principal causa del calentamiento global de origen antropogénico, es decir, el producido por las modernas actividades humanas que lo liberan a la atmósfera mediante la quema de combustibles fósiles. En la era preindustrial la concentración de CO_2 era de 280 ppm; en 2005 alcanzó las 379 ppm y, desafortunadamente, en nuestros días continúa en aumento.

Escenarios de cambio climático

En 1996, el IPCC inició el desarrollo de nuevos escenarios de emisiones, para actualizar los preparados en 1992, conocidos como Escenarios IS92. Como resultado de este trabajo se construyeron cuatro familias de escenarios, cada una de ellas fundamentada en una descripción de las condiciones en las que posiblemente se encuentre el mundo en un futuro. Estos nuevos escenarios son conocidos en términos genéricos como Escenarios IE-EE.

La familia A1 describe un mundo caracterizado por un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su máximo a mediados del presente siglo, empieza a declinar a partir de entonces y adopta tecnologías más eficientes. Esta familia de escenarios se subdivide conforme a las tecnologías a usar: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), con fuentes alternas de energía (A1T), y con un balance entre diferentes fuentes de energía (A1B). Este último escenario es uno de los más utilizados en las simulaciones, pues se le considera entre los más probables.

La familia A2 se refiere a un mundo venidero caracterizado por un incremento continuo de la población, aunque con un crecimiento económico mucho menor que en los escenarios A1. Los escenarios A2 son pesimistas en cuanto a que se mantiene un elevado aumento de las emisiones de gases de invernadero, en particular de bióxido de carbono.

La familia B1 describe un mañana en el que la población, como en los escenarios A1, alcanza su máximo a mediados del siglo XXI, con un crecimiento económico acelerado, pero orientado a los servicios y las tecnologías de la información, con un uso menor de materias primas y con un aprovechamiento sustentable de los recursos, pero aún sin adoptar medidas específicas respecto del clima.

La familia B2 describe un porvenir en el que se toman medidas locales y regionales para la protección del medio ambiente, con un crecimiento de la población menor que en los escenarios A1 y B1. Este escenario se percibe muy optimista, tal como se han observado las tendencias hasta ahora.

Efectos del cambio climático en los recursos hídricos

El cambio climático incidirá en la demanda de agua, sobre todo la de los ecosistemas y la de la agricultura que es, actualmente, el principal usuario en el mundo. También se observarán cambios en la calidad del agua en los ríos y, con mayor intensidad, en los lagos, humedales y ecosistemas costeros.

Puesto que el agua es el motor de la vida, es de esperarse que los cambios en el ciclo hidrológico produzcan a su vez modificaciones de consideración en los ecosistemas y en la salud.

La magnitud de estos cambios a escala regional, conviene asentarlo desde ahora, es objeto aún de controversia, debido a la falta de datos y modelos apropiados y que los actuales carecen de la suficiente calibración.

Es necesario anotar también que los recursos hídricos están ya sujetos a grandes presiones debido, fundamentalmente, al crecimiento poblacional; al desarrollo social y económico que genera mayores demandas, sobre todo de uso industrial y de servicios; y a los cambios en el uso del suelo y alteraciones en las zonas de captación de las cuencas, ocasionados principalmente por la deforestación y la erosión. A estos efectos hay que añadir la

incapacidad institucional en amplias zonas del planeta para lograr una razonable gobernabilidad del recurso hídrico. Por todo ello, los probables efectos del cambio climático serán un ingrediente más que dificultará, de manera definitiva en muchos casos, el uso sustentable del agua.

Efectos en los recursos hídricos de México

Las diversas estimaciones coinciden en incrementos en la temperatura, hacia finales del siguiente siglo, de 3 a 4 °C, lo cual ocasionará alteraciones en la precipitación, principalmente en el norte del país, donde se espera una menor frecuencia de lluvias en promedio, sequías más recurrentes e intensas y una disminución en el escurrimiento, que en algunas regiones será cercano al 20% al final del siglo XXI.

Al incrementarse los requerimientos de agua, en especial en la agricultura, la demanda aumentará, lo que, junto con la menor disponibilidad natural, configura un escenario de creciente escasez. Al disminuir la precipitación promedio en el sureste, también se prevén menores volúmenes disponibles para generación de energía.

Por otra parte, se pronostica que las tormentas tropicales aumenten su intensidad, no así su frecuencia. Se observarán más huracanes de categorías cuatro y cinco con precipitaciones más intensas.

El incremento del nivel del mar en las costas de México propiciará la vulnerabilidad de algunas regiones a las inundaciones, pues se disminuye la capacidad de descarga de los cauces. Son previsibles mayores riesgos, en especial en las desembocaduras del río Grijalva en Tabasco, y de los ríos de Coatzacoalcos y Pánuco, en Veracruz.

El cambio en la elevación de los océanos, intensidad y patrones de oleaje y corrientes litorales, podría ocasionar alteraciones notables en los procesos de erosión-sedimentación en las zonas costeras, lo que tendría efectos ambientales de consideración en manglares y lagunas litorales.

Se espera que el incremento del nivel del mar afectará también la salinización de los acuíferos costeros.

En las regiones áridas, es previsible una mayor frecuencia de sequías más intensas. Deberá prestarse especial atención a las cuencas de los ríos en la región norte, en especial en la del Bravo.

En México, la gestión del agua presenta ya retos de enorme envergadura. Se trata de un país con un gran contraste de climas: mientras en el norte prevalecen los ambientes secos o muy secos, sujetos a sequías recurrentes, en el sur son húmedos con tormentas tropicales e inundaciones frecuentes. La precipitación media, de alrededor de 771 mm anuales es, como muchos promedios, un valor engañoso, pues mientras en las regiones sur, costeras y centro se registran valores de 2 000 mm anuales, en el noroeste sólo se precipitan apenas 250 mm y en el noreste se apuntan escasos 500 mm anuales. En un contraste que es bien conocido, la mayor parte de la población, con el consecuente desarrollo económico, se asienta en las regiones donde se dispone de menos agua.

En México, la disponibilidad ha venido disminuyendo debido al desarrollo económico y, principalmente, al crecimiento demográfico. Así, la disponibilidad per cápita pasará de 11 500 m³/hab/año en 1955 a 3 500 en el año 2025, lo que generará una mayor escasez en las zonas áridas y semiáridas.

Aun sin cambio climático, la gestión de los recursos hídricos en México se complicará en los próximos años como resultado del crecimiento demográfico y del desarrollo económico, que típicamente incrementa el consumo per cápita.

Como puede apreciarse, el crecimiento demográfico, por sí solo, ocasionará una disminución de tal magnitud en la disponibilidad, que las regiones de la península de Baja California y del río Bravo cambiarán su clasificación de muy baja a extremadamente baja, lo que significa una disponibilidad por habitante inferior a mil metros cúbicos anuales.

El cambio es de una dimensión tan grande en una zona que padecerá escasez severa, que debe ser incluido en los ejercicios de planeación de largo plazo. Es necesario que los administradores de recursos hidráulicos, y sobre todo los responsables de las políticas públicas en el sector, tengan en cuenta los escenarios de cambio climático, de lo contrario podrían establecer estrategias de alcance insuficiente para adaptar los sistemas hídricos a la situación prevista con base en los estudios realizados.

Por otra parte, cabe señalar que no se ha estudiado el efecto del cambio climático en la calidad del agua, en particular en lagos y

otros cuerpos de agua superficial, que se sabe se verán afectados negativamente pero en una magnitud desconocida.

La gestión del agua en el futuro, ya complicada por el crecimiento demográfico y económico en zonas de escasez natural, propondrá retos aún mayores como consecuencia del cambio climático. Es urgente que se realicen estudios regionales para eliminar en lo posible la incertidumbre en los pronósticos, localizar los efectos, definir las medidas de adaptación y priorizar su aplicación en las regiones más sensibles a los efectos del cambio climático. Será necesaria una estrategia específica para el agua en el Programa Nacional de Acción Climática.

Esta publicación puede adquirirse en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, www.imta.gob.mx.

Por: IMTA

Sitio web: <http://www.imta.gob.mx/gaceta/cambio-climatico.html>