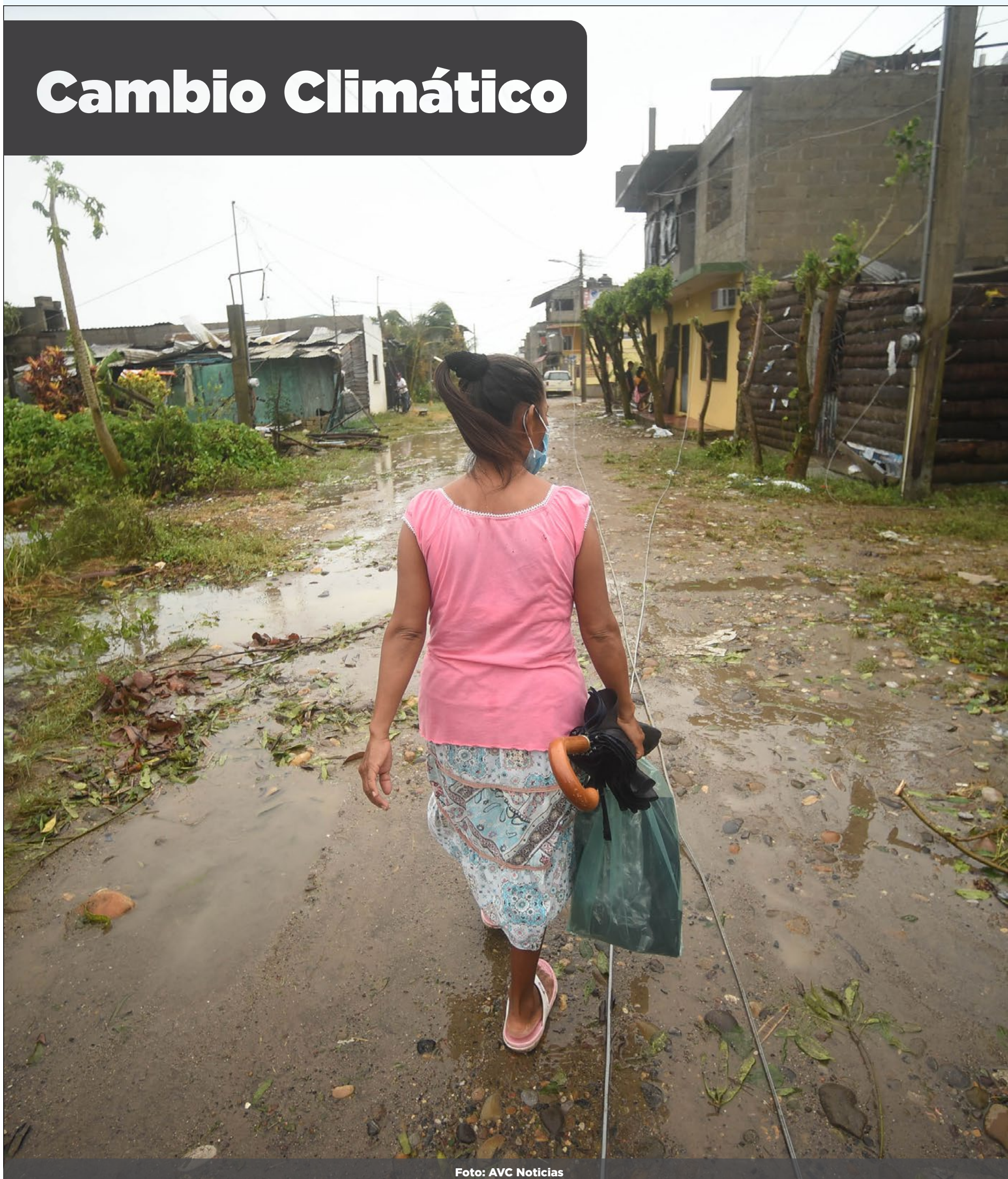




Cambio Climático



EDITORIAL

Recomentando algunos aspectos del
Cambio Climático

Hoy en día la información escrita, en imágenes y videos (en diversos tipos, incluyendo caricaturas) fluye de manera prácticamente inmediata de un lugar a otro del mundo. El tema viene a colación porque muchas veces cuando se registran fenómenos meteorológicos intensos de “corta” duración como tornados en zonas donde habitualmente no ocurren, nevadas fuera de época y lugar, granizadas intensas (por duración o tamaño del granizo); éstos se atribuyen de manera inmediata al cambio climático sin que haya un sustento científico.

El Jarocho Cuántico, como suplemento de difusión de la ciencia, intenta contribuir con este número, que retoma algunos aspectos acerca del cambio climático, a entender de manera sencilla algunos tópicos relacionados a este fenómeno que, cada vez más y lamentablemente, pone en riesgo la existencia de la vida en general en el planeta.

Si bien este fenómeno no es reciente, lo cierto es que hace apenas un poco más de tres décadas que la Organización de las Naciones Unidas a través de su Programa de Medio Ambiente y de la Organización Meteorológica Mundial, decidió establecer un órgano (el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés) para evaluar de la manera más objetiva posible este fenómeno. El órgano en sus inicios, consideró que la influencia del hombre en el cambio climático no era tan perceptible... condición que en tres décadas ha cambiado radicalmente y que incluso ahora clama por políticas a todos los niveles que conlleven a mitigar los efectos cada vez más claros y recurrentes del cambio climático.

Entre los diversos efectos del cambio climático que frecuentemente se mencionan, están el aumento de la temperatura a nivel planetario, los cambios en los patrones de precipitación y el aumento del nivel del mar.

Imagine en forma sintética al ciclo hidrológico: la radiación del Sol alcanza la superficie del mar, lo que hace que se evapore el agua y ascienda. Durante el ascenso el agua en forma de vapor se enfría y se condensa dando lugar a la formación de gotitas (nubes) y precipita llegando al mar nuevamente. ¿Cómo se puede alterar ese ciclo?, las causas pueden ser naturales: cambios en la cantidad de radiación solar (mayor, menor o incluso dejar de haber, lo que implica cambios en la temperatura también) o artificiales (arrojar basura cambia la composición del mar y ello puede favorecer mayor o menor evaporación y por lo tanto cambios en la cantidad y distribución de la precipitación, además de la desaparición de especies animales desde luego). Se trata de destacar con este ejemplo simple, que la atmósfera y el océano guardan una estrecha relación en intercambios de masa, energía, distribución del vapor de agua y por lo tanto de la precipitación, de tal forma que conocer sus características físicas individuales y la interacción entre ellos y los demás componentes o elementos del *sistema climático*, permiten simular su comportamiento a corto y largo plazo y por lo tanto, con ello predecir los cambios en los patrones climáticos del planeta.

¿Se mide usted su presión arterial con frecuencia? ¿se mide la glucosa? En el párrafo anterior se señaló que es importante conocer las características físicas de la atmósfera y del océano para poder predecir los cambios a futuro. Supongamos que usted se mide la presión arterial todos los días a las 8:00 hrs y esta oscila alrededor de 120/80, digamos entre 125/75. Sin embargo, un día la lectura es de 140/90; evidentemente surgen varias dudas: ¿Por qué hoy está alta? ¿Se debe al exceso de sal en la cena de ayer? ¿A la situación

inesperada vivida ayer? Lo más probable es que no pueda definir una causa específica pero sabe que algo no está yendo bien. De una forma similar, medir las características o propiedades de la atmósfera, del océano, del suelo, de la vegetación y de la cubierta de hielo y nieve del planeta de manera rutinaria y por largos periodos de tiempo (la Organización Meteorológica Mundial recomienda 30 años para definir el clima de una localidad), permiten determinar que en un sitio en particular y a nivel global las cosas pueden no estar marchando bien... los índices de cambio climático son estadísticos que permiten determinar si hay cambio en alguna de las características de la atmósfera (principalmente) del sitio donde se hacen las mediciones.

Volviendo al ejemplo del funcionamiento de nuestro cuerpo, la comparación del funcionamiento de sus órganos: corazón, páncreas, hígado, etc. le permiten señalar donde debe poner cuidado y, sobre todo, acciones para evitar mayores daños en ellos y, de ser posible, que vuelvan a funcionar de manera normal.

De manera un tanto similar, la comparación entre sitios de esos índices de cambio climático permiten saber dónde las condiciones ambientales están cambiando con mayor intensidad... y por lo tanto, apuntar a los riesgos a los que están expuestas esas zonas y aún proyectar lo que puede pasar con ellos.

En el caso del cambio climático de nuestro planeta, no se hacen *pronósticos*, se proyectan *escenarios*, esto es, supuestos ante diversos factores entre los que se incluyen: la emisión de gases de efectos de invernadero (aumento, reducción o igualdad con la emisión actual), aspectos sociales como el crecimiento poblacional y económico, el cambio del uso del suelo, etc. Desde luego, los aspectos físicos como la disminución de la cubierta de hielo (principalmente en los polos) no quedan fuera.

Los escenarios van actualizándose conforme se cuenta con mayor información. Los recuentos de los fenómenos meteorológicos y/o climáticos que afectan hoy en día diferentes zonas del planeta, permiten reafirmar que el fenómeno del cambio climático, producto de la actividad del hombre, tiene un alto porcentaje “de culpa” de que estos fenómenos se estén volviendo recurrentes, más intensos y normales. El último informe del IPCC señala ahora con mayor énfasis la necesidad de acciones improrrogables y firmes que permitan disminuir o mitigar los efectos del cambio climático. Volviendo al símil del cuerpo enfermo, quizá la presión arterial no vuelva ser de 120/80, pero con acciones de cambios de hábito en comidas, ejercicios, etc. ésta regrese a valores cercanos. ¿Estamos dispuestos a cambiar de hábitos para que nuestro planeta “enfermo” se sienta mejor?

El Jarocho a la décima potencia

HURACÁN

Él huracán tropical
cuando el calor se le sube,
es un cíclope de nube
con fuerza descomunal,
en su rotación mortal
mueve viento, lluvia y lodo,
no escapa un solo recodo
a su violencia inaudita,
que solo se debilita
después que destruye todo.

Mauro Domínguez Medina

Coordina este número: Juan Cervantes Pérez

Autores: Carolina A. Ochoa Martínez, Gabriela Díaz Félix, Juan Matías Méndez Pérez, Federico Acevedo Rosas, José Llanos Arias y Martha Llanos

Director: Tulio Moreno Alvarado / Subdirector: Leopoldo Gavito Nanson / Coordinador: Manuel Martínez Morales (t) / Edición: Moxel Alberto Pola Sánchez

Comité Editorial: Lilia América Albert Palacios, Lorenzo M. Bozada Robles, Isela Pacheco Cabrera, Beatriz Torres Beristain y Georgina Vidriales Chan

Correspondencia y colaboraciones: eljarochocuantico@gmail.com ▪ [Facebook.com/ElJarochoCuantico](https://www.facebook.com/ElJarochoCuantico) ▪ [Twitter: @jarochocuantico](https://twitter.com/@jarochocuantico)

Del cambio climático a la emergencia climática

► Carolina A. Ochoa Martínez*



Durante los últimos años, el término Cambio Climático (CC) ha cobrado relevancia en diferentes ámbitos – académico, político, social- y no es para menos pues sin duda alguna es un fenómeno que representa fielmente la complejidad de la sociedad en el siglo XXI. Este popular término, suele confundirse muchas veces con el calentamiento global, pero hay algo que si tienen en común y es que ambos están sucediendo, aunque aún algunos no lo crean.

Calentamiento global y cambio climático

Todos hemos escuchado a alguien decir que el clima está cambiando; es más, las famosas cabañuelas que nos contaban nuestros abuelos se están viendo comprometidas e indistintamente se mencionan como principales causantes al CC y al calentamiento global.

Antes de hablar de diferencia entre ambos conceptos, haré una pausa para quienes no han escuchado sobre las cabañuelas: son una tradición en México para predecir el clima del año. Donde se tiene la creencia que el mes de enero es el que marca las temporalidades del año, es decir, que prestando atención a los primeros días de este mes, podemos predecir las temporadas que habrá durante el año y es comúnmente utilizada por campesinos dedicados a la agricultura en la proyección de sus cosechas.

Bien ahora sí, en qué estábamos... Ah sí, la variación del clima y la definición de conceptos. Para ello tengo que decir que la variación del clima

ha formado parte de la evolución de la Tierra desde su origen y que puede ser inducida por una multiplicidad de causas naturales como: variaciones en la actividad solar, erupciones volcánicas, variaciones de la órbita terrestre, así como la emisión de gases de efecto invernadero emitido por organismos vivos, por mencionar algunas.

Dichas variaciones han dado la pauta al surgimiento de conceptos como calentamiento global y CC. El primero hace referencia al incremento gradual en las temperaturas promedio del aire cerca de la superficie y de los océanos desde mediados del siglo XX y su continua proyección. Mientras que el segundo se refiere al cambio en el clima que puede ser atribuible directa o indirectamente a la actividad humana puesto que altera la composición de la atmósfera.

Como Pedro y el Lobo

El tema no es nuevo, desde hace varios años se habla de sus causas, sus efectos, sus impactos y posibles consecuencias, así como de una amplia gama de posibles escenarios para diferentes sectores y periodos de tiempo. No obstante, nos han hablado tanto del famoso fenómeno que de primera instancia podría parecer que estamos inmersos en la historia de Pedro y el lobo.

Entre los principales efectos ocasionados por este fenómeno se tienen: aumento promedio del nivel del mar, incremento de huracanes, inundaciones recurrentes, disminución de la disponibilidad de agua y de la

producción agrícola, así como el aumento de la temperatura promedio global de los océanos y la superficie terrestre.

En otras palabras, se trata de un fenómeno que a partir de eventos locales, se manifiesta a escala planetaria; es de difícil detección, medición y control; afecta a todos los grupos sociales, pero sus impactos se acumulan en los grupos más vulnerables; cuyos escenarios futuros son inciertos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el cambio climático no es algo que va a pasar en los próximos años. El clima del mundo ya cambió, en tan solo un par de décadas la humanidad ha conseguido perturbar el termostato natural del planeta de una forma aún indefinida y no del todo conocida.

Pero cómo varía

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es el órgano internacional encargado de evaluar los conocimientos científicos relativos al cambio climático. Establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, tiene como función principal analizar de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente la información científica, técnica y socioeconómica pertinente para entender el cambio climático, sus repercusiones y riesgos futuros, así como las opciones que existen para adaptarse al mismo y atenuar sus efectos.

Se encuentra constituido por tres grupos: el primero trabaja las bases científicas del fenómeno; el segundo

sobre los impactos y las adaptaciones al fenómeno; y por último, el tercer grupo que trata sobre las opciones para atenuar el cambio climático. El arduo trabajo del IPCC se ve reflejado en los reportes de evaluación que emite periódicamente cada seis años, a excepción de este último – el sexto- que vio la luz un año más tarde como efecto colateral de la contingencia sanitaria del Covid-19.

En cada uno de dichos reportes de evaluación, hemos visto plasmada la definición y evolución del término cambio climático. En el primer reporte de evaluación en 1990, se señalaba que existían pocas pruebas de observación respecto a una *influencia climática antropogena* que fuera perceptible. Para el segundo reporte (1996) las pruebas sugerían una *“influencia humana discernible”* sobre el clima; mientras que para el 2001 el tercer reporte mencionaba que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos años se *debió posiblemente al aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero*.

Es importante señalar que entre el tercer y cuarto reporte, se estrena la película “La verdad incómoda” del exvicepresidente de los Estados Unidos, Al Gore, generando controversia sobre el tema y causando un sinnúmero de opiniones divididas. Ya para el cuarto reporte (2007), posiblemente como consecuencia de dicho filme, el IPCC define al fenómeno como *“cualquier cambio del clima en el tiempo ya sea por variabilidad natural o como resultado de la actividad humana”*, es decir, habla sobre quien recae la responsabilidad del CC, pero no pone en duda su existencia.

En el 2013, el quinto reporte señalaba que *“no existía duda de que se estaba produciendo un cambio climático como una consecuencia de la influencia humana”*, con un intervalo de certeza del 95-100%. Mientras que en el recién salido sexto reporte (2021) los científicos mencionan que muchos de los cambios observados en el clima no tienen precedentes en miles, sino en cientos de miles de años, y algunos de los cambios que ya se están produciendo no se podrán revertir hasta dentro de varios siglos o milenios.

Sabemos que el clima ya cambió y va seguir cambiando, pero lo que resulta importante de destacar es que la definición en sí, no ha cambiado con el tiempo, lo que ha cambiado es el nivel de certeza y la atribución a que las actividades humanas están forzando a acelerar este cambio.

Aún podemos ganar ante la emergencia climática

Sin lugar a dudas, el tema del cambio climático es el mayor reto de la humanidad y es claro que está ocurriendo más rápido de lo que se temía. La influencia humana en el sistema climático es una realidad, y continúa en aumento. De ahí que suenen las alertas a esta emergencia climática, la próxima década será fundamental para hacer frente a la emergencia, pero se requiere un esfuerzo a una escala sin precedentes por parte de todos los sectores de la sociedad, porque resolver el problema del cambio climático será difícil, pero ignorarlo será peor.

* Centro de Ciencias de la Tierra, UV
caochoa@uv.mx

¿Se están incrementando los fenómenos atmosféricos por el Cambio Climático?

► Federico Acevedo* Rosas y José Llanos Arias**



El cambio climático se manifiesta fundamentalmente en el aumento de la temperatura media mundial, la modificación de los patrones de precipitación, el alza continua del nivel del mar, la reducción de la capa de hielo y la acen- tuación de los patrones de fenómenos climáticos extremos.

Los efectos del cambio no se limitan a cambiar las condiciones físicas de un sitio, sino que de manera indirecta pueden incidir en otros campos como la salud; en América Latina por ejemplo, los principales efectos sobre la salud asociados al cambio climático son la malaria, el dengue, el estrés por calor y el cólera.

Lo anterior es una muestra de algunos de los efectos directos e indirectos del Cambio Climático; sin embargo, desde que el tema del cambio climático ha ido cobrando relevancia, una de las varias incógnitas es si este fenómeno está modificando a los sistemas meteorológicos (aumentando la frecuencia y/o intensidad de los huracanes por ejemplo) y climáticos (por ejemplo, cambiando la distribución de la precipitación).

El último informe del IPCC indica que la frecuencia e intensidad de algunos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ha aumentado como consecuencia del cambio climático y seguirá aumentando en escenarios de emisiones medias y altas (confianza alta). Con respecto a la intensidad de los fenómenos meteorológicos, a partir de 2017 comenzaron los hallazgos de su relación con el cambio climático. En los siguientes párrafos se mencionarán

algunos de ellos, que ya son considerados como resultado de este.

Ciclones Tropicales. El huracán Katrina de 2005, impulsó la investigación sobre los posibles impactos del cambio climático en los huracanes. Los científicos determinaban que era probable que el calentamiento, en particular de los océanos, provocaba huracanes más intensos, incluso si hubiera menos tormentas. Probablemente uno de los ciclones más analizados en los últimos años ha sido el Huracán Harvey de agosto de 2017, el cual produjo inundaciones como nunca habían sido observadas en Houston, Texas. En cuestión de días, una inusitada cantidad de agua de la que no existían precedentes, sepultó a la ciudad.

Los climatólogos y meteorólogos de varias instituciones señalaron que las tormentas tropicales como Harvey son raras, sin embargo, advirtieron que, las aguas del océano, inusualmente más cálidas durante esa época del año pueden haber sobrealimentado la precipitación extrema que tuvo lugar durante el huracán. Algunos de los resultados publicados del análisis son:

El cambio climático probablemente incrementó la lluvia de Harvey en al menos un 19%.

Cuando se compara a Harvey con un huracán de los años 50 puede apreciarse que las precipitaciones de éste se incrementaron hasta en un 38%.

Se ha determinado que en la era industrial, el Golfo de México ha visto incrementada la temperatura de sus aguas un 1°C más en comparación a la media global. En general, este calentamiento hace que el aire sobre un

cuerpo de agua sea entre 6 y 7% más húmedo, mucho menor que el impulso que Harvey probablemente recibió, lo que hace presumir que en el futuro es muy probable que acontezcan tormentas incluso mucho más intensas.

En un contexto más local, un informe reciente, realizado por 13 dependencias federales de Estados Unidos, como parte de la Evaluación del Clima Nacional, señala que con el aumento de temperaturas en mar y tierra, tanto la teoría como los modelos computarizados sugieren un incremento en la intensidad de las tormentas, por lo que es posible una mayor cantidad de tormentas intensas.

Aunque generalmente la población piensa que el mayor riesgo de los huracanes es la fuerza de sus vientos y las marejadas que los acompañan, las inundaciones debido a la precipitación pueden convertirse en un problema mayor.

De acuerdo con los escenarios de Cambio Climático de los modelos del IPCC, las principales conclusiones de un cambio “detectable”, referido a un cambio que es lo suficientemente grande como para distinguirse claramente de la variabilidad debida a causas naturales, son:

Mayor humedad en la atmósfera significa un aumento en la cantidad e intensidad de la lluvia asociada a los huracanes y otras tormentas.

El aumento del nivel del mar, donde la actividad humana ha sido muy probablemente el principal impulsor desde al menos 1971.

Se prevé que las tasas de precipitación de ciclones tropicales aumenten

en el futuro (nivel de confianza medio a alto) debido al calentamiento antropogénico y al aumento que lo acompaña en el contenido de humedad atmosférica. Los estudios de modelado en promedio proyectan un aumento del orden del 10-15% para las tasas de lluvia promediadas dentro de unos 100 km de la tormenta, para un escenario de calentamiento global de 20C.

Se proyecta que la intensidad de los ciclones tropicales a nivel mundial aumente (confianza media a alta) en promedio (de 1 a 10% según las proyecciones del modelo para un calentamiento global de 20C). Este cambio implicaría un aumento porcentual aún mayor en el potencial destructivo por tormenta, suponiendo que no se reduzca el tamaño de la tormenta. Las respuestas del tamaño de las tormentas al calentamiento antropogénico son inciertas.

Se proyecta que la proporción global de ciclones tropicales que alcanzan niveles muy intensos (Categoría 4 y 5) aumentará (confianza media a alta) debido al calentamiento antropogénico durante el siglo XXI. Hay menos confianza en las proyecciones futuras del número global de tormentas de Categoría 4 y 5, ya que la mayoría de los estudios de modelización proyectan una disminución (o un pequeño cambio) en la frecuencia global de todos los ciclones tropicales combinados.

Olas de calor. Adicionalmente a las investigaciones sobre la intensificación de los ciclones tropicales derivado del cambio climático, un nuevo estudio de "atribución rápida" encontró que la ola de calor mortal que azotó el noroeste de Estados Unidos y suroeste de Canadá a finales de junio de este 2021, habría sido "virtualmente imposible" sin el calentamiento global causado por los humanos.

La ola de calor fue "tan extrema" que las temperaturas observadas "se encuentran muy fuera del rango" de las observaciones históricas, dicen los investigadores. Su evaluación sugiere que la ola de calor fue alrededor de un evento de uno en 1,000 años en el clima actual, y fue al menos 150 veces más probable debido al cambio climático.

El análisis también encuentra que, si el calentamiento global alcanzara los 2° C, una ola de calor tan extrema como la del mes de junio, "ocurriría aproximadamente cada 5 a 10 años" en la región.

Estos hallazgos "brindan una fuerte advertencia", dicen los investigadores, de que "un clima que se calienta rápidamente nos está llevando a un territorio inexplorado con consecuencias significativas para la salud, el bienestar y los medios de vida".

El análisis, dirigido por el consorcio científico World Weather Attribution (WWA), es el último de una serie de estudios de atribución que vinculan el cambio climático causado por el hombre con olas de calor récord en Siberia, Japón, el Reino Unido y Francia en los últimos años.

Ola de calor de Siberia y Francia, imposibles sin el cambio climático. Durante enero y junio del año pasado (2020), Siberia experimentó una prolongada ola de calor que sin el cambio climático ocurriría menos de una vez cada 80.000 años, según constató el WWA. Acorde a sus hallazgos, el cambio climático inducido por las actividades humanas multiplicó por 600

las posibilidades de que se produzca una ola de calor. En verano de 2019, otro estudio del mismo grupo sostenía que la ola de calor que experimentó Francia (con 45.9 °C, una temperatura record) fue al menos cinco, y hasta 100 veces, más probable a causa del cambio climático.

Con base en estos hallazgos, el grupo de especialistas del clima advierte de que los planes de adaptación deben diseñarse para temperaturas muy superiores a las que ya se han registrado en el pasado reciente.

Inundaciones. Las precipitaciones extremas que afectaron a algunas zonas de Europa Occidental el pasado mes de julio causaron inundaciones en Bélgica y Alemania en las que murieron más de 220 personas. Un equipo internacional de científicos del clima —formado por 39 especialistas del WWA— publicó un análisis rápido de atribución en el que señala cómo el cambio climático está detrás de estos fenómenos.

Según sus datos, las emisiones de gases de efecto invernadero han hecho incrementar entre 1, 2 y 9 veces la probabilidad de que se produzcan precipitaciones extremas similares a las que se dieron en Alemania, Luxemburgo, Bélgica y Países Bajos este verano.

Además, estos eventos son ahora entre un 3 y un 19% más intensos por el calentamiento global. Por eso, el estudio pone énfasis en la necesidad de reducir la vulnerabilidad hacia este tipo de eventos "teniendo en cuenta que ocurrirán con más frecuencia en el futuro".

A medida que aumenten las temperaturas —predice el análisis—, Europa Occidental y Central quedarán expuestas a un aumento de las precipi-

taciones extremas y las inundaciones, tanto en frecuencia como en intensidad.

Eventos extremos no vistos: una ola de calor de finales de verano y lluvia en la cumbre de Groenlandia. Las olas de calor de finales del verano son una experiencia común en gran parte de los Estados Unidos, pero han sido raras en Groenlandia. A mediados de agosto de 2021, esa situación cambió cuando una ola de calor a fines del verano golpeó la isla helada, según el Centro Nacional de Datos de Nieve y Hielo (NSIDC). El calor inusual provocó un aumento en el derretimiento de la superficie, el área más grande de derretimiento de la superficie observada en Groenlandia para esta época del año. El calor trajo algo aún más sorprendente: lluvia en el punto más alto de la capa de hielo, en la Summit Station de la National Science Foundation (NSF). El 14 de agosto de 2021, cuando las temperaturas subieron por encima del punto de congelación, la lluvia comenzó a caer; llovió en la cima de la capa de hielo de Groenlandia durante varias horas.

Incluso en los veranos más cálidos, las condiciones en la cima de la capa de hielo suelen permanecer muy por debajo del punto de congelación, gracias a una combinación de gran latitud y gran elevación.

Desde que se construyó Summit Station en 1989, las ocasiones en las que se ha observado derretimiento allí se pueden contar con los dedos de una mano: 1995, 2012, 2019 y ahora 2021. Al mismo tiempo que el pico de derretimiento de mediados de agosto de 2021, los investigadores en la estación Summit de la NSF observaron con asombro cómo la lluvia caía por primera vez registrada.

El glaciólogo de la Universidad de Colorado, Ted Scambos, parte del equipo que anunció las condiciones inusuales, comentó: "La lluvia en la cumbre de Groenlandia es una indicación convincente de que nuestro clima se ha visto afectado por nuestro uso de combustibles fósiles".

¿Y en México y el estado de Veracruz? Como se ha visto, es difícil analizar la influencia del cambio climático con los eventos de gran escala o incluso con las lluvias intensas a niveles locales, pero se puede pensar que, si el calentamiento global está generando más evaporación y por lo tanto más transporte de humedad, es posible que los fenómenos de menor escala también estén sufriendo cambios en intensidad y frecuencia.

Se sabe que en México los fenómenos hidrometeorológicos son lo que provocan el mayor número de desastres y pérdidas económicas. Lamentablemente no existe un estudio que lo asocie al cambio climático, a pesar de que cada vez son reportados más eventos destructivos como el granizo, las lluvias intensas y los tornados. Además, y considerando que el cambio climático no es indicativo únicamente de más calor, sino de casos extremos, también en el territorio mexicano se han presentado fenómenos de tipo invernal inusuales, como en otras partes del mundo, que han ocasionado fenómenos nunca o pocas veces vistos; como por ejemplo, desde los de gran escala como son las tormentas invernales en latitudes más al sur, y que han cubierto la mayoría de las entidades del país generando fenómenos diferentes de forma simultánea, como viento y lluvias intensas, granizadas, nevadas y heladas, a los muy locales como son nevadas y temperaturas muy bajas, que incluso han establecido récords.

Pero lo que más se ha visto, aunque gran parte de la población está a favor de que esto ocurre por el avance de la tecnología al contar con mejores formas de captarlos, como por ejemplo con un simple dispositivo móvil, lo cierto es que varios meteorólogos están convencidos de que los eventos extremos como las tormentas eléctricas que provocan el granizo, la lluvia intensa, los vientos en ráfagas y los tornados van en aumento, convencidos de que para que ello se dé, es necesario el calor como fuente de la inestabilidad atmosférica necesaria, y el aumento de la humedad, que la misma energía desprende de los océanos.

A todo esto, también es conveniente no generalizar y, por ejemplo, no confundir el calentamiento generado por las grandes urbes y el cambio del uso del suelo, que también ocasiona los eventos descritos y que a su vez aportan energía al planeta.

En Veracruz, lo único comprobado que ha cambiado por el cambio climático es la disminución de los glaciares en el Pico de Orizaba, pero curiosamente, algunos consideran que este coloso se ve más blanco en verano, debido precisamente a un mayor número de tormentas. ¿Usted qué opina?

***Subcoordinación de Pronósticos Meteorológicos y estacional**
facevedo@veracruz.gob.mx

****Subcoordinación de fenómenos atmosféricos**
jllanos@veracruz.gob.mx



¿Qué son los escenarios de **cambio climático**?

Juan Mañas Méndez Pérez

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), un escenario de cambio climático es una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basado en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherentes, que ha sido construido para ser utilizado de forma explícita en la investigación de las potenciales consecuencias del cambio climático antropogénico, y que a menudo sirve de insumo para los modelos de impacto. Es importante mencionar que, un escenario no es un pronóstico, ya que cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro.

Por otro lado, una proyección climática se refiere a simular la respuesta del sistema climático (compuesto por la atmósfera, hidrósfera, criosfera, litosfera y biosfera, y las interacciones entre ellas) que tendrá a un escenario futuro de emisiones o concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), aerosoles y cambios en el uso de suelo. Este tipo de proyecciones generalmente se construye a través de modelos climáticos, los cuales se basan en la solución numérica de ecuaciones matemáticas que describen las características físicas, químicas y biológicas del sistema climático.

Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones climáticas porque las primeras dependen del escenario de emisión/concentración/forzamiento radiativo utilizado, que a su vez se basa en supuestos relacionados, por ejemplo, con futuros desarrollos socioeconómicos, demográficos, sociales, ambientales y tecnológicos

que pueden o no realizarse.

En el Quinto Reporte de Evaluación (AR5, por sus siglas en inglés) del IPCC, publicado en 2013, se definieron las llamadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) como escenarios que integran series de tiempo de emisiones y concentraciones de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso de suelo y cubierta del suelo. Se definieron cuatro escenarios RCPs según la intensidad de radiación para el año 2100, donde las estimaciones del forzante radiativo están basadas en las emisiones de GEI. El escenario RCP8.5 (mayor a 8.5 W m^{-2} en 2100) es considerado como de altas tasas de emisiones. Los escenarios RCP4.5 y RCP 6.0 (el forzamiento radiativo está entre 4.5 y 6.0 W m^{-2} en 2100 y se mantiene constante después de 2150) son considerados como escenarios de mitigación mediana. Finalmente, la más baja tasa de emisiones corresponde al escenario RCP2.6 (el forzamiento radiativo alcanza un máximo de aproximadamente 3 W m^{-2} , luego se reduce a 2.6 W m^{-2} en 2100 y se mantiene constante).

Para el Sexto Reporte de Evaluación (AR6, por sus siglas en inglés) del IPCC, se desarrollaron los escenarios conocidos como Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés). Estos escenarios complementan a los escenarios RCP y describen futuros alternativos de desarrollo socioeconómicos que muestran cómo podría evolucionar el mundo durante el siglo XXI. Para su elaboración se considera la evolución de las economías, niveles de desigual-

dad, cambios demográficos y tecnológicos, así como qué desafíos suponen tales cambios para las estrategias de mitigación y adaptación. Lo anterior incide en los niveles de emisiones de GEI, lo que genera cambios en el incremento de la temperatura global, ocasionando cambios del clima futuro, y que pueden afectar las medidas de adaptación a los impactos del cambio climático.

Los cinco escenarios SSP desarrollados y sus supuestos son los siguientes:

SSP1 - "Sustentabilidad" Bajo crecimiento poblacional, alto crecimiento económico, altos niveles de educación, gobernabilidad, una sociedad globalizada, cooperación internacional, desarrollo tecnológico y conciencia ambiental. Lo anterior, implica bajos niveles de desafíos para mitigación y adaptación.

SSP3 - "Fragmentación" Alto crecimiento poblacional y bajo desarrollo económico, niveles bajos de educación, y una sociedad regionalizada y con poca conciencia ambiental. Todo lo anterior representa un nivel alto de desafíos para la adaptación y la mitigación.

SSP4 - "Desigualdad" Un gran avance tecnológico en los países desarrollados, pero no toda la población se beneficia de ello. Se requiere de un nivel alto para la adaptación.

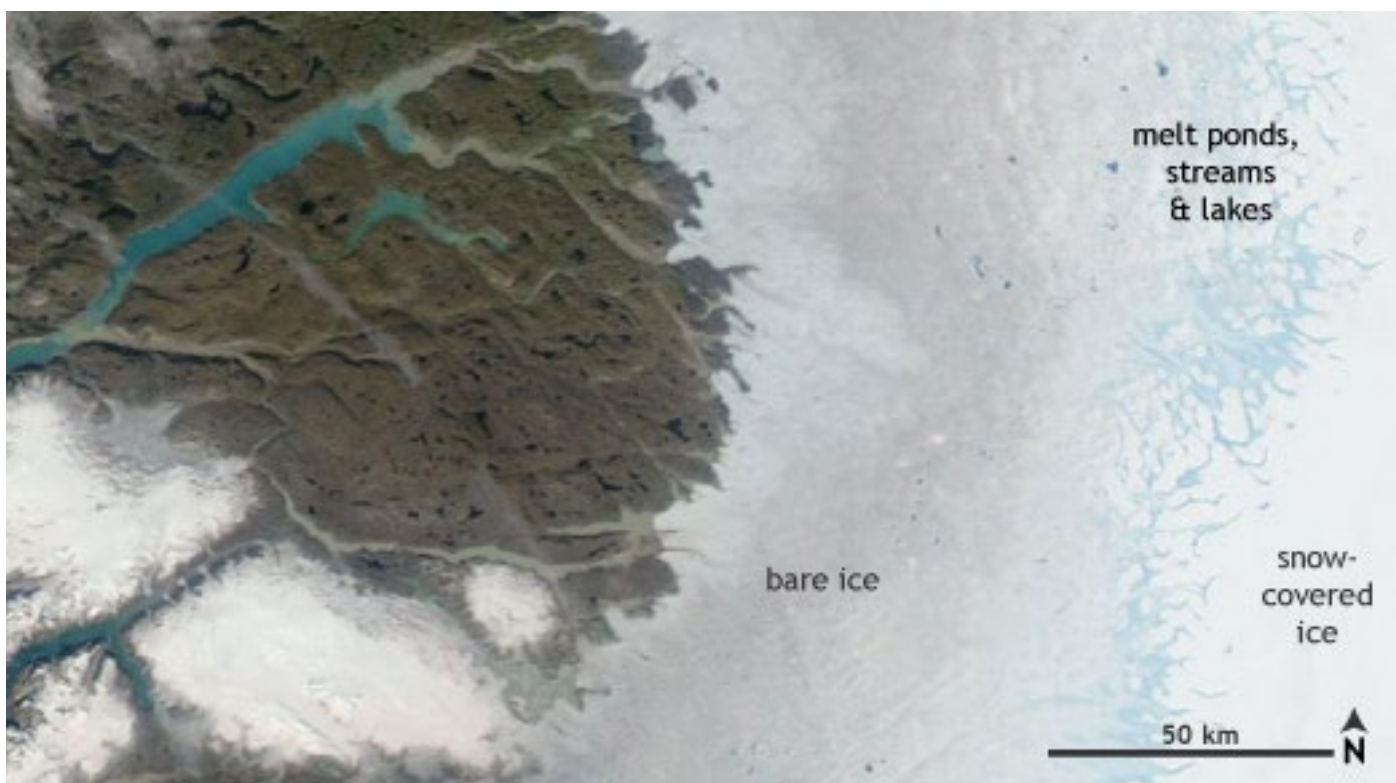
SSP5 - "Desarrollo basado en combustibles fósiles" Una muy alta dependencia de los combustibles fósiles, un bajo crecimiento poblacional, un elevado crecimiento económico y un alto

desarrollo humano. Representa un elevado nivel de desafío para la mitigación.

SSP2 - "Nivel intermedio de desafíos" Los supuestos están entre la SSP1y la SSP3.

Como se mencionó anteriormente, esta familia de escenarios se complementó con los de forzamiento radiativo (RCP) para formar una nueva familia de escenarios con diferentes combinaciones de futuros desarrollos socioeconómicos y futuras emisiones y su correspondiente forzamiento radiativo. Estos nuevos escenarios sirvieron de materia prima para generar las proyecciones de cambio climático.

Recientemente, el llamado Grupo de Trabajo I (encargado de las bases físicas del sistema climático y cambio climático) del IPCC presentó el informe que se integrará al AR6. Los científicos integrantes de este Grupo, revisaron artículos y análisis científicos publicados hasta la fecha para realizar una síntesis sobre los efectos físicos que ha provocado el calentamiento global y los posibles escenarios en función de los GEI que emitirá la humanidad a lo largo del siglo XXI. En este informe, se considera como algo inequívoco que la humanidad ha calentado la atmósfera, el océano y el suelo, generando cambios rápidos y generalizados en el planeta Tierra, lo que ha generado cambios en el clima sin precedentes en los últimos dos mil años, y que en algunos casos será irreversible durante siglos e incluso milenios. Del clima presente se puede decir que el calentamiento global de la superficie terrestre se está acelerando (0.2°C en la última década, mientras una media de 0.12°C por década en el periodo 1950-2011). Algo similar se ha observado con el aumento global medio de la precipitación, la reducción de la cubierta continental de hielo y nieve, así como la elevación del nivel medio del mar. Por otro lado, los eventos climáticos extremos, tales como ondas de calor, lluvias intensas, sequías y ciclones tropicales, han aumentado en su frecuencia e intensidad, su atribución a la influencia humana se ha fortalecido. De acuerdo a este informe, se desprende que por cada medio grado de calentamiento global se producen aumentos claramente perceptibles en la intensidad y frecuencia de extremos cálidos (ondas de calor) y fuertes precipitaciones, así como sequías en algunas regiones del mundo. Incluso en el escenario de emisiones más optimista los eventos extremos climáticos se incrementarán aún más que lo ahora observado, y mucho más en los otros escenarios.





Atmósfera y océanos: dos elementos sobresalientes del sistema climático

► Gabriela Díaz Félix*

Cuando hablamos del sistema climático nos referimos a la interacción de cinco elementos que se relacionan de manera dinámica principalmente mediante intercambios de energía. Estos elementos son: la atmósfera, la hidrosfera que incluye agua dulce y salada en estado líquido, la criosfera que se refiere al agua del planeta que se encuentra en estado sólido (hielo), la biosfera que es el conjunto de seres vivos que habitan la Tierra, y la litosfera que se refiere a la corteza terrestre. Las interacciones de estos elementos son esenciales ya que generan las condiciones físicas necesarias para la vida en las diferentes regiones del planeta, y logran que el sistema funcione de manera equilibrada. Sin pretender subestimar el resto de los elementos, en esta nota los protagonistas serán la atmósfera y los océanos.

Pensemos por un momento en un atardecer frente al mar, observando las nubes en el horizonte y sintiendo la brisa en nuestra cara, ¡qué hermosa imagen!. Ahora pensemos que esas nubes que estamos observando son el resultado de procesos físicos que incluyen al agua en sus diferentes estados, y que tuvieron lugar en la atmósfera. Y esa brisa en nuestra cara

es el producto de procesos termodinámicos originados por la diferencia de temperatura del agua del mar, y la temperatura del aire que lo rodea. Podemos mencionar muchos ejemplos similares, en los que tenemos como origen el intercambio de vapor de agua entre los océanos y la atmósfera.

La atmósfera es una capa de gases que rodea a la superficie terrestre y está formada principalmente por nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2), y en menor cantidad por otros gases como vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), algunos de estos gases son conocidos como de efecto invernadero porque tienen la capacidad de almacenar el calor que proviene directamente de la radiación solar, generando con ello que en la superficie de la Tierra la temperatura media sea de $15^\circ C$, sin embargo, actualmente esta temperatura va en aumento debido a que la concentración de estos gases en la atmósfera ha incrementado, como consecuencia de la quema de combustibles fósiles. La atmósfera también funciona como una barrera que nos protege de las condiciones del espacio exterior, como la radiación solar de alta frecuencia, los vientos solares, el impacto de meteoritos, entre otros. Si bien su espesor

es de aproximadamente unos 1000 km, la mayoría de los fenómenos meteorológicos que afectan nuestra vida diaria se presentan en los primeros 12 km de altura, es en este espesor que podemos presenciar las manifestaciones que resultan de los procesos físicos que ocurren en la atmósfera, como son: la precipitación, caída de granizo o nieve, un arcoíris, los rayos durante una tormenta eléctrica e incluso un tornado.

Los océanos por su parte, son grandes extensiones de agua salada que cubren cerca del 71% de la superficie terrestre y albergan un gran número de especies animales y vegetales, y se clasifican en cuatro principales: el Pacífico, el Atlántico, el Índico y el Ártico. Estos grandes cuerpos de agua son conocidos como reguladores del clima y de las condiciones meteorológicas del planeta, debido a su capacidad para almacenar el calor que proviene directamente de la radiación solar, el cual es transportado grandes distancias por las corrientes oceánicas, para posteriormente ser liberado a la atmósfera. En las zonas tropicales la mayor porción del agua dulce que regresa a la atmósfera en forma de vapor proviene de los océanos, misma que contribuye a la formación de

nubes y precipitaciones. Además, el calor que almacenan sirve como fuente de energía para la formación de fenómenos extremos como los ciclones tropicales. Y por si esto fuera poco, los océanos también son depósitos del CO_2 generado por las actividades humanas, contribuyendo con esto a que el calentamiento de la atmósfera sea más lento.

En general la atmósfera y el océano guardan una estrecha relación que influye en los procesos de intercambio de energía que ocurren a nivel planetario, además de la distribución del vapor de agua en la atmósfera, y la absorción de las emisiones excedentes de dióxido de carbono, que tiene como origen la quema de combustibles fósiles. Por lo anterior se hace evidente la importancia de estos dos elementos dentro del sistema climático, así como la trascendencia de conocer a detalle su interacción y sus características físicas individuales, para poder simular su comportamiento a corto y largo plazo, y con ello predecir el cambio en los patrones climáticos del planeta.

* Lic. en Ciencias Atmosféricas, UV
gabdiaz@uv.mx

¿Y qué dice el IPCC?

▶ Martha Llanos*

En el último año y medio la pandemia por coronavirus ha acaparado las preocupaciones mundiales, probablemente dejando a un lado el problema raíz de la COVID-19, las futuras pandemias, desastres y emergencias: la acción humana.

En este sentido, el Sexto Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) evidencia en todo su tercer capítulo que las actividades humanas son las que han contribuido al incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero y por lo tanto al aumento en la temperatura global de aproximadamente 1.1°C desde el periodo entre 1850-1900, situación que no solamente modifica al sistema climático, sino a todo el sistema terrestre y por supuesto impacta los tipos de vida que éste contenga.

Lo anterior, comprobado a través de evidencias paleoclimáticas, así como análisis de modelos climáticos por década en las diferentes regiones del mundo desde que se tiene registro. Si bien es conocido que el sistema climático ha cambiado a lo largo de las eras geológicas y se considera normal, estas variaciones habían sido a escalas temporales amplias, jamás a la velocidad con las que se están viendo en nuestros tiempos.

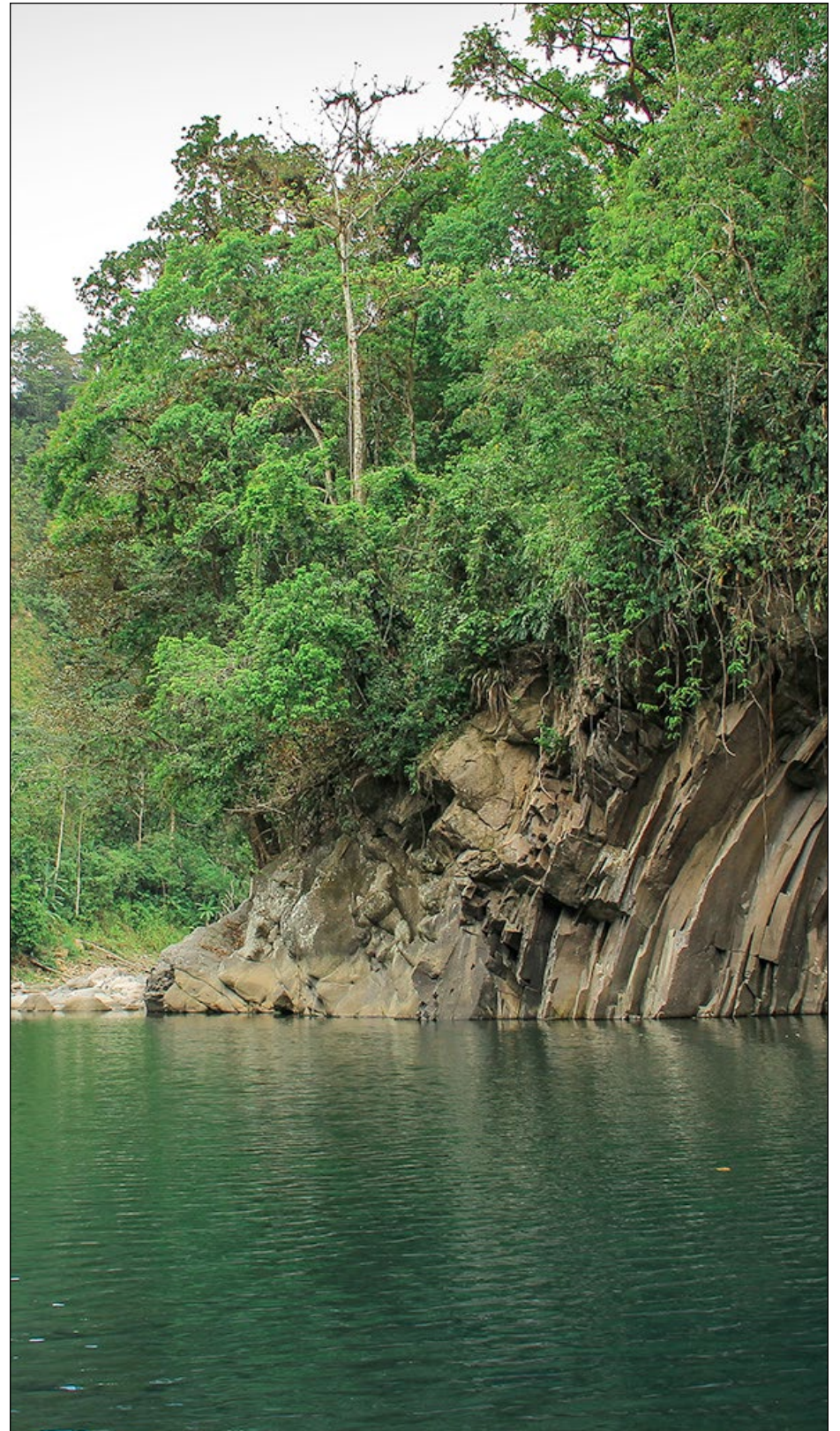
Los expertos de las ciencias atmosféricas nos comentan cada vez que sucede un evento meteorológico que se asocia a efectos negativos, que no se puede atribuir en ese momento al cambio climático, puesto que se debe elaborar un riguroso análisis al respecto, parte de este tipo de investigación se puede encontrar en el capítulo 11, donde con base en evidencia el IPCC afirma que se han registrado cambios estadísticamente significativos en los extremos climáticos a partir de un aumento de 0.5°C, lo cual enciende los focos rojos de la gestión de riesgo ante probables eventos extremos en el corto plazo con un ya registrado aumento de 1.1°C.

Ante este panorama, el capítulo 12 narra cómo los impactos y riesgos ya están documentados regionalmente y cómo estos se mostrarán de manera diferenciada en cada sitio del planeta, además de que cada uno evolucionará diferente dependiendo de las acciones que se emprendan o no.

En general, las proyecciones del IPCC señalan que en las próximas décadas los cambios regionales en el clima persistirán. Con un calentamiento global de 1.5 °C se esperan modificaciones en la duración promedio de las estaciones frías y cálidas, además de un aumento considerable en las olas de calor, mientras tanto, con un aumento de 2°C el calor alcanzaría valores extremos que comprometerían severamente la agricultura y la salud.

A estas proyecciones está dedicado el capítulo 4 y gran parte del resto de los apartados, narrando cómo este aumento en la temperatura terrestre modificaría los ciclos naturales, como lo son los del agua y el carbono, o bien el impacto que tendría en los océanos, así como en la criósfera. Además, se debe señalar que estas modificaciones no se van a quedar sólo en la naturaleza como un ente separado de la sociedad.

Las ciencias sociales nos han ayudado a entender y comprobar que cualquier cambio en el ambiente impactará las actividades humanas, como lo será el aumento en el nivel del mar y en general eventos cada vez más extremos de



precipitación, calor y frío, los cuales no solamente se asociarán a pérdidas de vidas, puesto que los sobrevivientes se verán forzados a migrar, en búsqueda de sitios de menor riesgo, comprometiendo en estos desplazamientos su salud y seguridad, especialmente la de mujeres y niños.

También en este concatenamiento de eventos veríamos pérdidas y migración de especies, desequilibrio ecológico (coronavirus), así como escases de las plantaciones para consumo, situación que a su vez comprometería la seguridad alimentaria. Y al no cumplir con las necesidades básicas, es probable que los conflictos sociales y prácticas ilícitas aumenten, todo lo anterior comenzando por las regiones más vulnerables que históricamente han sido los países subdesarrollados, curiosamente nombrados así por no tener el "progreso" de las potencias contaminadoras.

El IPCC vuelve a mostrar este 2021 la necesidad inaplazable de acciones contundentes para la disminución de emisión de los gases de efecto invernadero, esto en el contexto de una multi-crisis que ha sido asociada al coronavirus, pero cuya fuente real es la acción humana por la degradación y destrucción que ha provocado en los hábitats de las especies y el tráfico ilegal de las mismas.

Es importante la transformación a una ciencia militante, la cual pueda basarse en evidencia verificada como la que muestra el IPCC, no podemos aplazar más las acciones y mantener sólo bases de datos colosales de cómo veíamos más colapsos en el futuro de la humanidad. ¿Qué vamos a hacer? ¿Qué vas a hacer?

alef
LIBERA EL CONOCIMIENTO

Ciencia, Tecnología, Arte

<http://www.alef.mx>

*Alumna de la Maestría en Sociedades Sustentables de la UAM-Xochimilco
martha.llanosr@gmail.com