

La crisis climática: sistema que debe analizarse desde la complejidad

Las ciencias de la complejidad permiten descubrir cómo interactúan los múltiples agentes del clima.

Jairo R. Salinas

01 de julio de 2022

La forma más simplista de ver el cambio climático es a través del aumento de la temperatura, pero sus causas, características e impacto en el planeta implican múltiples variables y, por ende, exige un análisis desde las ciencias de la complejidad, concluyeron investigadores del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM en un encuentro en el Colegio Nacional el pasado 30 de mayo.



Organizada por el coordinador general del C3 y miembro del Colegio Nacional, Alejandro Frank, la [mesa de diálogo](#) llevó por nombre “Cambio climático: hechos, consecuencias, retos y oportunidades”. En ella participaron los investigadores asociados al C3: José Antonio del Río del Instituto de Energías Renovables, Andrea Sáenz Arroyo del Departamento de la conservación de la Biodiversidad y Juan Claudio Toledo Roy del Departamento de Física.

Para los investigadores, resulta necesario estudiar el cambio climático desde las ciencias de la complejidad porque el sistema climático se autoorganiza, se adapta y muestra efectos no lineales. Por lo tanto, “el clima puede definirse como un sistema complejo”, afirmó Toledo. Además, el cambio climático alude a los cambios de largo plazo en la organización y patrones climáticos, por lo tanto importa analizar los cambios a lo largo del tiempo.

Entender al clima desde las ciencias de la complejidad permite reconocer cómo funcionan sus componentes cuando estos interactúan. Al comprender el fenómeno desde sus propiedades colectivas es posible, por ejemplo, obtener modelos descriptivos que nos permitan prever qué tanto aumentará la temperatura y en función de qué.

La mirada de las ciencias de la complejidad también diversifica las disciplinas para analizar el sistema climático. Pues no solo se trata de un tema de estudio para expertos del clima, también se convierte en una línea de investigación para biólogos, geólogos, ambientólogos, ingenieros forestales, agrónomos, investigadores en ciencias del mar o geógrafos, entre otros.

Una muestra de la utilidad de la mirada compleja ante el cambio climático es el [Premio Nobel de Física](#)



Dr. Juan Claudio Toledo Roy

tema complejo, llamado desarrollo sustentable. “El desarrollo sustentable es aquel que respeta al ambiente y promueve la equidad con las generaciones actuales y futuras”, dijo Del Río. Este tipo de desarrollo considera a la naturaleza al hacer un uso racional de los recursos naturales y fomentar un ambiente natural sano.

El desarrollo sustentable también es complejo porque debe considerar la equidad social y la diversidad cultural. “No puede ser la misma solución en todos los ambientes sociales; las poblaciones tienen diferentes formas de ver el entorno, tanto natural como social, y hasta desde el punto de vista energético”, reflexionó Antonio del Río. Por lo tanto, es necesario considerar soluciones que apelen a la diversidad y a formas de organización colaborativas e inclusivas.

Hechos

Tomando como base las anotaciones de [James Lovelock](#) (científico promotor de la Teoría Gaia), la investigadora Andrea Sáenz mencionó que hay un triada de procesos humanos que han provocado el rompimiento del sistema climático estable: *combustion*, *cattle* y *chainsaw* (combustión, ganado y motosierra, respectivamente). La utilización de estos métodos de extracción, aunado a la incapacidad de renovar dichos recursos extraídos, han creado un desfase en los procesos naturales de los ecosistemas.



Dra. Andrea Sáenz-Arroyo

La emisión de gases de efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono ha causado un incremento de 1.2° en la temperatura de la Tierra desde 1900. Y aunque los daños son irreversibles, en el futuro puede ser peor. “Si no transformamos nuestras prácticas de aprovechamiento de la energía, para finales del siglo XXI la temperatura del planeta habrá aumentado aproximadamente 5°”, declaró Toledo.

Los datos son alarmantes: el índice de emisión de CO2 es el más alto en dos millones de años; hay un aumento récord del nivel del mar en los últimos 3,000 años; una disminución récord tanto en la cobertura del hielo ártico y antártico como en la retirada de glaciares. Además, claro, de los efectos más perceptibles: calor extremo, lluvias intensas, sequías, incendios y daños en el océano como la acidificación y la pérdida de oxígeno.

2021 que se dio a los científicos Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann y Giorgio Parisi. Dicho reconocimiento fue otorgado al estudio del clima desde la complejidad: por demostrar la interrelación de sus componentes físicos, en el caso de Parisi, y por crear modelos climatológicos que revisan la relación entre los elementos de un sistema climático y sus consecuencias, en el caso de *Manabe* y *Hasselmann*.

Para los académicos, una forma de disminuir los efectos del cambio climático es a través de otro sistema complejo, llamado desarrollo sustentable.

Además, el aumento de CO₂ acidifica los océanos y elimina el carbonato de calcio disponible en el océano. De acuerdo con la especialista los pequeños organismos que son responsable del secuestro de CO₂ podrían disminuir trayendo consigo un cambio de fase en la cadena de alimentación de muchos animales en los océanos para el “que nosotros como especie no estamos listos para adaptarnos”.

“La energía que generamos está siendo desperdiciada por la falta de eficiencia en la mayoría de los procesos”, mencionó Del Río. Tan solo en 2017, de acuerdo con [Schneider Electric](#), el 50% de las casas en México desperdician electricidad. El paradigma vigente se basa en los beneficios individuales, la ineficiencia del consumo y almacenaje, la obsolescencia programada (dispositivos y herramientas con fecha de caducidad) y la insuficiente distribución provocada por grandes centrales centralizadas.

Hasta 2020, en México se tiene la capacidad instalada para generar electricidad a través de energía renovable hasta en 31 por ciento, así dijo la titular de la Secretaría de Energía (Sener), Rocío Nahle, a través de [Twitter](#). En 2017, los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) representaron el 93 por ciento de la energía primaria total consumida.

Las soluciones

Los investigadores también hablaron de algunas soluciones que pueden ayudar a analizar, prever y cambiar los patrones en el sistema climático. Por un lado, abundó Toledo, es necesario limitar y reducir nuestro consumo de combustibles fósiles (principalmente petróleos y carbón); por otra lado, hay que reducir la deforestación y conversión de ecosistemas (por ejemplo, el acondicionamiento de grandes hectáreas para su explotación mercantil); y además, transicionar, en proyectos sustentables, hacia las energías renovables (que eviten el consumo de combustibles fósiles y emisión de gases de efecto invernadero).

En el caso de la energía, la respuesta está claramente situada en la expansión de las fuentes renovables de energía -eólica, solar, hidroeléctrica- que son recursos que se utilizan a una tasa menor de la que se renuevan. De acuerdo con Del Río, de haber un cambio en la generación y consumo hacia las renovables, con la infraestructura mundial necesaria para 2050, México podría conseguir 10 veces más energía renovable que la que utiliza hoy.

De acuerdo con la [Ley de Transición Eléctrica \(LTE\)](#) estableció unas metas de energías limpias, que consisten en aumentar gradualmente la presencia de las energías renovables en la generación de energía eléctrica en la matriz energética; La Estrategia establece una meta de 37.7 por ciento para 2030 y 50 por ciento para 2050, en línea con lo establecido en la [Estrategia Nacional de Cambio Climático](#), logrando minimizar el uso de combustible fósil.



Dr. José Antonio del Río Portilla

Además, las fuentes renovables de energía están creciendo en el número de empleos. Presentado durante el México *International Renewable Energy Congress* (Mirec), la [Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020](#), en el año 2020 se alcanzaron casi 12 millones de empleos a nivel mundial. La energía que más empleo solicita es la solar, seguida de la hidroeléctrica, y después, en aumento, la eólica. Para los jóvenes universitarios pertenecientes al Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM), este cambio de paradigma es un incentivo, ya que muchos alumnos y alumnas tienen garantía de empleo en empresas internacionales.

Por su parte, Andrea Sáenz Arroyo, habló de la economía ecológica (EE) como el conjunto de modelos de producción integral e incluyente que toma en consideración variables ambientales y sociales, y no solamente el enriquecimiento desde la explotación ilimitada de los recursos naturales.

En la EE, la sociedad coexiste con los ecosistemas “pero no adaptándolos a sus necesidades sino al revés: la sociedad se adapta a los ecosistemas”, dijo la investigadora. La EE busca establecer políticas económicas con una perspectiva ecológica en la que la responsabilidad, así como los beneficios, sean en comunidad.

En México se han demostrado casos de éxito en el manejo de recursos de uso común. Con la metodología de [Elinor Ostrom](#) (científica especializada en recursos compartidos o bienes comunes), estos espacios muestran cómo los seres humanos interactúan a fin de mantener a largo plazo los niveles de producción de recursos comunes, en un proceso de aprovechamiento sustentable.

Otro caso con mayor popularidad mundial ha sido Dinamarca, un país que, tras una crisis petrolera, implementó diversas políticas públicas para apostar por la energía eólica tanto en su aplicación de manera local como una industria productora de tecnología internacional. Además, el país obtuvo su inversión a través de accionistas locales, evitando así generar afectaciones a los locatarios.

El cambio climático es un reordenamiento en las variables y consolidadas del clima y los ecosistemas. Ante el aumento de la temperatura, la vida como la conocemos comenzó a cambiar de forma gradual e irreversible. Estudiar estos cambios desde la ciencias de la complejidad, que permiten entender en dónde nos encontramos y hacia donde posiblemente nos dirijamos, permitirá conocer y prever mejor cómo debemos mitigar y adaptarnos a ellos.

Ligas de interés

- 1- Cambio climático: hechos, consecuencias, retos y oportunidades: <https://www.youtube.com/watch?v=0SvtBcAYsEk&t=4627s>
- 2- Elinor Ostrom: <https://economipedia.com/definiciones/elinor-ostrom.html>
- 3- Estrategia Nacional de Cambio Climático: <https://www.gob.mx/sener/prensa/mexico-cumplira-con-su-meta-del-35-de-generacion-electrica-con-energias-limpias-en-2024-consejo-consultivo-para-la-transicion-energetica>
- 4- James Lovelock: <https://www.gtc.ox.ac.uk/about/fellows/james-lovelock/>
- 5- Ley de Transición Eléctrica: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>



- 6- Premio Nobel de Física 2021: un antes y un después para los sistemas complejos: https://www.c3.unam.mx/pdf/noticias/NOTICIA_196.pdf
- 7- Premio Nobel de Física 2021: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/press-release/>
- 8- Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020: <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>
- 9- Schneider Electric: <https://www.arquiere.com.mx/tecnologia/del-50-las-casas-en-mexico-fugas-electricas/>
- 10- Tweet de Rocío Nahle: https://twitter.com/rocionahle/status/1262054906594123776?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1262054906594123776%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.forbes.com.mx%2Feconomia-mexico-energia-renovable-sener%2F

