

# CIENCIA DE BOTEPRONTO

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA COYUNTURAL AL SERVICIO DE LA CIUDADANÍA

Alfredo Sandoval Villalbaz



UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

# CIENCIA DE BOTEPRONTO

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA COYUNTURAL AL SERVICIO DE LA CIUDADANÍA

**Alfredo Sandoval Villalbazo**

Departamento de Física y Matemáticas

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA



# Índice

## I. Modelos educativos, tecnología contemporánea, política científica y equidad en la ciencia

|  |    |
|--|----|
| • Algoritmos matemáticos y tecnología satelital combaten la pobreza .....            | 14 |
| • Pendiente, equidad de género en el Premio Nobel de Física .....                    | 16 |
| • ONU, en camino hacia la prohibición total de armas nucleares .....                 | 18 |
| • Llega el principio del fin de la era del carbón; en México falta más trabajo ..... | 21 |
| • C40, hacia una cultura verde en las grandes ciudades .....                         | 24 |
| • Necesario, reformular términos de diálogo entre ciencia y sociedad .....           | 26 |
| • <i>Bullying</i> explicaría malos resultados en prueba PISA .....                   | 29 |
| • El “gasolinazo”: una visión desde el área de ciencia y tecnología .....            | 31 |
| • Ciencia e informática, al servicio del aire de la CDMX .....                       | 33 |
| • El crudo impacto del nivel socioeconómico en la esperanza de vida .....            | 35 |
| • Movilización internacional renueva la relación ciencia-sociedad .....              | 37 |
| • <i>Bots</i> reproducen sesgos de género en internet .....                          | 39 |
| • ¿Cómo logró MalwareTech detener el ataque informático mundial? .....               | 41 |
| • Cultura científica y ambiental, vital para frenar contaminación en la CDMX .....   | 43 |
| • ¿Qué hacer ante la salida de Estados Unidos del Acuerdo de París? .....            | 45 |
| • Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para Nuevo Modelo Educativo .....      | 47 |
| • ¿Por qué es complicado enseñar sobre cambio climático en Estados Unidos? .....     | 49 |
| • Aritmética básica sugiere rezago de 74% en salario mínimo .....                    | 51 |
| • ¿Quién fue la matemática que hizo posibles los vuelos supersónicos? .....          | 54 |

|   |    |
|---|----|
| • Planea 2017 refleja indiferencia social hacia las matemáticas .....                                       | 56 |
| • Catástrofes sugieren nuevos escenarios de enseñanza en primarias .....                                    | 58 |
| • Premio Nobel de Física, ondas gravitacionales y cine .....  | 60 |
| • Persiste sesgo de género en ciencias físicas .....  | 62 |
| • México, estancado en porcentaje del PIB que destina a investigación y desarrollo .....                    | 64 |
| • Totalitarismo en internet carece de futuro .....  | 67 |
| • ¿Por qué preocupa la ausencia de un asesor científico en la Casa Blanca? .....                            | 69 |
| • Armar a profesores es desconocer el sistema educativo .....   | 71 |
| • Hawking, la física-matemática y el triunfo ante la adversidad .....                                       | 74 |
| • Matemáticas de la democracia: los conteos rápidos .....   | 76 |
| • Matemáticas de la democracia: breve historia del uso de apps en elecciones .....                          | 78 |
| • Matemáticas de la democracia: síntesis de tres conteos rápidos .....                                      | 80 |
| • Matemáticas de la democracia: comunicación gráfica de resultados .....                                    | 82 |
| • Enseñanza, creatividad y futbol .....   | 85 |
| • Matemáticas de la democracia: comparación gráfica de tendencias en las<br>elecciones presidenciales ..... | 87 |
| • Multimillonario fraude biotecnológico y la necesidad del rigor científico .....                           | 90 |
| • Premio Breakthrough exhibe sesgo de género en el Nobel de Física .....                                    | 92 |

## II. Contingencias naturales: física y sociedad

|  |     |
|--|-----|
| • Terremotos, tan impredecibles como los cracs financieros .....   | 95  |
| • Olas de calor y aumento de los niveles de ozono en la CDMX: una correlación evidente .....               | 97  |
| • Ciclos de concentración de ozono en la Ciudad de México: valores máximos<br>a temperaturas máximas ..... | 99  |
| • Los océanos como fuente de energía sustentable .....   | 102 |
| • La actividad actual del Popocatepetl: certidumbres e incertidumbres .....                                | 104 |
| • Asteroide Bennu: ¿el Armagedón de la Tierra del siglo xxii? .....  | 106 |
| • Calentamiento global alcanza máximos históricos en 2016 .....  | 108 |
| • Nace sistema de alarma contra tormentas solares .....  | 110 |
| • <i>Patricia</i> , el súper huracán que eludió todas las previsiones .....                                | 112 |
| • 2017: un año decisivo en la lucha contra el cambio climático .....                                       | 115 |
| • Científicos, en alerta por indiferencia de Trump a cambio climático .....                                | 117 |
| • Con "rebelión" <i>underground</i> , científicos combaten muro informativo de Trump .....                 | 119 |
| • Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático .....                                    | 122 |
| • El calentamiento global de mares supera previsiones .....  | 124 |
| • Investigación sobre cambio climático, en peligro por efecto Trump .....                                  | 126 |
| • Aumenta riesgo de emisiones de dióxido de carbono por efecto Trump .....                                 | 129 |
| • Ritmo de calentamiento en el Ártico, superior al resto del planeta .....                                 | 131 |
| • Ondas de calor afectan a un tercio de la población mundial .....   | 133 |
| • Cambio climático aumenta frecuencia de fenómenos extremos .....  | 135 |
| • Alta temperatura aumentó capacidad destructiva de Harvey .....   | 137 |
| • Vital, una cultura científico-ambiental para enfrentar catástrofes: experto .....                        | 140 |

|  |     |
|--|-----|
| • Terremotos plantean nuevos retos a habitantes de la CDMX .....                       | 143 |
| • Estrategia actual contra cambio climático es insuficiente .....                      | 146 |
| • Identifican riesgos para México debido al cambio climático .....                     | 148 |
| • ¿Por qué el calentamiento ártico agudiza el frío en nuestro país? .....              | 151 |
| • ¿Por qué se está perdiendo la batalla contra el calentamiento global? .....          | 153 |
| • Sin éxito, la comunicación de la ciencia sobre el calentamiento global .....         | 155 |
| • Sismo del 16 de febrero exhibe limitaciones de la escala Richter .....               | 158 |
| • Debilitamiento del vórtice polar causa fríos extremos en Europa .....                | 160 |
| • Crece riesgo de inundaciones extremas en costas mexicanas .....                      | 164 |
| • Deforestación, asignatura pendiente en la lucha contra el calentamiento global ..... | 167 |
| • ¿Por qué debe preocupar a México el debilitamiento de la corriente del golfo? .....  | 169 |
| • Se agudiza fenómeno del calentamiento global frente a escepticismo colectivo .....   | 171 |
| • Pierde NASA apoyo financiero para monitoreo de gases atmosféricos .....              | 173 |
| • Huracanes, matemáticas y medios de comunicación .....                                | 175 |
| • Ciencia, capaz de evitar pérdida de vidas por explosiones volcánicas .....           | 179 |
| • ¿Qué ocurrió con el ozono en la Ciudad de México? .....                              | 181 |
| • ¿Está la CDMX agudizando sus propias tormentas? .....                                | 186 |
| • Huracán <i>Florence</i> , la ciencia frente a la tragedia .....                      | 188 |
| • ¿Cómo resolver el rompecabezas sísmico de la CDMX? .....                             | 191 |

### III. Astrofísica y astrobiología en el siglo XXI: ciencia y repercusiones sociales

|   |     |
|---|-----|
| • Próxima B, un planeta semejante a la Tierra en nuestra galaxia .....              | 195 |
| • El origen de la vida en la Tierra: nuevos paradigmas .....                        | 197 |
| • Trappist-1: un sistema solar con planetas habitables .....                        | 199 |
| • ¿Qué es la “firma de la vida” y cuál es su impacto científico? .....              | 201 |
| • Prensa científica, a prueba con hallazgo de “barrio planetario” .....             | 203 |
| • Identifican procesos de actividad bacteriana en luna de Saturno .....             | 205 |
| • Enormes ciclones de Júpiter evocan a cuadros de Van Gogh .....                    | 207 |
| • Telescopio extremadamente pequeño detecta estrella tan caliente como el Sol ..... | 209 |
| • Sistema planetario Trappist-1, más antiguo que nuestro sistema solar .....        | 211 |
| • Astrónomos descubren que oro y platino tienen origen extraterrestre .....         | 213 |
| • A/2017 U1, la bala perdida que pasó cerca de la Tierra .....                      | 215 |
| • Astrobiología: aumenta la fiebre por las enanas rojas .....                       | 217 |
| • Inteligencia artificial permite identificar sistema solar con ocho planetas ..... | 219 |
| • Aumentan posibilidades de habitabilidad del sistema Trappist-1 .....              | 221 |
| • Entusiasmo, posibilidad de desarrollo de vida en luna de Saturno .....            | 223 |
| • Destacan hallazgo de agua líquida en abundancia en polo marciano .....            | 225 |
| • Misión de la NASA se aproxima a asteroide potencialmente destructivo .....        | 227 |





## Nota del autor

10 A partir de la primavera de 2016 se ha desarrollado un singular proyecto de difusión de la ciencia basado en la publicación de artículos cortos sobre temas coyunturales difundidos a través del portal institucional de la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. Esta iniciativa, apoyada de manera entusiasta por la Dirección de Comunicación Institucional y el Departamento de Física y Matemáticas de la Ibero, ha dado lugar a cerca de cien artículos reproducidos en diferentes medios abordando tópicos tales como la ciencia del cambio climático, la enseñanza de las matemáticas en la infancia y la física inherente a desastres naturales tales como terremotos, inundaciones y ondas de calor. En este volumen se han reunido estas colaboraciones, agrupándose de manera cronológica de acuerdo con su temática fundamental.

A pesar de que el tema de la relación ciencia-sociedad lo han abordado de manera clara y asertiva numerosos autores a lo largo de la historia, en la práctica dicha relación no ha evolucionado satisfactoriamente en las décadas recientes. La mayor parte de las notas sobre ciencias en los medios de comunicación continúa enfocándose en los “qué” y no en los “cómo” al referirse a avances o descubrimientos. Peor aún, se sigue haciendo uso frecuente de “argumentos de autoridad” esgrimidos por especialistas o funcionarios omitiendo fundamentos y líneas lógicas de razonamiento que permitan a la población comprender a fondo el desenvolvimiento de fenómenos naturales, o las razones de la toma de decisiones estratégicas para hacer frente a situaciones de crisis ante eventos tales como el aumento de la intensidad de huracanes debido al calentamiento global o el incremento de la frecuencia de las ondas de calor en el planeta debido a la misma causa.

Más que proporcionar explicaciones detalladas a eventos relacionados con la física o las matemáticas, en cada artículo se ha intentado proporcionar guías conceptuales y referencias rigurosas al lector para que éste pueda trascender a la información previamente digerida que ha caracterizado al periodismo científico desde el siglo pasado. El hecho de que portales independientes y varias secciones de periódicos y medios electrónicos estén acogiendo este enfoque alternativo de comunicación de la ciencia sugiere que el proyecto se encuentra correctamente encaminado.

El desarrollo de este proyecto editorial hubiera sido imposible sin la colaboración paciente, generosa y atinada de Pedro Rendón López y de Dominique Brun Battistini, a quienes agradezco infinitamente el que cada semana hayan leído y revisado cada artículo. Agradezco también a Ivonne Lonna Olvera, quien ha realizado la portada y el armado de la obra, y me ha privilegiado con su valiosa amistad desde hace más de 15 años. Deseo agradecer también a Gabriela Fernández Mejía, quien pacientemente ha colaborado en la recopilación y seguimiento en prensa de cada artículo semanal. Deseo también expresar un reconocimiento de corazón a todas las personas dentro y fuera de las torres de

marfil académicas que continuamente me han apoyado con conversaciones entusiastas sugiriendo temas y opinando con honestidad sobre los contenidos que se presentan en este volumen. Esta pléyade de charlas en reuniones formales e informales ha hecho posible enriquecer el contenido de cada colaboración, contribuyendo así a un cambio necesario en el área de la comunicación de la ciencia nacional. Finalmente, mi mayor agradecimiento es para Citlalli, mi compañera y mamá de mis amados hijos, a quienes dedico esta obra.

11



I

**Modelos educativos, tecnología contemporánea,  
política científica y equidad en la ciencia**

# Algoritmos matemáticos y tecnología satelital combaten la pobreza\*

*Dedicado al escritor Ignacio Padilla (1968-2016)*

13

Es evidente que uno de los mayores problemas existentes al establecer programas sólidos de desarrollo social es la falta de información detallada obtenida oportunamente y a costos accesibles, en relación con la pobreza existente en el mundo.

Durante décadas, este tipo de información se ha obtenido con base en encuestas que muy frecuentemente se ven limitadas por factores de interés político, económico o hasta de seguridad personal. Sin diagnósticos confiables es prácticamente imposible garantizar la efectividad de estrategias para acabar con la pobreza en amplias regiones de nuestro planeta.

En este contexto, es importante promover el vínculo que recientemente se ha establecido entre la alta tecnología de identificación de imágenes, el desarrollo de la inteligencia artificial y el combate a la pobreza.

Hace algunos años se hicieron famosas algunas imágenes satelitales en las cuales se muestra a la Tierra por la noche. Los países altamente industrializados se mostraban muy iluminados, en contraste con la oscuridad existente en vastas regiones en vías de desarrollo. Mucho se ha avanzado a partir de ese primer indicador, que además puede ser ampliamente cuestionado como parámetro fundamental para describir la pobreza.

La tecnología satelital contemporánea es ahora de muy alta resolución, de forma que se puede examinar cualquier extensión del planeta con superficies del orden de un kilómetro cuadrado. Ello permite determinar la existencia de elementos indicativos de desarrollo tales como caminos pavimentados, construcciones, plantas generadoras de energía y fuentes de suministro de agua. Los satélites utilizados para estos fines operan cotidianamente y son también empleados para detectar la formación de perturbaciones atmosféricas y huracanes.

Ahora bien, más allá de la recolección de montañas de datos fidedignos sin necesidad de mecanismos tipo encuesta, ahora también es posible realizar el análisis y la interpretación de los mismos sin que se requiera una inversión prohibitiva en horas de trabajo de escrutinio y discernimiento. Técnicas de análisis matemático que involucran el uso de conceptos tales como probabilidad condicional, funciones de distribución, redes neurales y convoluciones han permitido que las mismas máquinas que realizan la observación aprendan a crear y desplegar mapas de pobreza objetivos, sin que medien grandes gastos y/o lentas y costosas encuestas de opinión.

---

\* Publicado el 24 de agosto de 2016. <http://ibero.mx/prensa/algoritmos-matematicos-y-tecnologia-satelital-combaten-la-pobreza>.

Los primeros resultados indicativos de la fiabilidad de este tipo de sistemas fueron publicados muy recientemente en la prestigiosa revista *Science* por un equipo especializado de la Universidad de Stanford<sup>1</sup>. En dicho trabajo se han reproducido con precisión mapas de pobreza en cinco países africanos que a su vez han sido objeto de estudios independientes por parte de la Organización de las Naciones Unidas.

Las técnicas matemáticas involucradas en el análisis de bases de datos públicas, identificadas con el término Big Data, forman parte de un vigoroso enfoque de las matemáticas aplicadas encaminado a la solución de problemas sociales complejos<sup>2</sup>.

A su vez, los planes de estudio contemporáneos relacionados con esta área del conocimiento (tales como los de la licenciatura en Actuaría, de próxima apertura en la Ibero) están adoptando rápidamente estos conceptos, de manera que los profesionistas egresados de estos programas se encuentren favorablemente posicionados para contribuir a la necesaria transformación de nuestra sociedad.

#### Referencias

1. N. Jean *et al.* "Combining machine learning and satellite imagery to predict poverty". *Science*, 353-6301, pp. 790-794, 2016.
2. M. Xie *et al.*, "Transfer Learning from Deep Features for Remote Sensing and Poverty Mapping", 30a AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2016. <https://arxiv.org/pdf/1510.00098v2.pdf>.



## Pendiente, equidad de género en el Premio Nobel de Física\*

15

Las cifras no dan margen a duda. Desde su fundación, el Premio Nobel de Física se ha otorgado sólo dos veces a mujeres y en ambas ocasiones fue compartido con dos hombres. Maria Sklodowska (Marie Curie) obtuvo el reconocimiento en 1903 por el descubrimiento de la radiactividad, en conjunto con Pierre Curie y Henry Becquerel.

Sesenta años más tarde (1963), Maria Goeppert fue galardonada junto con Eugene Wigner y Johannes Jensen por trabajos fundamentales relacionados con la estructura de los núcleos atómicos. En números redondos, el 99% de los Nobel de Física se han conferido exclusivamente a varones. Esta proporción es claramente injusta cuando se toman en cuenta la calidad y trascendencia de los trabajos en ciencias físicas realizados por mujeres a lo largo de estas décadas.

Es imposible elaborar una crónica precisa de todos los logros alcanzados por mujeres a lo largo de la historia de la física, pero bastan algunos ejemplos para mostrar que el porcentaje de premios Nobel en esta disciplina otorgados a mujeres no es representativo de lo que cada género ha aportado al desarrollo de esta ciencia.

Un caso paradigmático es el de Cecilia Payne, quien en 1925 identificó la presencia de hidrógeno en el Sol a partir del análisis del espectro de luz emitido por este astro. Su famoso asesor, Arthur Eddington consideró incorrecto el trabajo de Payne e hizo que asentara en su tesis doctoral que su resultado probablemente era incorrecto<sup>1</sup>. Años después, se confirmó la validez del trabajo realizado por la astrónoma, e irónicamente Hans Bethe obtuvo el Nobel de Física (1967) por el estudio de la producción de energía en el Sol con base en reacciones de hidrógeno.

El día de hoy, la fusión de átomos de hidrógeno es una de las grandes esperanzas de la humanidad para producir energía limpia e ilimitada. Payne no pudo obtener trabajo como astrónoma en Inglaterra y debió emigrar a Estados Unidos en donde obtuvo una plaza en la Universidad de Harvard.

El caso de Lise Meitner es también motivo de una enorme reflexión. Los logros de esta científica en el área de la radiactividad son comparables con los de Madame Curie, al establecer un vínculo fundamental entre la famosa fórmula de Einstein ( $E=mc^2$ ) y la separación de los componentes de núcleos de uranio en fragmentos de menor masa. La diferencia entre las masas corresponde a la energía que se utiliza en los reactores pacíficos para producción de energía eléctrica y han contribuido a la comprensión de la naturaleza de los núcleos atómicos. Cabe mencionar que

---

\* Publicado el 19 de octubre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/pendiente-equidad-de-g-nero-en-el-premio-nobel-de-f-sica>.

al menos cinco galardones de física se han conferido por avances en la comprensión y manejo tecnológico del núcleo atómico. Eventualmente, dos colegas varones de Meitner recibieron el Nobel de Química por el descubrimiento de la fisión nuclear, al tiempo que la científica debió huir a Suecia perseguida por el régimen nazi.

**16** Un caso menos conocido es el de Chien-Shiung Wu, quien realizó los experimentos que dieron lugar al Premio Nobel de Física de 1957. Imaginemos el espejo de *Alicia en el país de las maravillas*. Detrás del espejo podríamos visualizar un universo casi indistinguible al nuestro, pero con una diferencia muy sutil. Wu realizó experimentos con Cobalto 60 que mostraron que las simetrías especulares (asociadas con el término paridad) no ocurren en cierto tipo de desintegraciones radiactivas.

Sus experimentos mostraron que en realidad se requiere una simetría de mayor alcance para entender la realidad física. Increíblemente, el premio fue concedido a los físicos Yang y Lee, quienes realizaron trabajos de gran calidad teórica en relación con las simetrías de la naturaleza, pero que no participaron en los experimentos. Posteriormente, Wu fue activa en movimientos en favor de la equidad de género y recibió todos los reconocimientos existentes en su época... menos el Nobel de Física.

Se pueden escribir cientos de libros detallando ejemplos muy semejantes a los mencionados. Personajes como Vera Rubin, Emmy Noether y Rosalind Franklin son muy poco conocidos fuera del medio científico y forman parte de una legión de mujeres en la ciencia cuyas contribuciones han sido decisivas para la transformación social<sup>2</sup>.

La cobertura a la ciencia realizada por los medios de comunicación modernos abre la posibilidad de que el Nobel de Física se transforme, y se convierta en un motor para la necesaria equidad de género en nuestras sociedades.

## Referencias

1. D. Bodanis, *E=mc<sup>2</sup>: una biografía de la ecuación más famosa del mundo*, Barcelona, Planeta, 2005.
2. Un análisis de otros casos se encuentra en el sitio de noticias de *Physics Today*: <http://scitation.aip.org/content/aip/magazine/physicstoday/news/10.1063/PT.5.8191>.





## ONU, en camino hacia la prohibición total de armas nucleares\*

17

Los efectos de las armas nucleares no pueden subestimarse. Un cálculo directo derivado de la famosa fórmula de Einstein,  $E=mc^2$ , muestra que unos cuantos kilogramos de uranio enriquecido pueden dar lugar a una explosión devastadora.

En la práctica, 64 kilogramos de este material destruyeron Hiroshima al término de la Segunda Guerra Mundial. El equivalente a la detonación de 16 mil toneladas de TNT derivada de la explosión atómica dio lugar a la muerte de más de cien mil personas en cuestión de segundos.

Las armas nucleares actuales utilizan combinaciones de uranio o plutonio con isótopos de hidrógeno; la fusión de estos isótopos da lugar a bombas miles de veces más destructivas que la empleada en Hiroshima.

Tras varios intentos a lo largo de las últimas décadas, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha logrado emitir una resolución encaminada a la prohibición absoluta de las armas nucleares (resolución L41). La Asamblea General de la ONU, en su sesión 71, con fecha 14 de octubre de 2016, acordó llevar a cabo negociaciones formales para prohibir de manera absoluta la existencia de este tipo de armamento<sup>1</sup>.

Treinta y cuatro países militarmente débiles (incluido México) encabezaron una iniciativa para crear un instrumento jurídicamente vinculante, aplicable a todos los miembros, para proscribir las armas nucleares y eliminar las ya existentes. La ONU organizó una conferencia especial en marzo de 2017, en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos, para darle forma a este instrumento.

Los 123 países que votaron a favor de la resolución L41 representan 69.5% de los 177 miembros del Comité de Desarme y Seguridad Internacional de la ONU. En contra de la iniciativa se encuentran 38 países (21.4%) y 16 se han abstenido de votar (menos de 1%).

La totalidad de los países poseedores de armas nucleares se manifestaron en contra de la resolución, de forma que la votación representa un movimiento de países ajenos al club nuclear en contra de un orden internacional basado en la posibilidad de la destrucción masiva asociada al uso de este tipo de armamento.

---

\* Publicado el 1 de noviembre de 2016. [http://noticias.ibero.mx/prensa/detalle\\_comunicado.php?id\\_noticia=3337&foto\\_principa1=1](http://noticias.ibero.mx/prensa/detalle_comunicado.php?id_noticia=3337&foto_principa1=1).

El origen de las primeras armas nucleares es explicable. Experimentos realizados en 1938 en la Alemania nazi mostraron que el uranio podía ser separado (fisionado) al ser bombardeado por neutrones. Este tipo de fisión libera energía nuclear, en acuerdo con la fórmula de Einstein.

Dado que en un kilogramo de uranio existe una enorme cantidad de átomos, y que en cada proceso de separación se liberan neutrones, se hizo posible la generación de reacciones en cadena. La combinación de estos efectos da lugar a bombas de altísimos poderes destructivos.

El descubrimiento de la fisión se hizo público de manera inmediata, así que era perfectamente viable la posibilidad de que el gobierno de Hitler iniciara un programa de investigación en torno a la energía nuclear<sup>2</sup>. Como respuesta, Leo Szilard y otros físicos que debieron migrar a Estados Unidos perseguidos por los nazis alertaron a las autoridades estadounidenses sobre el potencial de esta nueva arma, y del riesgo que implicaba la posibilidad de que el gobierno de Hitler dispusiera de ella.

Después de la creación de las primeras bombas atómicas y de su uso en la Segunda Guerra Mundial, se inició una carrera armamentista entre las súper potencias nucleares (Estados Unidos y la entonces Unión Soviética). Actualmente existen más de dos mil bombas de uranio y más de cuatro mil bombas de hidrógeno desplegadas en distintos puntos de la Tierra. A este armamento deben sumarse alrededor de tres mil bombas "de reserva".

Es evidente que el uso de todo este armamento en una guerra atómica daría lugar a un apocalipsis planetario. Es por ello que resulta indispensable formalizar iniciativas en torno al desarme nuclear.

Es interesante hacer notar que Japón, el único país que ha sido objeto de ataques nucleares, decidió votar en contra de la resolución L41<sup>3</sup>. Factores históricos y culturales, distintas infraestructuras científicas y la existencia de posiciones contrastantes, hacen parecer muy lejano un mundo libre de bombas atómicas. A pesar de ello, la parálisis referente al desarme ha terminado.

De acuerdo con la voluntad de la mayoría de las naciones, los países del club nuclear deben seguir dialogando de manera pública respecto al uso de sus arsenales atómicos. Una hipotética indiferencia de las súper potencias hacia la iniciativa pondría en entredicho los trabajos de la organización.

El futuro de las armas atómicas compete a toda la humanidad, y ésta se ha hecho escuchar a través de sus representantes en la Organización de las Naciones Unidas.

## Referencias

1. La resolución L41 del Comité de Desarme y Seguridad Internacional de la ONU puede consultarse en <http://reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/1com/1com16/resolutions/L41.pdf>
2. Una descripción del proyecto nuclear alemán en los años de la Segunda Guerra Mundial puede encontrarse en D. Bodanis, *E=mc<sup>2</sup>: una biografía de la ecuación más famosa del mundo*, Barcelona, Planeta, 2005.
3. La explicación oficial de la postura japonesa en torno a la resolución L41 puede encontrarse en [http://reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/1com/1com16/eov/L41\\_Japan.pdf](http://reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/1com/1com16/eov/L41_Japan.pdf)

19



## Llega el principio del fin de la era del carbón; en México falta más trabajo\*

20

El mundo está respondiendo de manera decidida ante el grave problema del calentamiento global. Sumada a la entrada en vigor del Acuerdo de París para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), ha anunciado avances nunca antes vistos en relación con la producción mundial de electricidad sin hacer uso del carbón<sup>1</sup>.

Durante décadas, el uso de carbón para evaporar agua y elevar su presión para producir electricidad por inducción ha predominado en la mayoría de los países. El costo ecológico de este proceso ha sido muy alto, al punto de hacer indispensable el uso de técnicas alternativas para producir la electricidad necesaria para las actividades humanas contemporáneas.

De acuerdo con los datos anunciados por la IEA el 25 de octubre de 2016, el avance del uso de técnicas basadas en el aprovechamiento del sol y el viento permite vislumbrar el inicio de una nueva era en la producción de electricidad a nivel global.

En el año 2015 se rompieron prácticamente todas las marcas existentes respecto de la producción de energía por medio de fuentes renovables: 63 mil millones de watts (63 GW) fueron producidos por medio de energía eólica (viento), mientras que 49 mil millones de watts (49 GW) fueron generados a partir de celdas solares fotovoltaicas (energía solar).

Cerca de medio millón de paneles solares se instalaron diariamente en el planeta, y en China dos turbinas de viento se instalaron cada hora. Asimismo, los costos de instalación de estos tipos de energía bajarán entre 15 y 25% durante los próximos cinco años.

La forma en la que las naciones producen su energía es muy variada<sup>2</sup>. Países como Suecia dependen en muy poca medida del uso de las fuentes no renovables carbón-petróleo-gas. Menos de 2% de la energía producida por dicho país en 2014 provino de plantas termoeléctricas accionadas por estos combustibles fósiles.

En contraste, 7.3% de la energía sueca provino de la conversión a electricidad de los vientos y casi 6% se produjo utilizando material de desecho (basura orgánica). Debido a sus condiciones geográficas, Suecia produce menos de 0.05% de su energía haciendo uso de celdas solares fotovoltaicas.

---

\* Publicado el 8 de noviembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/llega-el-principio-del-fin-de-la-era-del-carb-n-en-m-xico-falta-m-s-trabajo>.

La combinación carbón-petróleo-gas representó más de la mitad del total de energía eléctrica producida en 2014 en Alemania. En dicho país la producción correspondiente a energía solar fotovoltaica aumentó espectacularmente en el periodo 1998-2014, pasando de 35 Gw-hora (0.062% del total en 1998) hasta 36,056 Gw-hora (5.74% del total en 2014).

La producción de energía eléctrica a través de la energía solar aumentó más de mil veces en Alemania en un lapso de 16 años. El desarrollo de la ciencia de materiales ha sido decisivo para aumentar la eficiencia de las celdas, así como para disminuir sus costos. Esto ha permitido abrir un nuevo frente en la lucha contra la emisión de gases de efecto invernadero a nivel global.

La situación en México es motivo de reflexión<sup>3</sup>. A pesar de que las condiciones geográficas de nuestro país favorecen el uso de la energía solar, en 2006 se producían únicamente 10 Gw-hora por medio de celdas fotovoltaicas. Ello representó menos del 0.01% del total en dicho año. En el lapso 2006-2014 la producción de electricidad por este medio aumentó en un factor de 22.1.

Para 2014 la combinación no renovable carbono-petróleo-gas abarcó 79% del total de producción de energía eléctrica; únicamente 0.073% fue producto del uso de tecnología solar y 2.1% correspondió al aprovechamiento energía de los vientos.

Históricamente Estados Unidos ha utilizado un esquema energético tradicional (carbón-petróleo-gas) para satisfacer sus requerimientos domésticos e industriales. Es evidente que este sistema ha influido a nuestro país, el cual es rico en hidrocarburos, durante décadas. A pesar de ello, el sistema científico y tecnológico estadounidense participa activamente en una revolución energética detonada por los problemas derivados de los efectos del cambio climático. Este entorno deberá incentivar la introducción de fuentes alternas de energía en toda América Latina en el corto plazo.

México se encuentra entre los 175 países firmantes del Acuerdo de París, el cual busca disminuir las emisiones globales de gases de efecto invernadero, combatir el aumento de la temperatura global y reducir los efectos del cambio climático. Dentro del acuerdo se contempla aplicar rápidas reducciones basadas en los mejores criterios científicos disponibles.

En el marco de esta importante iniciativa, los esfuerzos a nivel mundial comienzan a dar resultados esperanzadores. Será responsabilidad de cada uno de los países participantes emprender nuevas acciones que garanticen la viabilidad de la vida en el planeta para las próximas generaciones.



## Referencias

1. D. Kramer, "Worldwide renewable electricity generation is surging", *Physics Today News*, 2 de noviembre de 2016.
2. Un panorama completo de la producción de energía por país en las décadas recientes lo proporciona de manera pública la IEA en <https://www.iea.org/statistics/>
3. Los datos relativos a México publicados por la IEA pueden consultarse en <https://www.iea.org/statistics/?country=MEXICO&year=2016&category=Energy%20supply&indicator=TPESbySource&mode=chart&dataTable=BALANCES>



## C40, hacia una cultura verde en las grandes ciudades\*

*Anatomía de la sexta Cumbre Bienal del grupo C40, CDMX 2016*

23

En octubre de 2005, un grupo de alcaldes de 18 grandes ciudades del mundo se reunió en Londres, Inglaterra, para iniciar un movimiento encaminado al establecimiento de una cultura verde en sus respectivas sociedades. Al año siguiente, las acciones climáticas a emprenderse como producto de la iniciativa fueron adoptadas por las autoridades de otras 22 ciudades.

La formalización de una gran red de enlace entre estas megaurbes dio origen al llamado Grupo C40, el cual consta actualmente de 83 miembros, representando a cerca de 600 millones de personas (aproximadamente 8% de la población mundial) y concentrando alrededor de 25% del producto interno bruto del planeta.

Las metas establecidas en la conferencia mundial de París sobre el cambio climático únicamente podrán alcanzarse a través de una cuidadosa planeación urbana que debe abarcar interacciones entre ciencia básica, tecnología, economía y ciencia política.

En el marco de esta planeación, se desarrolló en la Ciudad de México del 30 de noviembre al 2 de diciembre de 2016, la sexta Cumbre de Alcaldes del C40. El nombre del evento fue un tanto engañoso, pues la reunión no se limitó al diálogo político entre autoridades de las grandes ciudades. Buena parte de la agenda del evento fue semejante a la de un congreso científico interdisciplinar en el cual se realizan trabajos relacionados con avances tecnológicos en materia de sustentabilidad, aplicables a ciudades densamente pobladas.

El grupo C40 está estructurado en tres grandes sectores: las megaciudades (entre las que se encuentra la Ciudad de México), las ciudades observadoras y las ciudades innovadoras. En este último grupo se sitúan 22 urbes, entre las que se encuentran Estocolmo, Venecia, Portland, Curitiba y Oslo. Las ciudades innovadoras cuentan con extraordinarios indicadores referentes a la producción de energía verde y comparten sus métodos a través de especialistas en áreas de investigación y desarrollo.

Siete de cada 10 megaciudades del C40 ya resienten efectos del cambio climático; tales como las inundaciones, las sequías y el calor extremo. La implementación de nuevas tecnologías y estrategias de planeación urbana son indispensables para garantizar la habitabilidad de las ciudades en las próximas décadas.

---

\* Publicado el 5 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/lisis-c40-hacia-una-cultura-verde-en-las-grandes-ciudades>.

En la programación de esta cumbre destacaron las actividades interdisciplinarias encaminadas a fortalecer procesos de toma de decisiones basadas en evidencias científicas. También se presentaron avances tecnológicos útiles para establecer ciudades inteligentes con base en economías urbanas de bajo consumo de carbón<sup>1</sup>. Las acciones en las grandes ciudades son esenciales para asegurar el cumplimiento de las metas trazadas a nivel global en el combate contra el cambio climático.

Otro punto muy importante que se abordó en esta cumbre correspondió al empleo de la basura. El manejo de desperdicios es emblemático en la lucha para establecer una ecología de carácter global. En algunos países se produce más energía eléctrica a partir del manejo de desechos que del carbón<sup>2</sup>.

En contraste, en otros países existe una enorme dependencia a fuentes fósiles asociada a la ausencia de procedimientos de separación y aprovechamiento de basura orgánica. Una gestión apropiada de residuos es determinante para reducir emisiones, mejorar la salud de los ciudadanos y fomentar la inclusión social.

La crisis derivada del cambio climático ha detonado trabajos interdisciplinarios sin paralelo en la historia humana. Conocimientos especializados de física atmosférica, oceanografía y geología deben compartirse de forma accesible con autoridades y ciudadanos en general, quienes a su vez son actores y observadores en la evolución de su entorno geográfico.

Adicionalmente, el manejo económico de las consecuencias del cambio climático resulta imposible sin el tratamiento matemático de grandes volúmenes de datos, los cuales deben ser comunicados de forma clara y asertiva. En este escenario, es indispensable que, más allá de contextos políticos, iniciativas tales como el G40 puedan ser conocidas y en su caso adoptadas en nuestras sociedades.

## Referencias

1. La agenda de la sexta Cumbre Bienal del C40 puede encontrarse en <https://mayorssummit2016.c40.org/agenda>.
2. Los datos por país referentes a la distribución de emisiones derivadas de la producción de energía eléctrica pueden encontrarse en <https://www.iea.org/statistics/>





## Necesario, reformular términos de diálogo entre ciencia y sociedad\*

*Carta abierta de científicos a las autoridades electas en los Estados Unidos de América refleja la necesidad de actualizar los modelos de comunicación de la ciencia*

25

Desde la antigüedad, los gobernantes reclutan asesores científicos como apoyo para la toma de decisiones de pertinencia social. Las pautas relacionadas con el establecimiento de estrategias alimentarias, el desarrollo de tecnologías y la planificación racional de asentamientos han sido dispuestas con base en el diálogo entre autoridades y el equivalente a consejos de notables.

En la medida en que los asesores posean las capacidades de comunicación asertiva con los responsables de las políticas públicas, se hace posible la generación de acciones coordinadas dirigidas a la seguridad, dignidad y trascendencia de las sociedades. Un ejemplo histórico de este tipo de asesoría lo constituye la famosa carta de Albert Einstein al presidente Roosevelt, a quien alertó sobre las capacidades de las armas atómicas y aconsejando prevenir el uso de éstas por parte del régimen nazi<sup>1</sup>.

Este tipo de diálogo no siempre se desarrolla de manera fluida y en ocasiones da lugar a enfrentamientos. En este contexto, más de dos mil 300 científicos se dirigieron al presidente de Estados Unidos, Donald Trump, y al 115 Congreso de dicho país por medio de una carta abierta.

El documento base consta de un breve texto y varias hojas con las firmas de los científicos, destacándose 22 ganadores del Premio Nobel en distintas disciplinas<sup>2</sup>. La carta evoca la postura de un consejo de expertos expresándose de manera paternalista-imperativa ante un gobierno que es poco afín al conocimiento científico, y que parece ser indiferente a los enormes riesgos que implicaría ignorar la crisis planetaria derivada del cambio climático.

El primer párrafo de la comunicación se dedica a una reflexión muy elemental de los beneficios que la ciencia ha dado a la sociedad estadounidense, destacándose la innovación tecnológica y el incremento de la salud de la población. En el segundo párrafo se hace hincapié en la necesidad de canalizar recursos públicos para fortalecer la infraestructura científica. El resto de la carta corresponde a una serie de recomendaciones de lo que el nuevo gobierno de Estados Unidos debería hacer en torno al nombramiento de responsables de la ciencia y sus organizaciones.

A pesar de que la carta es valerosa e impecable, desde el punto de vista técnico, es improbable que tenga efectos positivos por parte del grupo a quien va dirigida. La palabra inglesa *should*,

---

\* Publicado el 9 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-terminos-de-dialogo-entre-ciencia-y-sociedad>.

empleada para “lo que debe hacer el nuevo gobierno”, aparece ocho veces en la única cuartilla del texto. En contraste, una carta similar dirigida a George W. Bush, en 2004, únicamente utiliza este recurso gramatical en una ocasión<sup>3</sup>.

**26** En el último párrafo se advierte que la comunidad científica norteamericana monitoreará las acciones de la administración de Trump, y que exigirá cuentas a cualquiera que pudiera tratar de debilitar el papel de la ciencia en la construcción de las políticas públicas de Estados Unidos. Ante estas frases, algunos analistas han considerado a la misiva como una especie de declaración de guerra que llegaría en muy mal momento.

Un factor decisivo en la lucha contra el cambio climático es la comprensión del fenómeno por parte del ciudadano común. Las evidencias experimentales y las modernas técnicas didácticas y de comunicación trascienden a los argumentos de autoridad. En este sentido, resulta necesario cuestionar los términos actuales del diálogo entre ciencia y sociedad.

La consolidación del método científico, sumado a su enseñanza en los sistemas educativos, ha permitido que una proporción muy importante de la sociedad pueda comprender y fortalecer los procesos de tomas de decisión en todos los niveles de actividad. Fenómenos tales como el movimiento planetario, las estaciones del año, el arcoíris y la generación de electricidad pasaron de ser interpretados mágicamente, a ser material de enseñanza en los cursos de ciencias naturales en las escuelas primarias de todo el planeta.

La comprensión de los fenómenos físicos relacionados con el efecto invernadero ha permitido que el ciudadano común se sume a iniciativas de largo alcance, tales como el desarrollo a gran escala de fuentes alternas de energía.

La humanidad ha finalizado una etapa equivalente a una infancia científica y ha entrado de lleno a una especie de adolescencia caracterizada por claroscuros. El antiguo modelo de diálogo entre especialistas, autoridades y ciudadanos comunes no puede mantenerse en plena era de la información y la comunicación instantánea.

Desde esta perspectiva, un nuevo paradigma en la relación entre ciencia y sociedad está surgiendo y está siendo catalizado por la complejidad de la crisis ambiental que amenaza la viabilidad de la vida tal y como la conocemos.

## Referencias

1. La famosa carta de Einstein al presidente Roosevelt puede leerse en <http://www.atomicheritage.org/key-documents/einstein-szilard-letter>
2. El texto completo de la carta puede hallarse en <https://s3.amazonaws.com/ucs-documents/science-and-democracy/ucs-scientist-letter-to-trump-11-30-2016.pdf>.
3. El texto de la carta dirigida a George W. Bush puede consultarse en <https://www.ucsus.org/our-work/center-science-and-democracy/promoting-scientific-integrity/scientists-sign-on-statement.html#.XFnoGqKiUm>

27



## **Bullying explicaría malos resultados en prueba PISA\***

*Son 15 años de obtener los mismos resultados en esta evaluación;  
no hay evolución en las áreas de ciencia, matemáticas y lectura*

28

No es una coincidencia que México ocupe los primeros lugares mundiales en *bullying* y los últimos lugares en el desarrollo de competencias lectoras, científicas y matemáticas. Son 15 años de obtener los mismos resultados. A pesar de que en plena era del conocimiento es indispensable el desarrollo de competencias en ciencias, matemáticas y lectura, no se ha registrado evolución alguna en los indicadores internacionales correspondientes a los jóvenes mexicanos.

Nuestro país se ha estancado en los últimos lugares de la prueba PISA (Programa Internacional para la Evaluación de los Alumnos), que a su vez se ha consolidado como el mecanismo de evaluación más objetivo referente al estado de la educación a nivel mundial.

Ríos de tinta se han escrito, y se seguirán escribiendo, sobre la llamada “tragedia educativa” por la que atraviesa México. Se realizarán análisis estadísticos muy detallados de los números y en la arena política probablemente se señalarán responsables. En este contexto, es pertinente reflexionar sobre algunos aspectos culturales que pueden contribuir a comprender y resolver este problema en el mediano plazo.

La enseñanza de las ciencias en México se caracteriza por la insuficiente realización de prácticas de laboratorio y por priorizar aspectos operativos y memorísticos. Tanto en escuelas públicas como privadas, se abusa de esquemas tipo recompensa-castigo a través de las calificaciones, las cuales se convierten en moneda de cambio en un contrato didáctico mal entendido.

En contraste, otros sistemas educativos ponen énfasis en la creatividad, los fundamentos (demostraciones vinculadas en el por qué y no en los cómo de cada tema abordado) y en la pertinencia social del conocimiento científico.

El retraso en al menos dos años de formación de nuestros jóvenes estudiantes obliga a las universidades a invertir una considerable cantidad de tiempo en asesorías maratónicas, cursos propéuticos y actividades remediales en las áreas de física y matemáticas.

Por el contrario, en los sistemas educativos más exitosos, los docentes emplean diversas dinámicas de enseñanza-aprendizaje que relacionan a la metodología científica (teórica y práctica) con aspectos históricos y de alta trascendencia, despertando respeto y alegría por el estudio, de forma

---

\* Publicado el 18 de diciembre de 2016. <http://www.prepaibero.edu.mx/prensa/lisis-bullying-explicar-malos-resultados-en-prueba-pisa>.

que no son necesarios ejércitos de profesores para regularizar estudiantes retrasados. Los objetivos no se limitan a obtener una calificación. Es en este punto donde deseo aventurar una hipótesis poco mencionada en referencia a las causas coyunturales de nuestro retraso educativo.

Durante décadas los medios de comunicación electrónicos han cimentado una imagen de indiferencia y hasta burla hacia los alumnos más dedicados. Esto a su vez ha fomentado que en las escuelas mexicanas “estudiar demasiado” frecuentemente sea mal visto. La imagen del nerd se contrapone a paradigmas de popularidad y éxito importados absurdamente de países desarrollados, independientemente de niveles socioeconómicos (de manera semejante a los resultados de PISA).

En mi opinión, no es una coincidencia que México ocupe los primeros lugares mundiales en *bullying* y los últimos lugares en el desarrollo de competencias lectoras, científicas y matemáticas. En términos generales, las escuelas dejan poco espacio a la creatividad y los estudiantes buscan prioritariamente aprovechar el espacio escolar para crear relaciones sociales con frecuencia artificiales.

Aquellos alumnos que buscan genuinamente comprender la realidad en términos científicos llegan a ser maltratados por sus propios compañeros. El hecho de que menos de 0.3% de sustentantes mexicanos alcanzaran el nivel de excelencia en la prueba PISA no es un indicador de falta de capacidad, sino de recelo derivado del riesgo de caer en el ostracismo social.

Las ciencias formales han dado lugar a grandes avances conceptuales y tecnológicos decisivos en el desarrollo de la civilización. El proceso creativo necesario para alcanzar estos logros se contrapone a la mera asimilación de recetas, obtención de notas y adopción de modelos sociales. El pensamiento científico se caracteriza por establecer verdades no necesariamente evidentes, y sólo puede desarrollarse en entornos en los cuales exista una cultura consolidada en favor del estudio.

México no ha alcanzado un estado de respeto y fomento generalizado hacia la ciencia: ni en los hogares ni en los ambientes educativos ni en los medios masivos de comunicación. Este elemento me parece esencial para explicar el estancamiento exhibido sistemáticamente por el instrumento PISA durante más de una década y para sentar las bases de una necesaria revolución que incorpore los aspectos más sobresalientes de la ciencia a la cultura nacional.



## El “gasolinazo”: una visión desde el área de ciencia y tecnología\*

*En el periodo 1967-1974 el científico mexicano Leopoldo García-Colín estuvo en el timón del área de investigación básica de la industria petrolera nacional*

30

Leopoldo García-Colín Scherer fue un extraordinario científico mexicano cuya obra es poco familiar para el ciudadano común, pero es ampliamente reconocida en instituciones académicas nacionales e internacionales.

En el periodo 1967-1974, este notable mexicano estuvo en el timón del área de investigación básica de la industria petrolera nacional. Las batallas libradas por García-Colín y sus colaboradores para fortalecer esta área estratégica fueron documentadas en el libro *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana*<sup>1</sup>. Los conceptos incluidos en dicha obra nos dan una explicación de por qué era esperable la situación por la que atraviesa México, en especial en referencia al llamado “gasolinazo” del año 2017.

A manera de ilustración describiré un caso histórico de importancia práctica. Recordemos que sólo una pequeña proporción de los componentes del petróleo extraído de un pozo es útil para obtener gasolina, y que la serie de tratamientos fisicoquímicos necesarios para la producción de los combustibles que utilizamos en nuestros automóviles es conocida como refinación.

La refinación es un proceso caro y dependiente del tipo de petróleo a tratar. El crudo mexicano contiene una gran proporción de azufre, y en su tratamiento puede generar emisiones a la atmósfera de un compuesto llamado anhídrido sulfuroso, capaz de causar graves daños a la salud humana.

Pues bien, hace cuatro décadas el grupo de García-Colín resolvió este problema generando nuevos conocimientos en un área de la fisicoquímica denominada catálisis. Los descubrimientos fueron aplicados exitosamente en las refinerías de aquellos años y los métodos llegaron a ser patentados internacionalmente<sup>2</sup>.

En 1976, México entró en una crisis devaluatoria. Esto llevó a diversos recortes al gasto público. El presupuesto a la investigación básica de procesos para la industria petrolera se redujo de manera sustancial y se entró en una dinámica que, al cabo de unas cuantas décadas, propició que México se convirtiera en un país importador de gasolina. Esto ocurrió a pesar de que durante muchos años la producción de hidrocarburos del país creció de manera significativa, y que se tuvieron condiciones para priorizar recursos a las áreas de investigación en refinación y petroquímica. La mayor parte de las patentes obtenidas por el equipo de García-Colín fueron

---

\* Publicado el 9 de enero de 2017. <http://www.iberomexico.mx/prensa/el-gasolinazo-una-vision-desde-el-area-de-ciencia-y-tecnologia>.

vendidas a grandes empresas extranjeras, y los integrantes del grupo de investigación debieron encontrar nuevos empleos (en los que continuaron cosechando abundantes éxitos académicos).

Una analogía médica nos permitirá visualizar lo ocurrido ante el gasolinazo. Imaginemos a una persona a la que le surge un problema ortopédico y cuya terapia requiere ejercicios especiales y de alto grado de dificultad para garantizar una recuperación exitosa. Ahora imaginemos que el tratamiento aplicado se limitó al uso de muletas, haciendo de lado los ejercicios necesarios para la recuperación integral de la persona. Pasado un tiempo, las muletas se vuelven insuficientes y ahora el paciente requiere una silla de ruedas.

En nuestro caso, el desorden ortopédico es la falta de capacidad para cubrir la demanda interna de combustibles por medio de tecnología propia, y el tratamiento era el apoyo a la investigación de procesos en aquellos años.

En esta analogía el paciente debe actuar con inteligencia. De nada le servirá usar sus muletas para golpear al personal de la clínica a la que acudió, tampoco le servirá organizar el robo del mobiliario del consultorio para remodelar su casa. La reflexión crítica e informada sobre su caso será un buen punto de partida para optar por nuevas terapias, tomar decisiones apropiadas sobre el equipo médico y para llevar a cabo las acciones pertinentes para recuperar su movilidad.

En nuestro caso, la producción de energía tiene nuevas facetas que permiten vislumbrar una luz al final de la oscuridad actual. En este contexto, es indispensable aprender de la historia y generar un entorno social mucho más favorable para el desarrollo de la investigación científica en nuestro país.

Los términos actuales del diálogo entre ciencia y sociedad son muy limitados. Los recursos tecnológicos actuales permiten crear valiosos puentes capaces de superar vacíos de información sobre el crecimiento de tecnología útil para mejorar la calidad de vida de las sociedades. La canalización de recursos en esta dirección puede evitar que casos como el del "gasolinazo" se reproduzcan en el entorno de la producción de energía presente en el siglo XXI.

## Referencias

1. Leopoldo García-Colín Scherer, *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana*, México, Premia Editora, Serie La Red de Jonás, 1989. Distribuido por El Colegio Nacional, Ciudad de México.
2. Leopoldo García-Colín Scherer, "La ciencia y la tecnología del petróleo: situación actual y perspectivas futuras en México", El Colegio de México, abril de 1978. El artículo puede descargarse en <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-terminos-de-dialogo-entre-ciencia-y-sociedad>.



## Ciencia e informática, al servicio del aire de la CDMX\*

*Desde el 12 de febrero de 2017 opera el sistema público y gratuito para proyectar niveles de calidad del aire con 24 horas de anticipación*

32 La Ciudad de México se ha convertido en un inmenso laboratorio atmosférico. La combinación de altas temperaturas, falta de humedad, ausencia de vientos y emisiones debidas a la actividad cotidiana generan importantes incrementos en las concentraciones de ozono en el aire. Altos niveles de este contaminante generan daños a la salud, tales como inflamación de vías respiratorias, dificultad para respirar e incremento de ataques de asma. El monitoreo del ozono atmosférico, así como la predicción de su evolución diaria, es un insumo valioso para la toma de decisiones en nuestra compleja ciudad.

Los fenómenos atmosféricos no poseen el carácter de predictibilidad característico de eventos tales como la caída de los cuerpos, las órbitas de los planetas, los eclipses o las observaciones de los cometas.

El aire que respiramos es un sistema complejo cuyas propiedades detalladas dependen fuertemente de factores climáticos, así como de procesos tales como las reacciones químicas y la presencia de radiación solar. Dado que las propiedades físicas del aire registran constantes cambios a lo largo de cada jornada, la capacidad de predicción muy difícilmente puede abarcar más allá de uno o dos días (en el mejor de los casos).

En este contexto, el cómputo de alto rendimiento constituye una herramienta de gran valor para entender y modelar de manera efectiva el fenómeno de la contaminación atmosférica. El Sistema de Modelaje de Alta Resolución de Emisiones para México (HERMES-Mex, por sus siglas en inglés) es un núcleo informático que subdivide al área metropolitana en espacios de un kilómetro cuadrado, siendo capaz de reportar a cada hora las concentraciones de los contaminantes y relacionarlas con parámetros climáticos y antropogénicos.

Una descripción técnica muy detallada del sistema se encuentra en forma de artículo científico publicado en el sitio en línea de la revista *Science of the Total Environment*. El documento es avalado por un riguroso arbitraje especializado por parte de la prestigiosa editorial holandesa Elsevier<sup>1</sup>.

Entre las conclusiones del artículo se destaca el hecho de que los picos de ozono dependen fuertemente de las condiciones meteorológicas presentes a lo largo de cada día, lo cual coincide con estudios independientes desarrollados con base en el análisis de datos públicos sobre

---

\* Publicado el 13 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-e-informatica-al-servicio-del-aire-de-la-cdmx>.



el contaminante<sup>2</sup>. Temperaturas superiores a 26 °C, en días secos, con alta radiación solar y con poca presencia de vientos, coinciden con valores máximos de ozono, generando contingencias ambientales.

El sistema HERMES-Mex también proporciona elementos que llevan a sugerencias específicas para mejorar la calidad del aire en la ciudad. De manera muy cauta, los creadores del sistema sugieren combinar simultáneamente un control estricto de las fuentes móviles de precursores de ozono (automóviles particulares, transporte de carga, transporte público) con la reducción de actividades relacionadas con el uso de solventes y de distribución de gas LP. El artículo también contiene una radiografía exhaustiva de los efectos ambientales de los diversos agentes contaminantes más comunes presentes en el Valle de México.

La herramienta predictiva para las concentraciones de ozono que se ha puesto en marcha en la CDMX es una buena noticia para los habitantes de la ciudad. Pero más allá de ser un insumo útil para la toma cotidiana de decisiones, también representa una feliz unión entre la ciencia básica y la informática avanzada para producir resultados de alta pertinencia social, en un área no carente de incertidumbres. Es recomendable seguir a detalle la eficiencia del sistema de predicción, el cual nos acercará a una mejor comprensión de la física de los fenómenos atmosféricos que afectan nuestra vida<sup>3</sup>.

#### Referencias

1. M. Guevara *et al.*, "An emission processing system for air quality modelling in the Mexico City metropolitan area: Evaluation and comparison of the MOBILE6.2-Mexico and MOVES Mexico Traffic emissions", *Sci. Total Environ.* 584-585:882-900, Apr. 15, 2017.
2. A. Mariscal-Sánchez y A. Sandoval-Villalbazo, "Ozono y calor: análisis de factores meteorológicos primarios en el desarrollo de contingencias ambientales en el Valle de México". Trabajo presentado en la sesión mural M4D-02, LIX Congreso Nacional de Física, León, Guanajuato 2016.
3. La aplicación que permite acceder a los resultados por hora del monitoreo basado en HERMES-Mex, así como el pronóstico diario de máximos de ozono puede obtenerse en la dirección <http://www.aire.cdmx.gob.mx>.



## El crudo impacto del nivel socioeconómico en la esperanza de vida\*

34

*Un bajo nivel socioeconómico resulta ser un factor de pérdida de años de vida más importante que el sobrepeso y que la hipertensión*

En 2013, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció lineamientos para combatir enfermedades no infecciosas en todos sus países miembros, entre éstas se encuentran la diabetes, los ataques cardíacos, la enfermedad de Alzheimer y el cáncer<sup>1</sup>. Cada una de estas enfermedades incide en el valor promedio de la vida de los seres humanos, también llamado esperanza de vida.

En la estrategia de prevención, la OMS advirtió que factores de riesgo tales como el sobrepeso, el tabaquismo, el alcoholismo y la inactividad física favorecen el desarrollo de las enfermedades mencionadas.

En este contexto, un reciente estudio publicado en la prestigiosa revista *The Lancet* indica que el plan de la OMS no ha tomado en cuenta el nivel socioeconómico de los individuos<sup>2</sup>. Este análisis, basado en técnicas estadísticas rigurosas, incluyó a cerca de 1.7 millones de habitantes de países desarrollados. Los autores del estudio recomiendan que la OMS promueva ante los gobiernos escenarios de movilidad social y mayor equidad para incrementar la esperanza de vida en cada uno de sus países miembros.

De acuerdo con el análisis de datos, un bajo nivel socioeconómico resulta ser un factor de pérdida de años de vida más importante que el sobrepeso y que la hipertensión. En promedio, un varón de bajo nivel socioeconómico vive 2.6 años menos que uno de nivel socioeconómico más alto. El estudio reporta que la cifra correspondiente en el caso de las mujeres es de 1.5 años.

Es importante mencionar que la enfermedad no infecciosa que más repercute en la pérdida de años de vida en las poblaciones de referencia es la diabetes, la cual lleva en promedio un descenso de 4.1 años en hombres y 3.9 años en mujeres.

El trabajo interdisciplinar desarrollado en las áreas de la salud involucra el establecimiento de modelos matemáticos apropiados para facilitar el establecimiento de políticas de Estado. En el plano nacional, se han realizado esfuerzos muy importantes para evaluar problemas como la obesidad en el país, sugiriéndose líneas de acción encaminadas a tomar en cuenta el nivel socioeconómico poblacional<sup>3</sup>.

---

\* Publicado el 21 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-el-impacto-del-nivel-socioeconomico-en-la-esperanza-de-vida>.

Esfuerzos académicos locales orientados al uso de cifras nacionales para relacionar a la matemática abstracta con la toma de decisiones en problemas de salud pública también han sido desarrollados de manera sistemática<sup>4</sup>. A pesar de ello, el tema de la movilidad social como uno de los ejes para combatir la pérdida de años de vida en la población aún no se ha abordado de manera frontal en ningún país miembro de la OMS.

La conclusión más importante que se desprende de los estudios mencionados es que las estrategias de la OMS deben incluir la reducción de desigualdades socioeconómicas como meta específica para aumentar la esperanza de vida. Este enunciado se desprende de un análisis estadístico rigurosamente desarrollado a través de años de estudio sistemático considerando poblaciones de estudio cercanas a dos millones de habitantes, y es una muestra de la importancia que tiene para las decisiones de carácter social el buen uso de las matemáticas.

### Referencias

1. "Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020", Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2013.
2. S. Stringhini, C Carmeli *et al.* "Socioeconomic status and the 25 × 25 risk factors as determinants of premature mortality: a multicohort study and meta-analysis of 1.7 million men and women", *The Lancet*, enero de 2017. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32380-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32380-7).
3. J. A Rivera Dommarco, M. Hernández Ávila, C. A. Aguilar Salinas, F. Vadillo Ortega y C. Murayama Rendón (eds.), *Obesidad en México: recomendaciones para una política de Estado*, México, Ediciones UNAM, 2012.
4. R. Barragán-Olvera y A. Sandoval Villalbazo, "Problemas de razonamiento matemático en el área de nutrición y ciencia de los alimentos", Documento de uso interno, Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Iberoamericana, 2010.



## Mobilización internacional renueva la relación ciencia-sociedad\*

*Marcha por la ciencia enfatiza la importancia de sustentar decisiones políticas aplicando el conocimiento científico contemporáneo*

36

No es coincidencia que la “Marcha por la ciencia” se haya realizado en el día de la Madre Tierra. Más allá de cualquier ideología partidista, la marcha se ha realizado para sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de emplear evidencia científica como sustento para la toma de decisiones.

La historia ha mostrado que las planeaciones globales determinadas por intereses exclusivamente mercadológicos han inhibido el desarrollo de numerosas comunidades. Una alternativa a este escenario puede establecerse a partir de una orientación humanista de la tecnología derivada de las ciencias puras, las cuales se orientan a la búsqueda de la verdad.

El origen de la “Marcha por la ciencia” se ubica en Estados Unidos. Las recientes decisiones de carácter ambiental por parte de la administración Trump ignoran el conocimiento científico relacionado con el fenómeno del cambio climático. Décadas de cuidadosa investigación han mostrado que la actividad humana ha incrementado las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico, y que dicho aumento es factor determinante para agudizar el efecto invernadero en nuestro planeta<sup>1</sup>.

La producción de energía basada en el uso del carbón está causando numerosos desequilibrios en la Tierra. Entre éstos se encuentran el aumento en la temperatura de los océanos, el derretimiento de glaciares en el polo norte y la extinción de numerosas especies animales y vegetales. La negación de estos hechos por parte de la actual clase gobernante estadounidense ha detonado una movilización sin precedentes en la comunidad científica internacional<sup>2</sup>.

La “Marcha por la ciencia” atrajo a cientos de miles de personas en más de 500 ciudades de la Tierra<sup>3</sup>. En la movilización se dieron muestras de imaginación e ingenio que han contribuido a relacionar a la actividad científica con la ciudadanía que frecuenta las calles y con las necesidades e inquietudes sociales más apremiantes.

En la Ciudad de México, la marcha se desarrolló de manera ordenada y apartidista, contando con una nutrida asistencia. La mayoría de los participantes fueron jóvenes pertenecientes a diversas instituciones de educación superior que, además de adherirse al concepto original de la movilización, hicieron hincapié en la necesidad de que a nivel nacional se orienten más recursos hacia rubros tales como becas y proyectos de investigación científica.

---

\* Publicado el 25 de abril de 2017. <http://www.iberomexico.com/prensa/analisis-movilizacion-internacional-renueva-la-relacion-ciencia-sociedad>.

Hace 40 años, la ecología se identificaba como una actividad científica *light*. En aquellos años, las actividades en favor de la naturaleza frecuentemente se asociaban con posturas esotéricas o radicales. Hoy resulta evidente que las ciencias ambientales revisten gran complejidad y que su comprensión es indispensable para garantizar la viabilidad de la especie humana. La unión de conocimientos de física, química, biología y matemáticas se ha hecho necesaria para comprender la dinámica de los procesos que permiten la diversidad biológica que conocemos.

En esencia, las acciones ambientales derivadas del uso de la ciencia armonizan con la cosmovisión de numerosas culturas desarrolladas hace varios siglos. En el día de la Madre Tierra 2017, los participantes en la movilización por la ciencia han contribuido al acercamiento de la metodología científica rigurosa con ideales clásicos. Este tipo de acciones favorece al desarrollo de actividades fundamentadas, solidarias y humanistas orientadas a aumentar la calidad de la vida en nuestras sociedades.



Marcha por la ciencia enfatiza la importancia de sustentar decisiones políticas aplicando el conocimiento científico contemporáneo (Fotos: Alfredo Sandoval Villalbazo).

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático", *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Con 'rebelión' *underground*, científicos combaten muro informativo de Trump", *Prensa Ibero*, 31 de enero de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/con-rebelion-underground-cientificos-combaten-muro-informativo-de-trump>.
3. Una descripción del desarrollo de la movilización en varias ciudades del mundo puede obtenerse en <http://www.nature.com/news/what-s-happening-at-march-for-science-events-around-the-world-1.21853>.

# Bots reproducen sesgos de género en internet\*

*Cambio de hábitos en uso de frases en internet aportará  
a favor de la lucha por la equidad de género*

38

Quienes utilizamos internet confiamos en que herramientas como Google hacen uso de programas inteligentes (*bots*) que las protegen contra todo aquello dirigido a restarle integridad a sus funciones. Si bien es cierto que la mayor parte de estos bots utilizan elementos avanzados de informática, a la larga las herramientas de búsqueda reflejan comportamientos estadísticos de quienes las usan y éstos frecuentemente muestran sesgos.

En el universo virtual toda tendencia está continuamente monitoreada. En la actividad cotidiana se utilizan palabras e imágenes con diferentes frecuencias. La cantidad de veces que ciertas cadenas de caracteres aparecen en los mismos párrafos permite establecer indicadores de gustos y modas que “alimentan” a los procesos de toma de decisión en los buscadores<sup>1</sup>. Esto suelen aprovecharlo empresas comerciales que explotan los hábitos detectados para su beneficio económico.

En el caso del idioma español es posible realizar experimentos simples para ejemplificar este fenómeno. Al buscar la frase “un alpinista” en Google se encuentran aproximadamente 213,000 resultados<sup>2</sup>. En contraste, al buscar “una alpinista” se generan del orden de 9,080 respuestas. En este caso, la desproporción corresponde a un factor de 23.45. Este comportamiento puede ser fácilmente identificado por bots que en principio “recomendarán” estrategias de difusión de la práctica del alpinismo de manera involuntariamente sesgada hacia el género masculino.

Un segundo ejemplo ilustrativo se puede identificar con los términos “un tenista” y “una tenista”. En este caso, la frecuencia de aparición del género masculino supera por un factor aproximado de tres a su contraparte femenina. Es interesante observar que la tendencia cambia de manera significativa al utilizarse artículos determinados.

En esta situación, el buscador reporta más resultados para “la tenista” que para “el tenista” (el factor es del orden de 1.14). La gramática española facilita a los bots identificar algunas tendencias idiomáticas que son inexistentes en el idioma inglés, esto debido a que en esa lengua los artículos “*the*”, “*a*” y “*an*” se utilizan sin distinción de género.

Cuando al escribir utilizamos frases como “el lector” para referirnos genéricamente a una persona que lee, contribuimos a fomentar un sesgo de género semántico muy semejante al existente con la palabra “alpinista” (se encuentra una desproporción correspondiente a un factor de 23.42).

---

\* Publicado el 9 de mayo de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-bots-reproducen-sesgos-de-genero-en-internet>.

El cuidado en el uso de las frases es relevante y recomendable, pues los mismos programas inteligentes que asimilan los sesgos también son capaces de contribuir a revertirlos. Un cambio de hábitos en el uso de las frases que utilizamos en internet aportará nuevos y valiosos elementos en favor de la lucha por la equidad en nuestras sociedades.

#### Notas y referencias

1. A. Caliskan-Islam, J.J. Bryson y A. Narayanan, "Semantics derived automatically from language corpora necessarily contain human biases", *Science*, 356-6334, pp. 183-186, 14 de abril de 2017. <https://arxiv.org/abs/1608.07187>.
2. Es indispensable encerrar las frases en comillas para reproducir los resultados citados en este artículo.



## ¿Cómo logró MalwareTech detener el ataque informático mundial?\*

40

*Un anónimo especialista informático de 22 años frenó los efectos negativos del peligroso virus virtual*

Los virus informáticos son programas de cómputo malintencionados. Entre éstos resaltan los del tipo denominado *ransomware*, los cuales extorsionan a usuarios de internet secuestrando información y exigiendo pago de rescate a cambio de devolverla.

Una versión de un virus de este tipo llamado *wannacry* ("quieres llorar") atacó el viernes 12 de mayo de 2017 a cientos de miles de computadoras ubicadas en diversas partes del mundo, causando caos y pérdidas millonarias. En la Gran Bretaña, numerosos hospitales del Sistema Nacional de Salud (el equivalente al IMSS nacional) vieron afectadas sus operaciones, perjudicando a miles de pacientes<sup>1</sup>.

El ataque fue operado por un grupo de *hackers* que se hace llamar TheShadowBrokers ("los merodeadores en la sombra"), el cual aparentemente usó información sustraída ilícitamente del sistema nacional de defensa de Estados Unidos.

Los efectos del virus fueron especialmente graves en Europa y Rusia, pero cuando la amenaza se estaba extendiendo al continente americano surgió un imprevisto para los criminales. Un anónimo especialista en seguridad informática consiguió que el virus colapsara en un tiempo sorprendentemente corto.

Lo ocurrido en la reciente defensa del ciberespacio presenta semejanzas con la temática de la popular película *Osmosis Jones* (2001). En la trama del filme, un virus letal llamado *Thrax* infecta al personaje principal, interpretado por el actor Bill Murray. Ante un deceso inminente, y la poca eficiencia de las "autoridades localizadas en el cerebro", una solitaria célula inmune (*Osmosis Jones*) logra descifrar las características del virus y consigue detenerlo.

El aún anónimo especialista informático de 22 años, cuyo pseudónimo es MalwareTech, se convirtió en un equivalente al agente Jones. A pesar de que numerosos medios de prensa califican a MalwareTech como un "héroe por accidente", un análisis muestra que poco hubo de fortuito en el actuar del modesto experto.

Primeramente, MalwareTech usó 10.67 dólares de su cuenta personal para registrar (legalizar) el dominio *web* incluido en el código del virus y con ello poder examinarlo. El protocolo a seguir era:

---

\* Publicado el 15 de mayo de 2017. <http://iberomx.mx/prensa/analisis-como-logro-malwaretech-detener-el-ataque-informatico-mundial>.



- a) Identificar llamadas virtuales a dominios web no registrados para desviarlas a sitios confiables.
- b) Establecer una relación geográfica de los ataques para generar alertas oportunas.
- c) Identificar puntos débiles en el virus para neutralizarlo.

Lo que ocurrió fue que al realizarse el registro del dominio miles de computadoras a nivel mundial fueron liberadas en cuestión de segundos. Al igual que en el filme citado, la acción decisiva no provino de burocratizadas unidades de élite adscritas directamente a sectores gubernamentales, sino de la lógica y la ética de un individuo llevadas a la acción.

Inicialmente se pensó que MalwareTech había detonado una especie de interruptor de apagado del virus. Un análisis realizado por el mismo cibernauta muestra que la legalización del dominio causó una especie de toque de retirada codificado por los hackers para evitar ser rastreados por las autoridades internacionales. La activación de la orden de retirada ocurrió antes de lo previsto por TheShadowBrokers en virtud de la afortunada iniciativa individual.

El éxito de la estrategia contra el virus *wannacry* se fundamentó en razonamiento científico. De manera posterior al registro del dominio ilegal incluido en el código malicioso, MalwareTech realizó a gran velocidad pruebas con réplicas del virus utilizando enlaces con direcciones web legales e ilegales para concluir acerca de la efectividad del método de control del mismo. Al igual que el legendario Arquímedes, el especialista festejó danzando un moderno *eureka* en su área laboral al descubrir que su trabajo había sido decisivo para frenar el ataque<sup>2</sup>.

Lo ocurrido con *wannacry* es un ejemplo de cómo la preparación y la voluntad en el trabajo cotidiano pueden cobrar enorme relevancia de manera inesperada. Más allá de intereses mercantiles o políticos, el ejercicio profesional realizado de manera ética en momentos críticos da lugar a diferencias fundamentales en favor de la sociedad.

### Referencias

1. Una descripción de los efectos causados por el virus *wannacry* puede encontrarse en <http://www.bbc.com/mundo/noticias-39903218>.
2. La descripción técnica de la identificación y contención del ciberataque puede encontrarse en <https://www.malwaretech.com/2017/05/how-to-accidentally-stop-a-global-cyber-attacks.html>.



## Cultura científica y ambiental, vital para frenar contaminación en la CDMX\*

42

*Los capitalinos deben usar herramientas para entender qué está ocurriendo en su entorno*

Los capitalinos vivimos en un inmenso laboratorio atmosférico. En años recientes, se han registrado contingencias ambientales debidas a los altos niveles de ozono presentes en el aire que se respira en el Valle de México<sup>1</sup>. Algunas consecuencias indeseables de este aumento de concentraciones son la inflamación de vías respiratorias y el incremento de ataques de asma.

El monitoreo del ozono atmosférico, así como la predicción de su evolución, es un insumo muy valioso para la toma de decisiones cotidiana. A partir de febrero de 2017, la CDMX hizo público un recurso de cómputo que permite al usuario visualizar el comportamiento de los principales parámetros relacionados con el ambiente del área metropolitana<sup>2</sup>. Por desgracia, las cualidades de este sistema aún se encuentran insuficientemente difundidas por la mayoría de los medios de comunicación tradicionales.

Los parámetros atmosféricos tienen variaciones diarias muy marcadas. La capacidad de predicción precisa de sus valores muy difícilmente puede abarcar más allá de uno o dos días.

Se sabe con certeza que los niveles de ozono en las grandes urbes se disparan cuando se conjugan factores tales como temperaturas superiores a los 28 grados, ausencia de humedad, alta radiación solar y escasa presencia de vientos<sup>3</sup>.

Los valores de los niveles de contaminación y de las variables meteorológicas pueden visualizarse de manera interactiva, con casi 24 horas de anticipación, haciendo uso del sistema de pronóstico presentado en febrero de 2017.

El sistema contiene mapas dinámicos interactivos. Al ingresar en la página <http://www.aire.cdmx.gob.mx/pronostico-aire/pronostico-por-contaminante.php> se genera automáticamente una animación por zona y por hora de las concentraciones de ozono en el Valle de México en un rango de 24 horas. Las imágenes también ilustran las velocidades de los vientos con flechas que corresponden a sus magnitudes y direcciones. El programa también permite acceder a animaciones de otras variables atmosféricas (como la temperatura y humedad), correspondientes al día subsecuente a la consulta.

---

\* Publicado el 22 de mayo de 2017. <http://www.iberomexico.mx/prensa/cultura-cientifica-y-ambiental-vital-para-enfrentar-contaminacion-en-el-df>.

El sistema es un ejemplo de unión entre las ciencias básicas y la informática avanzada, con el fin de alcanzar objetivos socialmente pertinentes. Más aún, la comprensión de sus fundamentos de operación constituye una excelente puerta de entrada al área de ciencias naturales, a partir de un problema de enorme importancia. Es oportuno que los comunicadores de los medios electrónicos tradicionales dediquen espacios a la visualización y estudio de estos mapas interactivos, de manera que se contribuya a generar una cultura ambiental de fondo entre todos los capitalinos.

Es importante recordar que los creadores del sistema sugieren combinar medidas restrictivas a transportes con la reducción de actividades relativas al uso de solventes y de distribución de gas LP<sup>4</sup>. El análisis riguroso de resultados permitirá, más allá de cálculos políticos y mercantiles, ejecutar medidas que garanticen el control de contaminantes y prioricen la salud de quienes habitamos el Valle de México.

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "Olas de calor y aumento de los niveles de ozono en la CDMX: una correlación evidente", *Prensa Ibero*, 2016. <http://www.iberomx.mx/prensa/olas-de-calor-y-aumento-de-los-niveles-de-ozono-en-la-cdmx-una-correlacion-evidente>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Ciencia e informática, al servicio del aire de la CDMX", *Prensa Ibero*, 13 de febrero de 2017. <http://iberomx.mx/prensa/analisis-ciencia-e-informatica-al-servicio-del-aire-de-la-cdmx>.
3. L. Shen, L. J. Mickley y E. Gilleland, "Impact of increasing heat waves on U.S. ozone episodes in the 2050s: Results from a multimodel analysis using extreme value theory", *Geophysical Research Letters*, 43-8, pp 4017-4025, 2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016GL068432/epdf>.
4. M. Guevara *et al.*, "An emission processing system for air quality modelling in the Mexico City metropolitan area: Evaluation and comparison of the MOBILE 6.2-Mexico and MOVES Mexico traffic emissions", *Sci. Total Environ*, 584-585, pp. 882-900, abril de 2017. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717301420>.



## ¿Qué hacer ante la salida de Estados Unidos del Acuerdo de París?\*

44

*Experto de la Ibero afirma que hay solución, pero deberán multiplicarse los esfuerzos científicos e informativos*

Desde hace más de medio siglo se ha determinado con precisión la relación entre los gases de efecto invernadero generados por acciones humanas y el aumento de la temperatura global de la Tierra. Como consecuencia de estos estudios, en 2015 se firmó en París un acuerdo de cooperación internacional para reducir la producción de este tipo de gases.

Debido a factores históricos y geográficos, Estados Unidos es responsable de una importante proporción de estas emisiones, por lo que su adhesión al Acuerdo de París durante la gestión del presidente Barack Obama se celebró en todo el planeta.

El cumplimiento de las metas de los acuerdos es imperativo para prevenir catástrofes que incluyen el aumento del nivel de los mares, el derretimiento de glaciares y la extinción de numerosas especies animales y vegetales<sup>1</sup>. En este contexto, el anuncio del actual gobierno federal estadounidense de retirarse es preocupante, pues aleja al planeta de las metas que garantizarían la preservación del entorno ecológico que conocemos.

Más allá de lamentaciones estériles sobre la decisión tomada por la administración de Trump, es necesario realizar acciones que permitan hacer frente al escenario. Las proyecciones indican que en 2030 se tendrá un aumento de 1.8 gigatoneladas (miles de millones de toneladas) de dióxido de carbono arrojados a la atmósfera, adicionales a las previstas con el plan de protección ambiental del gobierno de Barack Obama<sup>2</sup>.

Con el plan Obama, las metas de los acuerdos podían cumplirse de manera ajustada, bajo el supuesto de una cooperación internacional ejemplar. En el mismo tenor, se prevé un incremento significativo de concentraciones de gas metano derivado de la actividad de la industria petrolera estadounidense.

La tecnología actual permite conocer con detalle la evolución de los principales indicadores ambientales en cualquier punto de la Tierra. Mucha de esta tecnología ha sido desarrollada exitosamente en Estados Unidos y seguirá prestando servicios a nivel mundial, a pesar del “muro informativo” promovido por la administración Trump<sup>3</sup>.

---

\* Publicado el 22 de mayo de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/cultura-cientifica-y-ambiental-vital-para-enfrentar-contaminacion-en-el-df>.

El uso de estos recursos será fundamental para superar el actual escenario adverso, pues permitirá cuantificar el éxito de nuevas iniciativas verdes desarrolladas dentro y fuera de Estados Unidos.

El cumplimiento de las metas del Acuerdo de París es aún posible a pesar de la decisión tomada por parte de la administración de Trump. Los esfuerzos deberán multiplicarse en los planos científicos e informativos, de manera que la cooperación internacional prevalezca y dé lugar a un planeta ecológicamente viable para las generaciones venideras.

45

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "2017: un año decisivo en la lucha contra el cambio climático", *Prensa Ibero*, 2 de enero de 2017. <http://www.iberomx.mx/prensa/2017-un-ano-decisivo-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico>.
2. A. Sneed, "Trump Pulls Out of Paris: How Much Carbon Will His Policies Add to the Air?", *Scientific American Newsletter*, nota actualizada el 1 de junio de 2017. <https://www.scientificamerican.com/article/trump-pulls-out-of-paris-how-much-carbon-will-his-policies-add-to-the-air>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Con 'rebelión' *underground*, científicos combaten muro informativo de Trump", *Prensa Ibero*, 31 de enero de 2017. <http://iberomx.mx/prensa/con-rebelion-underground-cientificos-combaten-muro-informativo-de-trump>.



## Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para Nuevo Modelo Educativo\*

46

*De acuerdo con estudio del BID, la mayoría de las primarias en México carece de laboratorios de ciencias*

Uno de los aspectos más encomiables del Nuevo Modelo Educativo nacional es el reconocimiento de la importancia de que niños y niñas identifiquen fenómenos naturales que incentiven su curiosidad y su deseo de responder a preguntas relacionadas con la realidad física. Para lograr este fin, en el modelo se plantea la necesidad de realizar actividades de exploración mediante investigación, análisis y experimentación.

En este contexto, la postura histórica que ha prevalecido en la educación básica nacional hacia las ciencias experimentales debe ser motivo de una intensa reflexión. De acuerdo con un estudio publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), México ha dedicado muy poco esfuerzo a la incorporación de laboratorios de ciencias en su sistema de educación básica. El estudio mencionado abarcó a 16 países de América Latina y nuestro país ocupó el lugar número 15, superando únicamente a Nicaragua (situándose muy por debajo de Chile, Colombia y Argentina).

En números redondos, de cada cien escuelas mexicanas sólo dos cuentan con un laboratorio de ciencias para tercer grado de primaria<sup>1</sup>. En las escuelas privadas localizadas en regiones urbanas el problema es ligeramente menor, pues en este subconjunto "sólo" ocho de cada 10 escuelas muestran esta carencia, mientras que en el régimen público la ausencia de estos importantes espacios educativos es prácticamente absoluta.

La sociedad mexicana parece tener arraigada la idea de que las escuelas no requieren laboratorios para que niños y niñas desarrollen curiosidad e interés para comprender su entorno. La imagen social de los laboratorios se encuentra caricaturizada y relacionada con peligros y contenidos "no aptos para menores de edad". En contraste, en los modelos educativos exitosos se valora la creatividad infantil derivada de la experimentación, y es evidente que esta última no puede realizarse apropiadamente adaptando de manera improvisada patios de recreo y salones de clase.

Un laboratorio de ciencias para primaria no necesariamente es caro, lo que en realidad se requiere es otorgar un valor real al desarrollo de la ciencia en nuestra niñez. Fenómenos relacionados con el

---

\* Publicado el 12 de junio de 2017. <http://www.iberomexico.com/prensa/indiferencia-social-la-ciencia-obstaculo-para-nuevo-modelo-educativo>. Este artículo dio lugar a la nota elaborada por el periodista José Antonio Román, del periódico *La Jornada*, "Ausencia histórica para impulsar la ciencia aleja a niños de su estudio". <http://www.jornada.com.mx/ultimas/2018/02/07/ausencia-historica-para-impulsar-la-ciencia-aleja-a-ninos-de-su-estudio-6570.html>.

cambio climático, la producción de energía limpia y la formación de patrones en la naturaleza pueden ser comprendidos y disfrutados en este nivel por medio de prácticas imaginativas de muy bajo costo, desarrolladas en espacios adecuados.

La ausencia histórica de una cultura científica escolar es un factor que ha sido capaz de alejar a niños y niñas del estudio de las ciencias naturales, al punto de crear ambientes muy poco académicos causantes de bajos desempeños y de maltrato escolar<sup>2</sup>.

En las diversas presentaciones públicas referentes al Nuevo Modelo Educativo no se ha abordado de manera explícita la forma de atender el rezago existente en laboratorios de ciencias reportado en el estudio del BID. Si bien se ha mencionado la incorporación de talleres de robótica en las escuelas, es necesario ampliar el alcance de la enseñanza de las ciencias naturales y garantizar la existencia de espacios apropiados para su desarrollo experimental.

La indiferencia social hacia las actividades científicas en la infancia aún parece prevalecer. De no atenderse de forma apropiada este importante tema, muy difícilmente se alcanzarán los objetivos planteados en el nuevo y ambicioso modelo educativo nacional.

#### Referencias

1. M. Carbol y M. Székely, "Educación para la transformación", Banco Interamericano de Desarrollo, 2012 (ver anexo 6.1, pp. 230-235). <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCUMENT=37259235>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Bullying explicaría malos resultados en prueba PISA", *Prensa Ibero*, 18 de diciembre de 2016. <http://www.prepaibero.edu.mx/prensa/lisis-bullying-explicar-malos-resultados-en-prueba-pisa>.



## ¿Por qué es complicado enseñar sobre cambio climático en Estados Unidos?\*

48

*Experto afirma que son necesarias nuevas técnicas para mostrar aspectos de la física cuántica en niveles básicos*

Ha surgido un intenso debate por la enseñanza de la ciencia del cambio climático en Estados Unidos. En los salones de clase los profesores enfrentan resistencias por parte de estudiantes en función de posturas políticas, cuyo eje de discusión es la influencia humana sobre los incrementos en la temperatura global del planeta.

Esta situación ha tenido una amplia cobertura de prensa en las últimas semanas e invita a reflexionar sobre las técnicas de enseñanza de la física inherente a este crucial problema<sup>1</sup>.

De acuerdo con un estudio publicado por la revista *Science*, meses antes de las elecciones presidenciales de 2016, únicamente 38% de los estudiantes estadounidenses de área básica recibieron información por parte de sus profesores de que el cambio climático es en gran parte resultado de las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono<sup>2</sup>. Una de las razones de ello es que los profesores deciden dedicar más tiempo a temas correspondientes a exámenes estandarizados; otra razón es la falta de recursos didácticos para mostrar el tema de manera clara.

El establecimiento de la relación entre la actividad humana y el cambio climático reviste cierta complejidad y su enseñanza implica importantes retos para el profesorado. Si bien es fácil mostrar que el dióxido de carbono atmosférico ha aumentado por la acción humana, la absorción de radiación infrarroja por las moléculas de dióxido de carbono no es un fenómeno trivial. A pesar de ello, éste es un proceso que puede visualizarse por medio de analogías y experimentos.

El incremento de la temperatura global posee semejanzas al juego infantil "quemados". Cuando los balones inciden sobre los jugadores, éstos utilizan diversas técnicas para controlarlos (cacharlos) y devolverlos en direcciones aleatorias.

La molécula de dióxido de carbono es semejante a un habilidoso participante de este juego, ya que sus características de elasticidad (modos vibracionales) y de giro (modos rotacionales) permiten atrapar a los balones (fotones infrarrojos) y enviarlos nuevamente al campo opuesto (la superficie del planeta). Echar dióxido de carbono a la atmósfera quemando carbón equivale a aumentar el número de jugadores pertenecientes al equipo oponente. En estas circunstancias, el partido se terminará perdiendo.

---

\* Publicado el 5 de julio de 2017. <http://www.iberor.mx/prensa/inicia-debate-en-escuelas-de-eu-sobre-ensenanza-del-cambio-climatico>.



Los aspectos técnicos del porqué la molécula de dióxido de carbono posee estas singulares características de interacción con la luz pertenecen al dominio de la física cuántica. Desde hace décadas se ha verificado experimentalmente que los cambios de estado de energía rotacionales y las vibraciones de las moléculas son múltiplos enteros de las energías de los fotones absorbidos y emitidos por éstas.

Este nivel de tecnicismo es una de las razones por las cuales el fenómeno aún no está bien entendido por amplios segmentos poblacionales y hace indispensable que una mayor proporción de jóvenes se acerque formalmente a las ciencias físicas y sus aplicaciones<sup>3</sup>.

El debate descrito, desarrollado en las aulas, debe superar posturas políticas. Nuevos estudios indican que nuestras sociedades tienen una ventana de sólo tres años para implementar medidas capaces de prevenir los efectos más graves del cambio climático<sup>4</sup>.

Únicamente con información y educación sobre la ciencia inherente al fenómeno se logrará garantizar la supervivencia de miles de especies biológicas y la viabilidad de numerosas comunidades humanas ubicadas en puntos de riesgo de nuestro planeta.

#### Referencias

1. Un ejemplo de este tipo de debate escolar puede encontrarse en Amy Harmon, "Climate Science Meets a Stubborn Obstacle: Students", *New York Times*, 4 de junio de 2017. <https://www.nytimes.com/2017/06/04/us/education-climate-change-science-class-students.html>.
2. E. Plutzer *et al.* "Climate confusion among U.S. teachers", *Science*, 351-6274, pp. 664-665. 12 de febrero de 2016. <http://science.sciencemag.org/content/351/6274/664>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático". *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.
4. C. Figueres *et al.* "Three years to safeguard our climate", *Nature*, 546, pp. 593-595, 29 de junio de 2017.



## Aritmética básica sugiere rezago de 74% en salario mínimo\*

*Una fórmula simple y cifras oficiales, al alcance de cualquier persona, pueden explicar fenómenos complejos de economía*

50

Datos incluidos en un reciente estudio del Banco de México muestran que alrededor de 14% de la población económicamente activa del país percibe menos de un salario mínimo<sup>1</sup>. Esto significa que alrededor de ocho millones de mexicanos reciben dicha remuneración laboral (ver Figura 1).

De acuerdo con la fracción 6 del artículo 123 de la Constitución mexicana, "los salarios mínimos generales deberán ser suficientes para satisfacer las necesidades normales de un jefe de familia, en el orden material, social y cultural, y para proveer a la educación obligatoria de los hijos. Los salarios mínimos profesionales se fijarán considerando, además, las condiciones de las distintas actividades económicas".

Si bien es evidente que el valor del salario mínimo actual es insuficiente para cumplir con el requerimiento constitucional, resulta útil calcular el monto del rezago con base en indicadores oficiales vigentes y utilizando elementos de razonamiento matemático elemental. Esta línea de pensamiento puede ser compartida en niveles educativos de nivel básico.

La estimación únicamente requiere de los costos de la canasta básica alimentaria y de la proporción del ingreso que se utiliza en el consumo de alimentos. Un modelo difundido por la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco), basado en los hábitos de consumo nacionales indica que 34% del gasto mensual de los hogares se orienta al consumo de alimentos (ver Figura 2)<sup>2</sup>.

Por otro lado, de acuerdo con la Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el costo oficial de la canasta alimentaria básica mensual urbana para una sola persona es de 1,422 pesos mensuales (ver Figura 3)<sup>3</sup>.

Si se considera que el salario mínimo actual (2017) es de 80.04 pesos por jornada de trabajo (2,401.02 pesos por 30 días), resulta que el jefe de familia dispone de 814.4 pesos mensuales para atender a sus necesidades alimentarias. Esto es inconsistente con el marco constitucional por un margen mayor o igual a 607.06 pesos. El equivalente a no comer durante 12 días cada mes.

Las ideas anteriores llevan al establecimiento de una expresión matemática simple que permite establecer el porcentaje de aumento salarial requerido constitucionalmente (la fórmula propuesta es válida para el modelo nacional planteado por la Profeco).

---

\* Publicado el 7 agosto de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/aritmetica-basica-sugiere-rezago-de-74-en-salario-minimo>. El presente artículo se basa en el contenido de la conferencia "Modelos matemáticos en la economía familiar", presentada por el autor en la Biblioteca Vasconcelos el 4 de agosto de 2017 (Ciclo Vive con las Matemáticas).

En términos actuales, el ingreso mínimo del trabajador debe ser de 4,183 pesos mensuales, de forma que 34% de su salario se dedique a la manutención. Sí 'a' corresponde a esa cantidad, 's' es el salario mínimo actual y 'p' es el porcentaje necesario para alcanzar este monto, entonces  $p=100(a-s)/s$ . Substituyendo  $a=4183$  y  $s=2401.2$  se obtiene que 'p' corresponde a 74.21%. De acuerdo con este modelo, conciliar el salario mínimo con la Constitución en un solo año requeriría aumentar el salario mínimo en una cantidad de 1,781.89 pesos.\*

Es interesante observar que, dentro de los documentos de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (Conasami) publicados el 1 de agosto de 2017, el sector patronal (representado por Coparmex) ha hecho pública la intención de garantizar el cumplimiento del requerimiento constitucional referido a salarios mínimos para el año 2030<sup>4</sup>. Ello implica un compromiso gradual de aumento real del orden de 6% al año, y sin impacto inflacionario.

Si bien el escenario de recuperación paulatina del salario mínimo es consistente con el modelo aritmético expuesto líneas arriba, el rezago actual da lugar a un alarmante éxodo migratorio y a graves problemas de seguridad interna relacionados con la delincuencia organizada.

Es importante observar que las matemáticas aquí utilizadas para obtener conclusiones de alta pertinencia social no son sofisticadas. Únicamente se requiere del uso de las cuatro operaciones básicas y de la sustitución de datos utilizando información accesible de manera pública. Este tipo de práctica puede emplearse en escuelas y hogares, de manera que la matemática financiera forme parte del acervo cultural de la población, trascendiendo a la imagen tradicional de disciplina abstracta que actualmente impera en nuestro país.

### Población Ocupada Remunerada Distribuida según su Ingreso en Salarios Mínimos (S.M.)<sup>1/</sup>

#### Estructura Porcentual

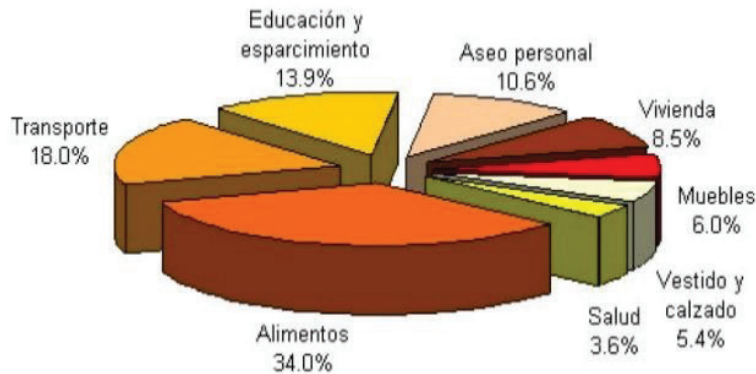


1/ No considera a los trabajadores que no reciben ingresos y a los no especificados.  
Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo.

Figura 1: Ingreso en salarios mínimos de la población de México de acuerdo a encuesta del INEGI

\* La cifra actualizada a 2019 es de 102.68 pesos.

**Distribución del gasto mensual en los hogares**



Fuente: ENIGH2004/INEGI

Figura 2: Distribución de gastos en un hogar promedio en México

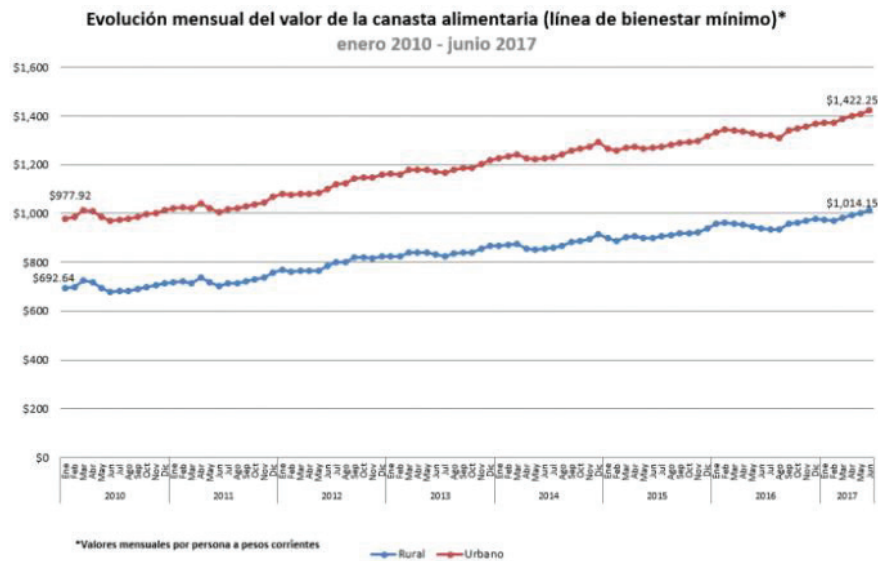


Figura 3: Incremento del costo de la canasta alimentaria en el periodo 2010-2017

Referencias

1. Banco de México, "Principales indicadores salariales en México", 2009. <https://docplayer.es/1438254-Principales-indicadores-salariales-en-mexico.html>.
2. Carlos E. García, "Brújula de compra de Profeco: con moderación es mejor", 26 de abril de 2006. [https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2006/bol15\\_con\\_moder1.asp](https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2006/bol15_con_moder1.asp).
3. Comisión Nacional de Evaluación de la política de desarrollo social, "Evolución de las líneas de bienestar y de la canasta alimentaria", 2017. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>.
4. Comisión Nacional de Salarios Mínimos, "Informe Mensual del Comportamiento de la Economía, julio de 2017". <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244594/X-SalariosMinimos-julio2017.pdf>.

## ¿Quién fue la matemática que hizo posibles los vuelos supersónicos?\*

*Cathleen Morawetz, quien falleció a los 94 años, derribó estereotipos de género en las áreas de matemáticas aplicadas e ingeniería aeronáutica*

53

¿Para qué sirven las matemáticas?, ¿tienen relación las matemáticas abstractas con aplicaciones valiosas para la vida real? Un vistazo a la vida de Cathleen Synge-Morawetz, quien falleció el 8 de agosto de 2017 a los 94 años de edad, permite elaborar algunas respuestas sólidas a estas preguntas. Esta talentosa matemática también derribó estereotipos relacionados con las posibilidades de éxito en carreras científicas desarrolladas por mujeres.

Las aportaciones de Synge-Morawetz se ubican en el área de conocimiento denominada dinámica de fluidos<sup>1</sup>. Las matemáticas necesarias para comprender el comportamiento de líquidos y gases incluyen expresiones formales llamadas "ecuaciones diferenciales parciales", cuya solución permite establecer los valores de velocidades, presiones y temperaturas de vientos en distintas regiones del espacio. Resolver este tipo de ecuaciones es desafiante, pues su estructura impide el establecimiento de fórmulas elementales como las que aparecen en los cursos básicos de física.

Cuando un avión alcanza la velocidad del sonido, el aire alrededor de las alas entra en un régimen inestable. En términos técnicos, se dice que las diferencias en densidad y presión dan lugar a ondas de choque. Los fuertes cambios de presión tienen un efecto de tipo explosivo e implican un riesgo para la estabilidad del aeroplano.

Cuando Synge-Morawetz aplicó sus habilidades al problema, demostró matemáticamente que es imposible establecer un diseño que impida que se genere este tipo de ondas alrededor de la aeronave, pero al mismo tiempo estableció el camino para amortiguar los efectos de este fenómeno. Con el tiempo, su obra resultó fundamental para que los aviones más sofisticados lograran alcanzar velocidades récord y con ello se fortaleciera decisivamente a la industria aeronáutica mundial.

Logró potenciar sus talentos profesionales como profesora en la Universidad de Nueva York, recibiendo numerosos reconocimientos que tradicionalmente eran otorgados a varones.

Cuando Synge-Morawetz recibió la Medalla Nacional de Ciencias en Estados Unidos, compartió una reflexión acerca de la tendencia social existente en su juventud sobre criticar la "ambición" de las mujeres por desarrollar sus talentos profesionales. En aquella ocasión, expresó su simpatía

---

\* Publicado el 16 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/quien-fue-la-matematica-que-hizo-posibles-los-vuelos-supersonicos>.

por los movimientos feministas de los años sesenta tendientes a superar los estereotipos sobre el rol que cada género debía desarrollar en la sociedad<sup>2</sup>.

**54** A pesar de que el ejemplo de esta matemática se ha reproducido ampliamente en los países desarrollados, aún existe un largo camino por recorrer para que países como México superen modelos arcaicos existentes en numerosos ámbitos familiares. La ejemplar trayectoria académica y personal de Cathleen Synge-Morawetz representa una excelente oportunidad de reflexión sobre los escenarios de aplicación de las matemáticas abstractas y sobre la participación de la mujer interesada en el desarrollo de las mismas.

### Referencias

1. American Mathematical Society News, "Cathleen Synge-Morawetz, 1923-2017", 9 de agosto de 2017. [http://www.ams.org/news?news\\_id=3647](http://www.ams.org/news?news_id=3647).
2. Society for Industrial and Applied Mathematics News, "Morawetz Receives National Science Medal", 22 de enero de 1999. <https://archive.siam.org/news/news.php?id=704>



## Planea 2017 refleja indiferencia social hacia las matemáticas\*

*Los resultados muestran un estancamiento de 20 años en competencias algebraicas a nivel bachillerato*

55

Los resultados siguen siendo lamentables. En 2016 la prueba PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) mostró que México posee un rezago de al menos dos años en el área de matemáticas a nivel secundaria<sup>1</sup>.

En este contexto, el informe presentado el lunes 18 de septiembre de 2017 por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) sobre el examen Planea (nombrado así por formar parte del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes) indica un panorama muy similar para quienes egresan de los bachilleratos<sup>2</sup>. Estos hechos deben ser motivo de una seria reflexión por parte de la sociedad mexicana.

El tema del bajo nivel educativo que agobia al país regresará durante unas semanas a las mesas de análisis en diversos medios de comunicación. Se realizarán declaraciones y se señalarán supuestos responsables individuales. Sin embargo, en realidad existe una corresponsabilidad social en los orígenes del problema. En palabras del doctor Leopoldo García-Colín Scherer: "En México nunca ha habido un verdadero interés ni por parte del Estado ni por parte de la sociedad civil en el cultivo del conocimiento"<sup>3</sup>.

En la mayoría de los bachilleratos, la excesiva burocratización de la docencia limita la creatividad en el área de matemáticas. El afán de obtener evidencias que permitan a las instancias supervisoras "palomear" las actividades desarrolladas en las aulas crea una camisa de fuerza invisible en numerosos cursos escolares. Para colmo, se suele desligar a la disciplina matemática de sus implicaciones sociales.

El retraso en la formación de los estudiantes de bachillerato se traduce en la necesidad de implementar actividades remediales maratónicas durante los primeros semestres de las licenciaturas. Irónicamente, las presiones del mercado han generado una reducción en la duración de la mayoría de los planes de estudio profesionales.

Ello plantea un reto formidable para las instituciones de educación superior. En estas batallas "semiquijotescas" no sólo se pretende subsanar deficiencias, sino también se busca despertar alegría por el estudio, trascendiendo al mero objetivo de obtener una calificación.

---

\* Publicado el 19 de septiembre de 2017. <http://www.iberomex.mx/prensa/planea-2017-refleja-indiferencia-social-hacia-las-matematicas-experto>.

Para que este tipo de lucha rinda frutos es indispensable una comprensión genuina de la importancia de las matemáticas para el desarrollo de las actividades humanas contemporáneas. Las matemáticas permiten establecer verdades no evidentes con alto valor social. A pesar de ello, la sociedad mexicana sigue muy lejos de incorporar a esta disciplina como parte de su tradición cultural<sup>4</sup>. Esta transformación es indispensable para sentar las bases de un país maduro, que sea capaz de alcanzar sus metas de manera razonada, crítica y solidaria.

### Referencias

1. "México, sin avances en matemáticas, lectura y ciencia en una década", *La Jornada*, 6 de diciembre de 2016. <https://www.jornada.com.mx/2016/12/06/sociedad/040n1soc>.
2. El comunicado del INEE referente a la prueba Planea 2017 para educación media superior puede encontrarse en: <http://www.inee.edu.mx/images/stories/2017/comunicados/Comunicado-81b.pdf>.
3. Raúl Olvera Mijares, "La diferencia entre fomentar el arte o la ciencia: conversando con Leopoldo García-Colín Scherer y Carlos Chimal", *Revista Replicante*, 16 marzo de 2014. <https://revistareplicante.com/la-diferencia-entre-fomentar-el-arte-o-la-ciencia>.
4. Alfredo Sandoval Villalbaz, "Bullying explicaría malos resultados en prueba PISA", *Prensa Ibero*, 18 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/lisis-bullying-explicar-malos-resultados-en-prueba-pisa>





## Catástrofes sugieren nuevos escenarios de enseñanza en primarias\*

*Las tragedias se pueden transformar en una oportunidad de desarrollo de las ciencias naturales*

57

Hace cinco años, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) mostró en un estudio que México se ha rezagado en el uso de laboratorios de ciencias en su sistema de educación básica. Dieciséis países de América Latina formaron parte del estudio mencionado y nuestro país ocupó el lugar 15.

Las cifras recabadas por el BID indican que de cada cien primarias mexicanas sólo dos cuentan con laboratorios de ciencias naturales<sup>1</sup>. La carencia de espacios apropiados para realizar experimentos ha impactado negativamente en el desarrollo de competencias científicas de varias generaciones de mexicanos y ha sido una de las causas de una alarmante indiferencia social hacia las ciencias duras<sup>2</sup>.

Los huracanes y terremotos de 2017 hacen evidente la necesidad de profundizar sobre los fenómenos naturales y sobre los límites de su predictibilidad. Una combinación cuidadosamente planeada de videos, notas periodísticas y experimentos imaginativos puede transformar positivamente el panorama de la enseñanza de las ciencias naturales en nuestro país.

Numerosas escuelas primarias deberán ser demolidas a causa de los terremotos de septiembre de 2017. A pesar de la tragedia, la reconstrucción total de un plantel educativo plantea oportunidades de renovación, las cuales pueden incluir el establecimiento de nuevos espacios para realizar actividades prácticas en el área de ciencias naturales. Es un hecho que la ejecución de experimentos favorece el desarrollo de competencias analíticas indispensables para comprender los fenómenos físicos.

Un laboratorio de ciencias para primaria no requiere de gastos exorbitantes. Desde hace años se han formalizado propuestas realistas de prácticas de laboratorio a nivel básico<sup>3</sup>. Fenómenos relacionados con el cambio climático, los movimientos de la Tierra y la electricidad pueden estudiarse en espacios apropiados, utilizándose materiales de bajo costo y equipo elemental resguardado en almacenes escolares simples.

Entre las numerosas opciones de prácticas a realizar resalta la reproducción a escala de sismos. La adaptación de un motor en movimiento a una superficie dada permite simular el efecto de un terremoto. En las escuelas se pueden realizar variaciones de este fenómeno modificando el medio en el cual se transmiten las vibraciones (se puede utilizar agua, arcilla o gelatina).

---

\* Publicado el 3 de octubre de 2017. <http://www.iberomexico.mx/prensa/analisis-catastrofes-sugieren-nuevos-escenarios-de-ensenanza-en-primarias>.

Las observaciones sobre los efectos en las superficies debidos al tipo de material transmisor permiten comprender lo que ocurre en el Valle de México durante los movimientos telúricos. Adicionalmente, el funcionamiento de una alarma sísmica también puede ser reproducido en un laboratorio.

- 58** México aún se encuentra superando numerosos desastres naturales ocurridos durante el 2017. La comprensión de este tipo de fenómenos por parte de las nuevas generaciones contribuirá a crear una cultura de prevención basada en el conocimiento científico. El acercamiento práctico de la niñez a la ciencia es indispensable para enfrentar los retos que el siglo XXI plantea para nuestro país.

### Referencias

1. M. Carbol y M. Székely, "Educación para la transformación", Banco Interamericano de Desarrollo, 2012 (ver anexo 6.1, pp. 230-235). <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getDocument.aspx?DOCNUM=37259235>
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para el Nuevo Modelo Educativo", *Prensa Ibero*, 12 de junio de 2017.  
<http://www.iberomexico.com/prensa/indiferencia-social-la-ciencia-obstaculo-para-nuevo-modelo-educativo>
3. S. A. Alaniz Álvarez y A. F. Nieto Samaniego, *Experimentos simples para una Tierra complicada*, Centro de Geociencias, México, UNAM, 2011.



## Premio Nobel de Física, ondas gravitacionales y cine\*

*En los filmes Contacto e Interestelar, Kip Thorne, uno de los galardonados con el Premio Nobel de Física en 2017, recrea situaciones físicamente posibles para aprovechar las contracciones y estiramientos del espacio-tiempo, y con ello viajar a estrellas lejanas en tiempos muy cortos*

59

¿Con qué rapidez se propaga la gravedad?, ¿en qué se parecen la gravedad y la luz? Aunque todos estamos familiarizados con oscilaciones mecánicas y electromagnéticas, rara vez discutimos sobre los orígenes de los campos gravitacionales y sus propiedades fundamentales.

La llamada ley de gravitación universal de Newton es insuficiente para responder a las preguntas arriba planteadas. La fórmula matemática que se menciona en los cursos básicos de física considera las masas de los objetos y su distancia de separación, pero no hace referencia al tiempo que tarda en propagarse una señal gravitacional a través del espacio.

Albert Einstein hizo notar que la idea de Newton de una “gravedad instantánea” era artificial y dedicó cerca de una década de su vida a extender su teoría especial de la relatividad al ámbito de los campos gravitacionales.

Como resultado de sus trabajos de investigación, Einstein logró establecer la teoría general de la relatividad, en la cual la gravedad es descrita como una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo, causada por objetos masivos. Esta teoría predice la existencia de agujeros negros, la desviación de la luz cerca de las estrellas y el fenómeno de compresión, y estiramiento del espacio-tiempo correspondiente a la propagación de señales por medio de ondas.

Casi cien años después de los trabajos originales de Einstein, y con base en un titánico esfuerzo experimental, se realizó la primera detección directa de las ondas gravitacionales predichas por la teoría general de la relatividad. El Premio Nobel de Física 2017 se les concedió de manera conjunta a Rainer Weiss, Barry Barish y Kip Thorne, por sus importantes contribuciones a la detección de este tipo de ondas.

Weiss y Barish son líderes del Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría Láser (LIGO, por sus siglas en inglés), institución responsable del descubrimiento. Por su parte, Thorne es uno de los científicos fundadores de LIGO y un extraordinario difusor de la física relativista.

En términos generales, la observación que dio lugar al reconocimiento correspondió al registro de un minúsculo temblor provocado por la radiación gravitacional generada por la colisión de dos

---

\* Publicado el 4 de octubre de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/asesor-cientifico-de-las-peliculas-contacto-e-interestelar-uno-de-los-ganadores-del-nobel-de-fisica>.

agujeros negros situados a una enorme distancia de nuestro planeta. La alta tecnología de LIGO permitió identificar la firma particular de este tipo de microtemblores, diferenciándola de otras posibles fuentes terrestres o astrofísicas.

60 La relevancia de este descubrimiento ha sido anticipada por Thorne en la literatura científica formal y en ámbitos futuristas como los planteados en las películas *Contacto* (Robert Zemeckis, 1997) e *Interestelar* (Christopher Nolan, 2014). Dado que las ondas gravitacionales poseen características semejantes a las ondas electromagnéticas, éstas pueden ser absorbidas, dispersadas, enfocadas y procesadas. Estas semejanzas sugieren la posibilidad de que las ondas gravitacionales sean una consecuencia de la existencia de "gravitones" o "cuantos de gravedad"<sup>1</sup>.

En los filmes arriba citados, Thorne participó como asesor científico, recreando situaciones físicamente posibles para aprovechar las contracciones y los estiramientos del espacio-tiempo, y con ello viajar a estrellas lejanas en tiempos muy cortos. La detección directa de ondas gravitacionales constituye un paso más en el largo camino hacia el desarrollo de tecnologías como las propuestas por Thorne en el cine y la literatura contemporáneos<sup>2</sup>.

A pesar de que el desarrollo de aplicaciones prácticas de las ondas gravitacionales puede tomar décadas, el conocimiento generado por el hallazgo es valioso y tan relevante como en su momento lo fue la comprensión de las ondas electromagnéticas.

## Referencias

1. K.S. Thorne, "Gravitational radiation", en S. W. Hawking y W. Israel (ed.), *Three Hundred Years of Gravitation*, Nueva York, Cambridge University Press, 1987.
2. K.S. Thorne, *The Science of Interstellar*, Nueva York, W. W. Norton & Company, 2014.



## Persiste sesgo de género en ciencias físicas\*

*Estudio revela que varones son reacios a compartir datos experimentales con sus colegas investigadoras*

61

Uno de los casos más lamentables en la historia de la física es el de la científica china Chien-Shien Wu, quien desarrolló extraordinarios experimentos relacionados con decaimientos nucleares, y en un momento dado compartió sus resultados con sus colegas varones, los físicos Chen Ning Yang y Tsung-Dao Lee.

Increíblemente, el comité Nobel de Física otorgó su prestigiado reconocimiento sólo a Yang y a Lee, ignorando a Wu. Para la comunidad científica de la época fue evidente que sin la labor y apertura de Wu hubiera sido imposible identificar la llamada “no conservación de la paridad”, un rompimiento de simetría presente en las reacciones nucleares cuyo descubrimiento fue motivo del Premio Nobel de Física de 1957. Wu no recibió jamás el prestigioso premio, a pesar de haber sido nominada en siete ocasiones a partir de 1958<sup>1</sup>.

En pleno siglo XXI, las cosas no han cambiado de manera significativa. No sólo no se ha otorgado el Premio Nobel de Física a una mujer desde 1964, sino que los datos experimentales siguen manejándose de manera discrecional por parte de una importante proporción de investigadores varones. Un estudio publicado en la revista *Nature* el 10 de octubre de 2017 muestra que numerosos científicos ignoran sistemáticamente solicitudes de datos provenientes de sus colegas del sexo femenino<sup>2</sup>.

En dicho estudio, la colaboración entre investigadores se clasificó en acciones de “baja inversión de tiempo”, como el envío de artículos ya publicados, y de “alta inversión de tiempo”, compartiendo resultados de laboratorio conducentes a descubrimientos.

El estudio reveló un comportamiento ejemplar para las colaboraciones del primer tipo y una notoria inequidad para el segundo. De los datos recabados se concluye que existe una práctica grupal que fomenta la colaboración entre hombres, excluyendo a las mujeres de información de alta relevancia en la investigación experimental. La apertura mostrada por investigadoras como Wu no ha sido reproducida por sus contrapartes del sexo masculino. Este tipo de prácticas no favorece el acercamiento de la mujer a la investigación científica.

En nuestro país, la situación referente a la cantidad de investigadoras sigue siendo alarmante. De acuerdo con datos oficiales, existen alrededor de 27 mil integrantes del Sistema Nacional de In-

---

\* Publicado el 17 de octubre de 2017. <http://www.iberor.mx/prensa/analisis-persiste-sesgo-de-genero-en-ciencias-fisicas>.

investigadores (hombres y mujeres) en el país, aproximadamente 4,320 poseen adscripción al área físico-matemática y, de esta cifra, cerca de 20% corresponde a mujeres. En México existen menos de 900 investigadoras nacionales en el área de ciencias físico-matemáticas, lo cual representa una proporción de menos de una por cada cien mil habitantes<sup>3</sup>.

- 62** El estudio de la naturaleza debe caracterizarse por la integridad y la transparencia de quienes son responsables de su realización. El reconocimiento de malas prácticas como las realizadas por el comité Nobel en el caso de Chien-Shien Wu y presentes en los casos identificados por el reciente estudio publicado en *Nature* deben traducirse en acciones decididas que permitan erradicar de manera definitiva los sesgos de género en la investigación científica contemporánea.

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Pendiente, equidad de género en el Premio Nobel de Física", *Prensa Ibero*, 19 de octubre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/pendiente-equidad-de-g-nero-en-el-premio-nobel-de-f-sica>.
2. J. J. M. Massen, L. Bauer, B. Spurny, T. Bugnyar y M. E. Kret, "Sharing of science is most likely among male scientists", *Nature*, 7-12927, 10 de octubre de 2017. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-13491-0>.
3. Carlos E. Rodríguez, "El Sistema Nacional de Investigadores en Números", Foro Consultivo Científico y Tecnológico A. C., 2016. [http://www.foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/SNI\\_en\\_numeros.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/SNI_en_numeros.pdf).



## México, estancado en porcentaje del PIB que destina a investigación y desarrollo

*UNESCO muestra cuadro de inversión destinada a ciencia a nivel mundial: nuestro país, a la par de Tanzania, Uganda, Senegal y Botswana*

63

De acuerdo con estadísticas publicadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), México dedica únicamente 0.5% de su producto interno bruto (PIB) a las áreas de investigación y desarrollo. Esta proporción es idéntica a la reportada por esta organización para los países africanos de Tanzania, Uganda, Senegal y Botsuana<sup>1</sup>. Comparativamente, países como Israel, Corea del Sur, Japón, Dinamarca, Finlandia y Suecia orientan más de 3% de su PIB a este importante rubro (ver Figura 1). 3.2 de cada 100 dólares de riqueza en Finlandia se canalizan a investigación y desarrollo, mientras que en México sólo 50 centavos de dólar por cada 100 se destinan a estas importantes áreas.

No proporcionar a la ciencia el lugar que merece en la sociedad se traduce en dependencia tecnológica, bajos salarios y altos niveles de pobreza. En México, un primer paso para superar esta situación es asegurar que se cumpla estrictamente la Ley de Ciencia y Tecnología vigente, la cual en su artículo 9 bis establece que: "El monto anual que el Estado —Federación, entidades federativas y municipios— destinen a las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, deberá ser tal que el gasto nacional en este rubro no podrá ser menor al 1% del producto interno bruto del país mediante los apoyos, mecanismos e instrumentos previstos en la presente ley".

Para que se cumpla con esta norma, debe duplicarse la proporción del PIB destinada a las áreas de investigación y desarrollo nacionales. La Ley de Ciencia y Tecnología fue publicada originalmente el 5 de julio de 2002 y 15 años más tarde su cumplimiento aún se encuentra como una asignatura pendiente en México<sup>2</sup>.

Al examinarse con detalle los datos reportados por la UNESCO sobre investigación y desarrollo en México, es posible identificar al menos tres aspectos más que requieren atención urgente. El primero corresponde al número de investigadores que laboran en territorio nacional, el segundo a la distribución por género de los mismos y el tercero a la participación de diferentes actores sociales para ofrecer recursos para investigación y desarrollo.

México cuenta actualmente con 241 investigadores nacionales (miembros del SNI) por cada millón de habitantes. De esta cifra, 67% son varones y únicamente 33% son mujeres. Adicionalmente, sólo 30% del gasto en investigación y desarrollo del país proviene del sector privado comercial, mientras que 38% proviene del gobierno y 26% de las universidades (el resto corresponde al sector privado sin fines de lucro).

Países relativamente desconocidos para nosotros como Malasia tienen un poco más de dos mil investigadores por cada millón de habitantes. En contraste con México, Malasia cuenta con 49% de mujeres realizando labores formales de investigación de alto nivel. La participación del sector privado comercial en investigación y desarrollo es de 45.9%, 45.8% corresponde a las universidades y únicamente el 8% está ubicado en el sector gubernamental.

Hace algunos años, el doctor Leopoldo García-Colín Scherer, Premio Nacional de Ciencias 1988, señaló dos premisas básicas aplicadas exitosamente en países como Corea del Sur, Japón y Singapur para incentivar el desarrollo científico y tecnológico de un país<sup>3</sup>:

- La inversión pública y privada en educación y en el sistema de investigación y desarrollo es indispensable para la generación de los conocimientos requeridos para producir y exportar productos de alto valor agregado.
- Una base de conocimientos amplia y actualizada en las llamadas ciencias duras es fundamental en la construcción de sociedades contemporáneas independientes y solidarias. Una inversión sostenida y sustentable en educación científica es requerida para la edificación de economías justas e intensivamente ligadas al saber.

La ausencia histórica de una cultura científica en nuestro país es un factor que ha sido capaz de alejar a la juventud del estudio de las ciencias naturales, al punto de crear una notoria carencia de recursos humanos dedicados a las áreas de investigación y desarrollo<sup>4</sup>. Las cifras muestran que la indiferencia social hacia la ciencia en México aún prevalece. De no atenderse de forma apropiada este importante tema, será imposible garantizar la viabilidad de nuestra sociedad durante el resto del siglo XXI.

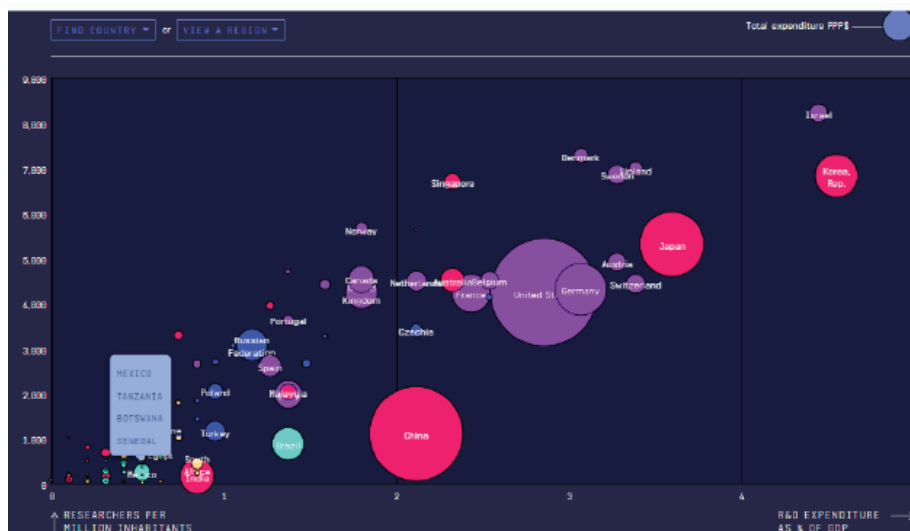


Figura 1. UNESCO muestra cuadro de inversión destinada a ciencia a nivel mundial: nuestro país, a la par de Tanzania, Uganda, Senegal y Botswana. El eje horizontal corresponde a la proporción del PIB de cada país para investigación y desarrollo; el eje vertical corresponde al número de investigadores por cada millón de habitantes.  
<http://uis.unesco.org/apps/visualisations/research-and-development-spending/>



## Referencias

1. Las estadísticas de inversión en Investigación y Desarrollo proporcionadas por la UNESCO se encuentran en <http://uis.unesco.org/apps/visualisations/research-and-development-spending>
2. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, Ley de Ciencia y Tecnología, *Diario Oficial de la Federación*, 5 de junio de 2002 (última Reforma DOF 08-12-2015). [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242\\_081215.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf).
3. Leopoldo García-Colín Scherer, *La ciencia y el Estado*, México, Acervo del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, 2010. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2873/11.pdf>
4. A. Sandoval-Villalbazo, "Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para Nuevo Modelo Educativo", *Prensa Ibero*, 12 de junio de 2017. <http://www.iberomexico.com/prensa/indiferencia-social-la-ciencia-obstaculo-para-nuevo-modelo-educativo>.



## Totalitarismo en internet carece de futuro\*

*Gigantes informáticos se adhieren a movimientos en favor de la neutralidad de la red*

66 El 10 de junio de 1963, John F. Kennedy pronunció uno de los discursos más famosos de la historia contemporánea. En dicha intervención, Kennedy enfatizó que la convivencia pacífica entre las personas no puede basarse en el uso de la fuerza, sino en la consideración de intereses comunes y en la prevalencia de la diversidad. Hoy estas ideas cobran especial significado al considerarse la situación por la que atraviesa internet.

La red surge en un ámbito científico a partir de la necesidad de compartir datos e intercambiar ideas de manera libre. Con el tiempo, este recurso se convirtió en un enorme facilitador de actividades, que van desde la realización de una transferencia bancaria, hasta la convivencia en tiempo real con familiares que pueden encontrarse a miles de kilómetros de distancia. Internet es una fuente invaluable de información para miles de millones de personas en el planeta, y ha hecho obsoletos a modelos tradicionales de comunicación y publicidad basados en la televisión tradicional.

La primavera árabe sorprendió a gobiernos totalitarios que terminaron derrumbándose como resultado de un internet libre, que en momentos decisivos permitió la organización de movimientos sociales eficientes y bien informados. Asimismo, los hábitos de consumo de las poblaciones han cambiado gracias a la red, provocándose una revolución comercial que ha puesto en jaque a mercados que hace algunos años parecían intocables. No es de extrañar que numerosos poderes fácticos estén intentando controlar internet haciendo uso de la fuerza económica.

Las disposiciones de numerosos gobiernos para controlar a la red equivalen al cobro de un derecho de piso y a la generación de cuotas extras impuestas por proveedores para tener acceso rápido a servicios básicos. Más aún, nuestros datos personales son subastados al mejor postor para que éste pueda adquirir ventajas competitivas en un mercado turbulento anticipándose a su competencia, de manera desleal, con base en información privilegiada<sup>1</sup>.

Algoritmos de inteligencia artificial mal encaminados, sumados a las regulaciones legales, amenazan a la integridad de la red, intentando convertirla en un ente predecible al servicio de las grandes fuerzas políticas y económicas. Afortunadamente, es extremadamente improbable que estas iniciativas puedan prosperar.

Es evidente que las disposiciones legales que intentan limitar el acceso a recursos de la red por medio de cobros artificiales están condenadas al fracaso. Este hecho ha sido comprendido por

---

\* Publicado el 9 de enero de 2018. <http://www.iberomex.com/prensa/totalitarismo-en-internet-carece-de-futuro>.

gigantes informáticos tales como Amazon, Google y Facebook, que recientemente han anunciado que se sumarán a los movimientos que se oponen a la eliminación de la neutralidad de la red<sup>2</sup>.

Más allá de una postura mediática, el anuncio corresponde a una comprensión de la esencia de internet, cuya dinámica obedece certezas matemáticas derivadas de la teoría de información. La complejidad derivada del proceso de toma de decisiones de los miles de millones de usuarios de internet hará imposible hacer de la red un universo orwelliano.

67

En el clímax de su discurso de 1963, Kennedy mencionó que todos los seres humanos habitamos el mismo planeta, todos respiramos el mismo aire, todos valoramos el futuro de nuestros hijos y todos somos mortales. La realización de objetivos por parte de los seres humanos requiere equidad, información legítima y libertad en la toma de decisiones. La batalla por la neutralidad de internet se ha convertido en un parteaguas de carácter histórico cuyo desenlace es plenamente previsible.

### Referencias

1. "Qué es la neutralidad de internet y por qué importa que Estados Unidos haya acabado con ella", Redacción BBC Mundo, 14 de diciembre de 2017. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42347631>. 2
2. El comunicado de la Asociación de Internet que agrupa a los gigantes informáticos se encuentra en <https://internetassociation.org/statement-restoring-internet-freedom-order>.



## ¿Por qué preocupa la ausencia de un asesor científico en la Casa Blanca?\*

68

En mayo de 1976, el Congreso estadounidense estableció la Oficina de Ciencia y Tecnología de la Presidencia (OSTP) como un medio para asegurar que tanto las políticas de desarrollo a largo plazo, como las decisiones rápidas en casos de crisis, cuenten con un sustento científico apropiado. La creación de la OSTP formalizó una tradición iniciada por Franklin D. Roosevelt en virtud de la cual el presidente de Estados Unidos ha contado con un asesor científico personal altamente calificado.

Si bien los presidentes republicanos tradicionalmente realizan el nombramiento del titular de la OSTP con menos prontitud que los presidentes demócratas, el caso del presidente Donald Trump ha resultado extremo. A más de un año de su toma de posesión, el actual titular del poder ejecutivo de Estados Unidos sigue dejando vacante el puesto, siendo el presidente de dicho país que más ha tardado en nombrar a su asesor científico (ver Figura 1)<sup>1</sup>. Este hecho es una muestra más de que la relación entre la comunidad científica de Estados Unidos y su gobierno federal es distante y muy poco satisfactoria... y ello es preocupante<sup>2</sup>.

Imaginemos un mundo en el cual se hubiera ignorado el efecto de los aerosoles sobre la capa de ozono estratosférico. Sin este escudo natural, los rayos ultravioleta procedentes del Sol hubieran afectado seriamente a la mayor parte de los seres vivos existentes en la superficie de la Tierra<sup>3</sup>.

Es pertinente recordar que fue desde los gobiernos conservadores de Margaret Thatcher y Ronald Reagan cuando se impulsó de manera decidida el protocolo de Montreal, gracias al cual se contó con un marco legal que evitó una tragedia planetaria de proporciones apocalípticas. La primera ministra Thatcher contaba no sólo con una formación científica sólida (estudió la licenciatura en química), sino con la asesoría de profesores expertos que le proporcionaron la asesoría apropiada<sup>4</sup>. Es evidente que la protección al planeta puede y debe trascender a las diferencias políticas entre liberales y conservadores.

Los riesgos derivados del aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra han sido minimizados por el presidente de la nación más poderosa del planeta. La ausencia de un asesor científico en la Casa Blanca constituye un vacío que favorece la prevalencia de intereses económicos, en una etapa crítica en el combate del calentamiento global.

Todo gobierno debe apoyarse en el conocimiento científico para sustentar planeaciones y para garantizar la seguridad de su población ante eventos potencialmente destructivos. Sólo en la medida en que el conocimiento científico sea aprovechado y orientado hacia el ser humano por

---

\* Publicado el 7 de febrero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/por-que-preocupa-la-ausencia-de-un-asesor-cientifico-en-la-casa-blanca>. A modo de actualización, es importante decir que no fue hasta el 2 de enero de 2019 cuando Trump designó a Kelvin Droegemeier como su asesor científico.

parte de la clase política responsable de la toma de decisiones, se podrá asegurar la viabilidad de la civilización contemporánea.

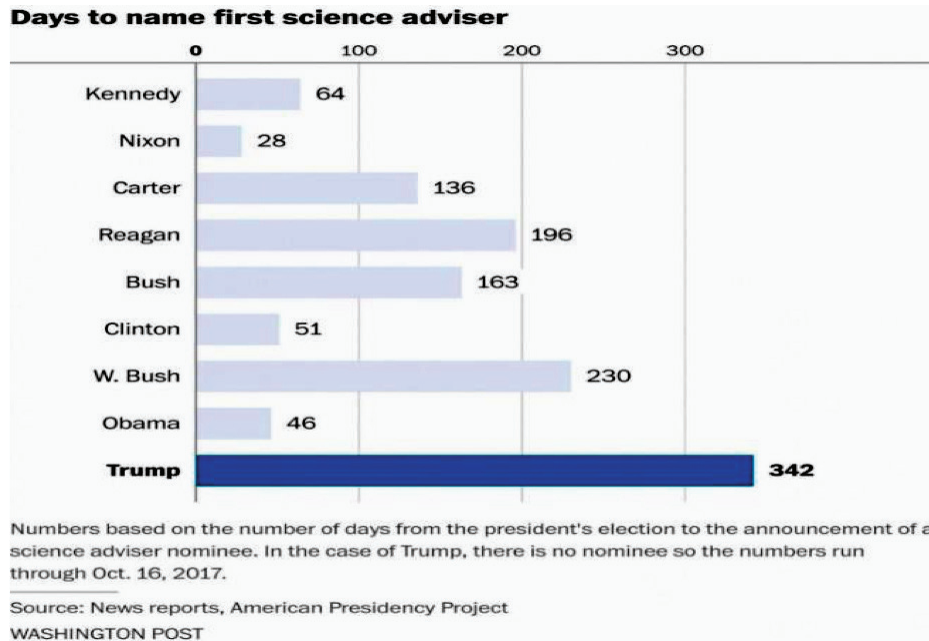


Figura 1: A más de un año de su toma de posesión, Trump permanece sin asesor personal para ciencia y tecnología

## Referencias

1. Una descripción sobre el tiempo tomado por la administración Trump para nombrar a su asesor científico puede encontrarse en la nota de Chris Mooney en el *Washington Post*: "Trump has taken longer to name a science adviser than any modern president", 16 de octubre de 2017. <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2017/10/16/trump-has-taken-longer-to-name-a-science-adviser-than-any-modern-president>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Con 'rebelión' *underground* científicos combaten muro informativo de Trump", *Prensa Ibero*, 31 de enero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/con-rebellion-underground-cientificos-combaten-muro-informativo-de-trump>.
3. Una descripción muy clara de los riesgos inherentes al debilitamiento de la capa de ozono puede encontrarse en <https://www.nasa.gov/content/goddard/a-story-of-ozone-earths-natural-sunscreen>.
4. Un análisis detallado de la relación entre la política y la ciencia para preservar la capa de ozono estratosférico puede encontrarse en P. M. Haas, "Policy responses to stratospheric ozone depletion", *Global Environmental Change*, 1, 222-234, 1991. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/095937809190044T>.

## Armar a profesores es desconocer el sistema educativo\*

*La presidencia de Estados Unidos ha propuesto otorgar estímulos económicos a docentes que porten armas de fuego en escuelas*

70

El miércoles 21 de febrero de 2018, a raíz de la masacre ocurrida en la preparatoria Marjory Stoneman Douglas, Donald Trump se reunió con un grupo de sobrevivientes y padres de familia para abordar la crisis derivada de los tiroteos en escuelas de Estados Unidos. Lejos de impulsar estrategias relacionadas con el control de armas en su país, el presidente del vecino país del norte propuso que parte del personal docente pueda portar armas dentro de las escuelas; horas más tarde sugirió otorgar incentivos económicos al profesorado que se adhiera a la iniciativa<sup>1</sup>.

El argumento esgrimido por los partidarios de esta propuesta se sustenta en la necesidad de acotar a los tiradores en el momento de su acción delictiva. Es esa lógica se asume que el modus operandi de este tipo de criminales se basa en la incapacidad de las víctimas para defenderse a sí mismas y en el supuesto de que el personal de seguridad de las escuelas rara vez se encuentra en posibilidades de reaccionar de manera eficaz ante este tipo de acciones.

Quienes dedicamos nuestros esfuerzos diarios a actividades educativas no podemos ser indiferentes a los asesinatos a mansalva ocurridos en las escuelas. Estos actos se han ido incrementando en Estados Unidos, e inclusive ya han ocurrido en nuestro país.

Por absurdo que pueda parecer, la lógica armamentista expuesta por el presidente Trump cuenta con numerosos adeptos. Un sondeo organizado por la cadena de televisión CBS (ver Figura 1) muestra que alrededor de 44% de los ciudadanos estadounidenses apoya la propuesta<sup>2</sup>. La posibilidad de que la iniciativa prospere es real y es una muestra del distanciamiento que se ha generado entre los ideales educativos y la forma en que la clase política estadounidense en el poder visualiza a las actividades escolares cotidianas.

Una importante cantidad de instituciones de enseñanza media superior se han convertido en campos de batalla en los cuales se debe intentar obtener popularidad a toda costa o arriesgarse a caer en el aislamiento.

La presión social forma parte de la vida diaria del alumnado y del personal escolar. El desarrollo de la curiosidad científica y el gusto por aprender libremente están limitados por programas de estudio extremadamente densos y están sujetos al “visto bueno” de compañeros y familiares,

---

\* Publicado el 26 de febrero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/propuesta-de-armar-profesores-exhibe-desconocimiento-sobre-sistemas-educativos>.

dando lugar a ambientes con altos niveles de estrés<sup>3</sup>. Estos escenarios alejan a los estudiantes de carreras científicas y son caldos de cultivo para detonar riñas, acoso escolar y otros efectos indeseables derivados de problemas de desarrollo en los jóvenes<sup>4</sup>.

La vocación es esencial en la formación docente. Las labores académicas, concebidas para comprender la realidad y favorecer la convivencia humana se contraponen de manera directa a la idea de que la violencia es un medio legítimo para solventar los conflictos entre las personas. Desde su origen, las escuelas han sido baluartes capaces de trascender a entornos sociales adversos y han contribuido a formar ciudadanos solidarios que aspiran a erradicar la violencia entre los seres humanos. Es evidente que el uso de las armas en el interior de los colegios es incompatible con el contenido de los cursos y con los idearios de las instituciones educativas.

Las tragedias obligan a la reflexión. La iniciativa de normalizar el uso de armas en las escuelas, y su apoyo por una parte importante de los estadounidenses, sugiere que los conceptos fundamentales de la enseñanza no ocupan el lugar que merecen en un sector de la sociedad de dicho país. La solución a este tipo de problemas no es de corto plazo, pues se requiere una revalorización de los procesos de enseñanza creativos, priorizando el desarrollo del conocimiento científico (y la humanización del mismo) sobre intereses de corte mercadológico derivados de mitos y presiones sociales. Es pertinente valorar este tipo de situaciones en el marco del México contemporáneo, el cual atraviesa por una crisis de violencia que también está afectando al sistema educativo nacional.

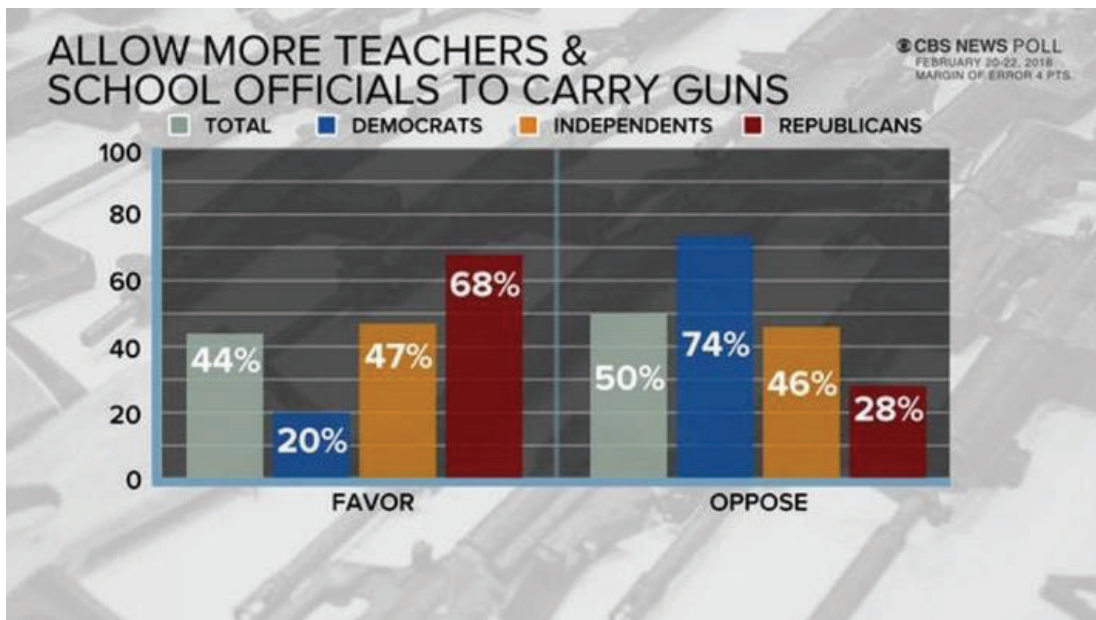


Figura 1: La presidencia de los Estados Unidos propuso otorgar estímulos económicos a docentes que porten armas de fuego en escuelas

## Referencias

1. La propuesta ha sido particularmente apoyada por la Asociación Nacional del Rifle (NRA) de Estados Unidos. Dicha organización ha ofrecido adiestramiento gratuito a profesores para manejo de armas de fuego. [https://www.abc.es/internacional/abci-asociacion-nacional-rifle-ofrece-para-adiestrar-profesores-manejo-armas-201802221916\\_noticia.html](https://www.abc.es/internacional/abci-asociacion-nacional-rifle-ofrece-para-adiestrar-profesores-manejo-armas-201802221916_noticia.html).
2. La encuesta de CBS puede consultarse en <https://www.cbsnews.com/news/poll-support-for-stricter-gun-laws-rises-divisions-on-arming-teachers>
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para nuevo modelo educativo", *Prensa Ibero*, 12 de junio de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/indiferencia-social-la-ciencia-obstaculo-para-nuevo-modelo-educativo>.
4. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, "School Violence and Bullying Global Status Report", Francia, 2017. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246970>.





# Hawking, la física-matemática y el triunfo ante la adversidad\*

*El científico murió a los 76 años de edad, en Cambridge, Reino Unido; será recordado por explicar los agujeros negros e intentar la unificación de dos teorías físicas*

73

Un gran amigo, mientras enfrentaba de manera extraordinaria una enfermedad terminal escribió: "La adversidad puede darnos mucho más de lo que nos quita... si elegimos que así sea"<sup>1</sup>. Esta frase posee un significado muy especial en el caso de Stephen Hawking, el legendario físico-matemático, fallecido el 14 de marzo de 2018.

A principios de los setenta, Hawking revolucionó la manera de trabajar con las ecuaciones de la gravitación de Einstein, aun en presencia de una enfermedad que lo privó de la posibilidad de realizar movimientos físicos, y con un pronóstico de vida de sólo dos años<sup>2</sup>. Ese diagnóstico médico fue en realidad el punto de partida de una de las carreras científicas más espectaculares de la civilización contemporánea.

Los logros obtenidos por este científico incluyen la predicción de radiación emitida desde el horizonte de eventos de agujeros negros y el establecimiento de bases para unificar la teoría general de la relatividad con la mecánica cuántica. Esta teoría unificada es indispensable para comprender la evolución del universo a partir del llamado *Big Bang*.

Hawking siempre estuvo consciente de que la cosmología es de gran trascendencia para ubicar la existencia humana en el cosmos, y que constituye un enorme reto para los físicos-matemáticos el llevar a la sociedad en general no sólo los resultados, sino también los métodos de razonamiento característicos de estas áreas del conocimiento. En este contexto, Hawking vio en su enfermedad una oportunidad, no un obstáculo, para realizar aportes únicos en el ámbito de la difusión científica.

El libro *Una breve historia del tiempo* es la obra con mayor éxito comercial sobre cosmología de todos los tiempos<sup>3</sup>. Millones de personas han logrado acercarse a la física-matemática a partir de esta obra, enlazando el trabajo científico con el público en general en una etapa histórica en la cual la comprensión de la ciencia es decisiva para garantizar la viabilidad de la civilización.

El científico también representa un ejemplo de tenacidad para la juventud que se acerca por primera vez a la ciencia. La imagen del físico-matemático que únicamente escribe interminables líneas de ecuaciones en enormes pizarrones en un ambiente aislado quedó superada a partir de

---

\* Publicado el 14 de marzo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/stephen-hawking-la-fisica-matemática-y-el-triunfo-ante-la-adversidad>. Este artículo dio lugar a la participación en el programa de CNN "El legado de Stephen Hawking", el cual se transmitió en la serie de reportajes conducidos diariamente por la periodista Carmen Aristegui. <https://edition.cnn.com/videos/spanish/2018/03/17/stephen-hawking-legado-alfredo-sandoval-nicolas-olszevicki-sot-aristegui.cnn>.

la popularización de la actividad realizada por este personaje ejemplar. Más allá de la capacidad de realizar cálculos mecánicos, ha sido la imaginación y la actitud ante la adversidad lo que ha llevado a Stephen Hawking a ocupar un lugar único en la relación entre ciencia y sociedad.

74



El científico murió a los 76 años de edad, en Cambridge, Reino Unido; será recordado por explicar los agujeros negros e intentar la unificación de dos teorías físicas

#### Referencias

1. E. López-Caturegli, "Ensanchar vidas", texto incluido en el blog *Yo soy mexicano*, 19 de junio de 2015. <https://yosoymexicano2.blogspot.mx/2015/06>
2. Los resultados de Hawking referentes a la relatividad clásica con aplicaciones a la evolución de los agujeros negros pueden encontrarse en: S. Hawking y G. F. R. Ellis, *The Large Scale Structure of Space-Time*, Nueva York, Cambridge University, 1974.
3. S. Hawking, *Una breve historia del tiempo: del Big Bang a los agujeros negros*, Barcelona, Crítica, 2013.



# Matemáticas de la democracia: los “conteos rápidos”\*

*Ejercicios estadísticos permiten estimar resultados electorales con base en el análisis de una fracción apropiada de votos*

75

Imaginemos un descomunal barril que contiene 60 millones de pelotas de cuatro colores diferentes. Deseamos saber cuántas pelotas de cada color existen dentro del barril y estamos dispuestos a realizar un conteo exhaustivo y detallado para averiguarlo, pero también consideramos oportuno establecer una proyección del resultado final a través del conteo de una cantidad considerablemente inferior de pelotas.

Las proporciones obtenidas en nuestra muestra nos permitirán estimar el total correspondiente a cada color con un margen de error que puede calcularse con métodos estadísticos. Los resultados proyectados se expresan matemáticamente en forma de intervalos que idealmente deben contener a los valores reales.

Este tipo de ejercicio estadístico se presenta en los procesos electorales. En el caso de las elecciones políticas, los colores de las pelotas representan a cada una de las opciones que aparecen en las boletas y la muestra de votos se extrae de casillas elegidas de manera aleatoria.

La selección de casillas debe realizarse con cuidado para evitar sesgos, de la misma manera que cuidaríamos de no extraer pelotas sólo del fondo del barril o de la parte superior. El proceso de integrar subconjuntos de una población para obtener una muestra estadísticamente representativa es llamado estratificación.

Por ejemplo, en la elección presidencial desarrollada en 2006, el país se dividió en 481 estratos a través de sus 300 distritos electorales y sus correspondientes subdivisiones en términos de secciones urbanas y no urbanas<sup>1</sup>. En cada estrato se realizó una selección aleatoria de casillas para obtener la muestra con la cual se establecieron las proyecciones.

La cantidad de distritos electorales por entidad federativa depende fundamentalmente de su densidad de población. El número de distritos en cada estado varía desde dos (Baja California Sur, Campeche y Colima) hasta 41 (Estado de México); la Ciudad de México se encuentra en segundo lugar en número de distritos electorales, con 24.

Es pertinente observar que este tipo de ejercicios estadísticos no implican la existencia de supercasillas que deban ser determinadas por medio de sofisticadas recetas para ser consideradas

---

\* Publicado el 9 de abril de 2018. <http://ibero.mx/prensa/matematicas-de-la-democracia-los-conteos-rapidos>.

como aptas para formar parte de un conteo rápido. Únicamente es necesario respetar los criterios de estratificación y escoger aleatoriamente a las casillas dentro de cada estrato para garantizar la confiabilidad del proceso.

**76** En un escenario ideal, los ciudadanos pueden realizar este tipo de ejercicio matemático por medio de la información colocada fuera de las casillas y haciendo uso de tecnología apropiada para el acopio de datos. Los intervalos obtenidos corresponderían a un indicador de tendencias, pero por ningún motivo podrían considerarse resultados oficiales. El análisis de cómo se construyen estadísticamente los intervalos de confianza en un conteo rápido es un tema de interés científico que debe manejarse de manera satisfactoria por parte de la población nacional.

En el seno del consejo del Instituto Nacional Electoral (INE) se ha insistido en el uso del conteo rápido para dar certidumbre a los resultados de las jornadas electorales. Los consejeros han compartido que, si se tiene “una muestra científicamente diseñada, no importa de dónde se obtengan los datos para el conteo rápido de las elecciones, sea de las actas de casilla, de las sábanas que se colocan afuera de las casillas, o de las hojas de operaciones”<sup>2</sup>.

Esto hace posible dar aún más claridad al funcionamiento de los procesos electorales nacionales, ya que esta información pública siempre puede procesarse de manera rigurosa desde las academias, acercando el universo de las matemáticas aplicadas a la ciudadanía<sup>3</sup>.

## Referencias

1. I. Méndez Ramírez, “El conteo rápido del IFE”, *Nexos*, 1 de agosto de 2006. <https://www.nexos.com.mx/?p=11969>.
2. “Acuerda INE SU ‘Plan B’ para conteo rápido en elecciones 2018”, *La Vanguardia*, 28 de febrero de 2018. <https://vanguardia.com.mx/articulo/acuerda-ine-su-plan-b-para-conteo-rapido-en-elecciones-2018>
3. A. Sandoval-Villalbaz, “Necesario, reformular términos de diálogo entre ciencia y sociedad”, *Prensa Ibero*, 9 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-terminos-de-di-logo-entre-ciencia-y-sociedad>



# Matemáticas de la democracia: breve historia del uso de apps en elecciones\*

*La tecnología ha hecho posible realizar seguimiento  
no gubernamental de resultados de comicios en tiempo real*

77

En toda actividad científica siempre será más satisfactorio participar activamente en los procesos creativos que permanecer de manera pasiva recibiendo enunciados previamente digeridos.

En este contexto, la recolección de datos y su correspondiente análisis durante ejercicios democráticos posee un interés que trasciende al ámbito puramente teórico, pues la comprensión general derivada de los resultados cuantitativos de una elección es indispensable para garantizar el desarrollo adecuado de un gobierno.

Este hecho ha motivado que, durante más de tres décadas, organizaciones independientes de ciudadanos ubicados en diversos puntos del planeta hayan dado seguimiento, no solamente a lo acontecido en casillas específicas de votación, sino también al comportamiento estadístico de las jornadas electorales.

A pesar de contar con una tecnología muy rudimentaria en comparación con la que actualmente existe, el pueblo filipino logró desarrollar en 1986 un ejercicio estadístico de seguimiento de resultados electorales que previno irregularidades provenientes del gobierno de Ferdinand Marcos. En aquella ocasión, las organizaciones filipinas recibieron apoyo del Instituto Nacional Democrático para Asuntos Internacionales (NDI, por sus siglas en inglés), con sede en Washington D. C.<sup>1</sup>

A partir de entonces las iniciativas de este tipo se han multiplicado alrededor del mundo y, en el siglo XXI, han cobrado un impulso decisivo en virtud del desarrollo de la telefonía celular.

De acuerdo con la NDI, diversas organizaciones no gubernamentales han desarrollado ejercicios estadísticos de seguimiento de resultados en más de 50 países durante los últimos 25 años. Entre ellos puede destacarse la experiencia de Ghana en 2016.

En aquella ocasión, la Coalición de Monitores Electorales Domésticos (CODE, por sus siglas en inglés) generó material en línea que actualmente es considerado como ejemplo a seguir para ejemplificar el contenido de la dinámica electoral a nivel internacional<sup>2</sup>. Dicha elección resultó histórica, en el sentido de que fue la primera vez que un presidente ghanés en funciones no pudo obtener un segundo mandato al ser superado en las urnas por el candidato opositor.

---

\* Publicado el 30 de abril de 2018. <https://ibero.mx/prensa/matematicas-de-la-democracia-breve-historia-del-uso-de-apps-en-elecciones>

La Universidad Estatal de Pennsylvania (psu) también ha documentado el uso de la telefonía celular para el monitoreo de jornadas electorales. Esta institución académica ha documentado que durante la primavera árabe las elecciones en Túnez se caracterizaron por el empleo de mensajes encriptados durante la inédita jornada desarrollada en octubre de 2011. Estas elecciones fueron convocadas luego del triunfo de la revolución de los jazmines y de la caída del dictador Zine El Abidine Ben Ali, quien había gobernado dicho país durante más de dos décadas<sup>3</sup>.

Las técnicas de comunicación han ido evolucionando desde el uso de mensajes de texto cifrados (SMS) hasta versátiles apps capaces de realizar tareas de envío de audio y video al alcance del ciudadano promedio.

Por lo anterior, resulta evidente que la época en la cual la población debe resignarse a adoptar una postura pasiva en el lapso comprendido entre el cierre de casillas electorales y el anuncio de resultados oficiales está llegando a su fin. Esto hace imperativo que este tipo de ejercicios no gubernamentales se realice con el mayor rigor académico posible, a fin de que no se genere información imprecisa a la población.

En las elecciones federales que se desarrollaron en México en 2018, se hizo uso de apps de celulares para la realización de ejercicios estadísticos en tiempo real. En este contexto, se presentó una importante iniciativa para implementar un despliegue académico-ciudadano por parte del Sistema Universitario Jesuita (SUJ) y otras organizaciones sociales que se aplicó el 1 de julio de 2018<sup>4</sup>. Esta labor responde a un reclamo de la población y sentará un valioso precedente en la cultura democrática nacional.

## Referencias

1. Una descripción amplia del mecanismo correspondiente al desarrollo de ejercicios estadísticos de seguimiento de jornadas electorales puede encontrarse en <https://www.ndi.org/pvt>.
2. El video referente al proceso electoral de Ghana en 2016 puede encontrarse en <https://www.youtube.com/watch?v=55vJbn6-L1Q>.
3. El uso de la telefonía celular en la jornada electoral desarrollada a partir de la revolución de los jazmines se encuentra descrito en <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article/using-mobile-phone-technology-to-ensure-fair-voting-in-the-middle-east>.
4. El ejercicio académico-estadístico de SUJ, apoyado por agrupaciones afines, está descrito en <http://ibero.mx/prensa/ibero-presenta-el-proyecto-observacion-que-si-cuenta>.



## Matemáticas de la democracia: síntesis de tres conteos rápidos\*

*Los ejercicios estadísticos permiten identificar tendencias de resultados en jornadas electorales*

79

La idea de visualizar un todo examinando únicamente una fracción representativa del mismo forma parte del trabajo cotidiano en la estadística matemática. Una de las aplicaciones de los métodos de inferencia propios de esta disciplina es la proyección de resultados electorales.

En el caso del sistema electoral mexicano, estas metodologías ya han anticipado con márgenes de error reducidos los resultados de los escrutinios oficiales y comienzan a formar parte de la cultura democrática del país<sup>1</sup>.

En las elecciones del año 2000, la información tomada de las mantas colocadas afuera de las casillas electorales se utilizó exitosamente para identificar al ganador de la jornada unas cuantas horas después del cierre de las votaciones.

De acuerdo con las memorias oficiales, alrededor de 1,511 casillas muestra fueron utilizadas sobre un total de 113 mil. Los resultados se proyectaron con el uso de cerca de 1.33% del total de casillas instaladas. En proporción, fueron necesarias entre cinco y seis casillas por cada uno de los 300 distritos electorales a nivel nacional para obtener una estimación realista de los resultados finales<sup>2</sup>. Las elecciones presidenciales de 2006 fueron mucho más complejas, dicha complejidad se reflejó desde temprana hora en virtud del conteo rápido. En aquella ocasión se dispuso de 7,636 casillas muestra sobre un total de 130,477 casillas instaladas en el territorio nacional.

En este caso, 5.85% de las casillas totales, correspondientes a 25.45 casillas por distrito, estimaron una diferencia menor al uno por ciento de votos entre los dos candidatos punteros. El escaso margen de diferencia propició que las autoridades electorales decidieran esperar a los conteos detallados antes de anunciar una tendencia sobre los resultados<sup>3</sup>.

En 2012, el conteo rápido proyectó una diferencia entre primero y segundo lugar suficientemente amplia para anticipar el resultado final en el mismo día de la elección. La muestra empleada consistió de 7,597 casillas muestra, sobre un universo de 143,456 casillas totales. Estas cifras corresponden a una proporción cercana al 5.3% del total de casillas y a 25.32 casillas por cada distrito electoral<sup>4</sup>.

Para acercar a la población a la dinámica de este tipo de ejercicio estadístico, imaginemos a un hipotético grupo de exploradores que en el año 2000 hubiera obtenido fotografías de 15 mil mantas

---

\* Publicado el 28 de mayo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/analisis-matematicas-de-la-democracia-sintesis-de-3-conteos-rapidos>.

distribuidas en cada uno de los 300 distritos del país, de forma que con base en los datos recabados de 50 mantas elegidas al azar en cada distrito se hubieran estimado los resultados de la elección.

Este tipo de ejercicio estadístico es perfectamente realizable *a posteriori* si se usan las bases de datos públicas proporcionadas por las autoridades electorales y reproduce, con diferencias menores a dos puntos porcentuales, los resultados oficiales. El mismo ejercicio aplicado a las elecciones realizadas en 2006 y 2012 conduce a resultados similares<sup>5</sup>.

Las proyecciones derivadas de los conteos rápidos son semejantes a *benchmarks*, que sustentan tendencias de universos estadísticos, pero que en rigor no pueden reproducir con absoluta exactitud a los resultados reales.

Los conteos rápidos oficiales de la actualidad pueden ser (y de hecho son) mucho más sofisticados al incluir estratificaciones adicionales considerando las secciones urbanas, rurales y mixtas de cada distrito electoral.

Para el caso de las elecciones presidenciales de 2000 y 2012 dicho nivel de sofisticación no resultó necesario, mientras que para el caso de una elección cerrada como la de 2006 el ejercicio estadístico "quirúrgico" fue sólo un indicador de un escenario social en el cual dos fuerzas políticas, con niveles de aceptación muy semejantes, debieron esperar a la realización de un conteo detallado que trascendió a las proyecciones estadísticas habituales.

## Referencias

1. El acuerdo del Consejo General del Instituto Nacional Electoral por el que se determina la realización de los conteos rápidos de las elecciones del de 1 de julio de 2018 puede encontrarse en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5518081&fecha=04/04/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5518081&fecha=04/04/2018).
2. El total de casillas instaladas y el número de casillas empleadas en el conteo rápido de las elecciones presidenciales de 2000 pueden encontrarse en [https://portalanterior.ine.mx/documentos/PREP/rep/memorias/conteo\\_rapido.pdf](https://portalanterior.ine.mx/documentos/PREP/rep/memorias/conteo_rapido.pdf).
3. El total de casillas instaladas y el número de casillas empleadas en el conteo rápido de las elecciones presidenciales del año 2006 pueden encontrarse en [https://portalanterior.ine.mx/docs/Internet/IFE\\_Home/CENTRAL/Contenidos\\_Centrales/estaticos/Informes/Informe\\_Conteos\\_Rapidos\\_agosto\\_v12\\_2.pdf](https://portalanterior.ine.mx/docs/Internet/IFE_Home/CENTRAL/Contenidos_Centrales/estaticos/Informes/Informe_Conteos_Rapidos_agosto_v12_2.pdf).
4. El total de casillas instaladas y el número de casillas empleadas en el conteo rápido de las elecciones presidenciales del año 2012 pueden encontrarse en [https://portalanterior.ine.mx/documentos/proceso\\_2011-2012/alterna/conteo-rapido.html](https://portalanterior.ine.mx/documentos/proceso_2011-2012/alterna/conteo-rapido.html).
5. Las bases de datos mencionadas se encuentran disponibles en <http://siceef.ine.mx/download-DB.html>.



## Matemáticas de la democracia: comunicación gráfica de resultados\*

*Presentar datos considerando el número de distritos por entidad federativa facilita la comprensión de los resultados*

81

Al término de meses de desgastantes campañas electorales, que incluyen millonarios gastos en publicidad, resulta anticlimática la manera tradicional de comunicar los resultados de una elección. Una fría gráfica con cuatro o cinco rectángulos cuyas alturas describen los porcentajes proyectados por candidato al término de un conteo rápido, no hace suficiente justicia a equipos de campaña, simpatizantes y observadores en el momento cúlspide del proceso.

Los resultados de los procesos electorales de 2006 y 2012, disponibles a detalle en el portal del INE (antes IFE), permiten plantear escenarios alternativos para visualizar los datos derivados de los conteos rápidos y del Programa de Resultados Preliminares (PREP) correspondientes a estos comicios<sup>1</sup>.

Consideremos, en primer término, las elecciones de 2012 en un conteo rápido a posteriori, seleccionando aleatoriamente 25 casillas en cada distrito electoral<sup>2</sup>. La Figura 1 representa una buena aproximación de la recopilación de datos por entidad federativa utilizándose un ordenamiento por orden alfabético.

El primer punto de la gráfica corresponde a los resultados porcentuales acumulados en el distrito 1 de Aguascalientes, mientras que el último punto muestra los resultados finales al considerarse el último distrito de Zacatecas. Existe una “voltereta” cuando los datos abarcan al (entonces) Distrito Federal y una recuperación del ganador de la contienda a partir de los estados de Durango y Guanajuato.

Alternativamente, es posible ordenar los datos considerando a las entidades federativas en términos del número de distritos electorales que contienen, de mayor a menor.

En la Figura 2 los primeros 40 puntos de la gráfica corresponden al Estado de México (que tenía entonces 40 distritos electorales, y actualmente tiene 41), los siguientes 27 al Distrito Federal (que actualmente tiene 24), siguiendo con Veracruz (21 distritos, actualmente tiene 20), Jalisco (19 distritos, actualmente tiene 20), Puebla (16 distritos, actualmente tiene 15), Guanajuato (14 distritos, actualmente tiene 15), Chiapas (12 distritos, actualmente tiene 13), Nuevo León (12 distritos) y Oaxaca (11 distritos, actualmente tiene 10).

---

\* Publicado el 4 de junio de 2018. <http://ibero.mx/prensa/las-matematicas-de-la-democracia-comunicacion-grafica-de-resultados>.

Un poco más de 60% de la votación del país se concentra en 10 de las 32 entidades federativas que lo conforman. De acuerdo con la gráfica, la elección contiene una fase en la cual se observan tendencias alternantes cuyos efectos terminan cancelándose.

Otras formas de ordenar los datos pueden transmitir sensaciones diferentes al observador. Por ejemplo, puede sugerirse que un candidato “nunca pierde la delantera” o bien que realiza una “remontada notable”; esto pudiera desvirtuar el sentido del proceso electoral, dado que el resultado de un ejercicio democrático es más semejante a una tomografía de cuerpo entero que a un partido de futbol americano.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de la aplicación de este tipo de presentaciones gráficas en las elecciones presidenciales de 2006. El lector podrá advertir semejanzas y diferencias con respecto a la elección de 2012. El ordenamiento considerando entidades federativas de mayor a menor número de distritos sugiere una tendencia base y fluctuaciones derivadas del comportamiento de la votación en los estados con menor número de habitantes.

Los mecanismos de comunicación de los resultados oficiales son responsabilidad del Instituto Nacional Electoral. No obstante, la presentación gráfica de los resultados sugerida en este artículo puede ser más informativa que la empleada en elecciones pasadas. Es una simple cuestión de voluntad crear una dinámica de comunicación detallada INE-medios-ciudadanía que contribuya a seguir fortaleciendo la cultura democrática en México.

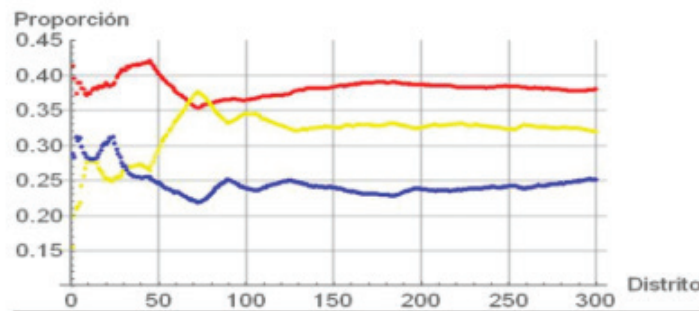


Figura 1: Evolución de resultados de las elecciones de 2012 en términos de entidades federativas ordenadas por orden alfabético

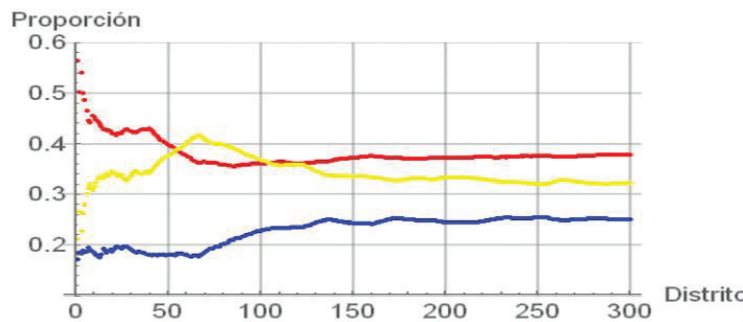


Figura 2: Evolución de resultados de las elecciones de 2012 en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales

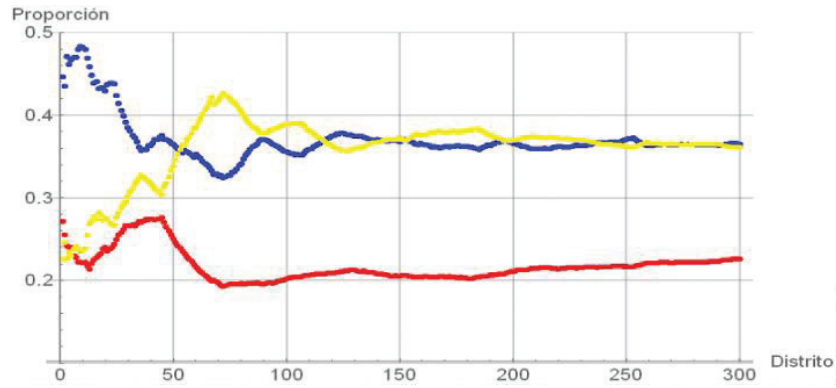


Figura 3: Evolución de resultados de las elecciones de 2006 en términos de entidades federativas ordenadas alfabéticamente

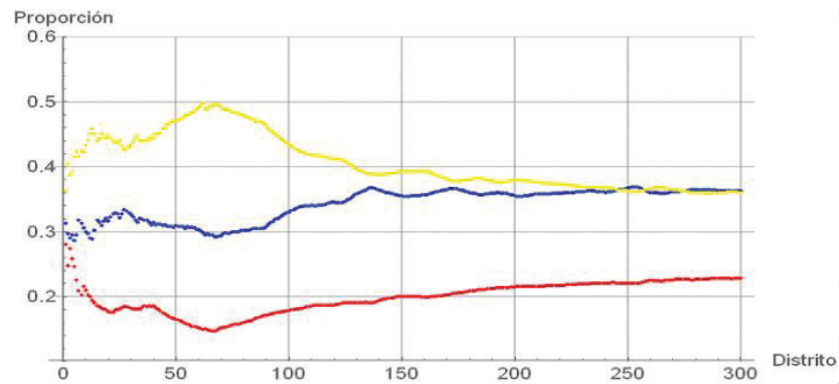


Figura 4: Evolución de resultados de las elecciones de 2006 en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales

#### Referencias

1. Las bases de datos mencionadas se encuentran disponibles en <http://siceef.ine.mx/download-DB.html>.
2. La descripción de la metodología de ejercicios estadísticos a posteriori puede encontrarse en A. Sandoval Villalbazo: "Las matemáticas de la democracia: síntesis de tres conteos rápidos", *Prensa Ibero*, 28 de mayo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/las-matematicas-de-la-democracia-comunicacion-grafica-de-resultados>.



## Enseñanza, creatividad y fútbol\*

*La efervescencia futbolera motiva a retomar la relación entre la didáctica de las matemáticas y los juegos de conjunto*

84

Uno de los recursos que más he utilizado durante más de 25 años de labor docente en las áreas de física y matemáticas es la analogía entre los desarrollos de alto grado de dificultad y las jugadas que requieren largos tiempos de entrenamiento.

La demostración de teoremas, la obtención de gráficas representativas de la evolución de procesos físicos o económicos y la obtención de valores numéricos necesarios para tomar decisiones no son semejantes a simples jugadas "a balón parado", sino a construcciones creativas desde la meta propia que son resueltas a sangre fría por medio de pases a la red.

Uno de los errores más frecuentes en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es la percepción de que el objetivo básico en las aulas es la obtención de "respuestas correctas" a ejercicios numéricos o algebraicos, cuyo grado de dificultad depende de la tecnología autorizada por la administración educativa en turno. Realizar operaciones correctamente es el equivalente a golpear adecuadamente un balón.

Aunque ello es necesario para jugar al fútbol, no es suficiente y en rigor no es siempre fundamental. En el deporte de alto rendimiento se requiere disciplina, condición física y creatividad, y en ocasiones los goles se anotan con ayuda del cachete.

En el mismo tenor, los descubrimientos en las llamadas "ciencias duras" requieren del estudio sistemático, pero también se pueden dar con base en resultados experimentales inesperados equivalentes a un rebote en zona de gol o bien por genialidades teóricas análogas a lo que Eduardo Galeano identificaba con travesuras de carasucias capaces de improvisar en medio de cuatro jugadores rivales<sup>1</sup>.

Las actividades de construcción del conocimiento en aulas y laboratorios son semejantes a entrenamientos cuyo grado de dificultad crece a medida que un curso avanza. En este contexto, las calificaciones no pueden limitarse a apreciaciones derivadas de una especie de juicio, sino al desarrollo de competencias que pasan a formar parte de la realidad de cada estudiante.

Quienes entrenan en campos deportivos perciben sus avances a través del tiempo y pueden mostrar sus capacidades en partidos oficiales. En el área de ciencias, la elaboración de trabajos

---

\* Publicado el 18 de junio de 2018. <https://ibero.mx/prensa/ciencia-ensenanza-creatividad-y-futbol>.

originales es más representativa de las competencias desarrolladas por cada estudiante que la obtención de notas a través de los tradicionales exámenes escritos.

En los cursos de matemáticas es muy frecuente enfrentar el dilema de cómo encarar un problema dado. Esto es el equivalente a tener que tomar una decisión rápida una vez que se tiene el balón en los pies, teniéndose un estrecho margen de tiempo para conducirlo, servirlo o (en su caso) tirar a portería. De igual manera ocurre con la decisión de qué secuencia de pasos debe emplearse para resolver un problema esencial y obtener soluciones satisfactorias al mismo.

En ocasiones los métodos a aplicar son tediosos, por lo que resulta atractivo “educar” a una computadora para realizar las tareas mecánicas. En este sentido, la programación matemática equivale a la concepción de espectaculares contraataques que permiten recorrer el campo en segundos para crear situaciones inminentes de gol.

Las analogías existentes entre deporte, ciencia y arte no son artificiales ni fortuitas. El desarrollo de competencias en todos estos ámbitos requiere del conocimiento de técnicas básicas, de entrenamiento sistemático y de importantes componentes creativos. Más allá de calificaciones, diplomas o trofeos, es esencial crear entornos que trasciendan a la imagen tradicional de la enseñanza y evaluación de las ciencias exactas.

#### Referencia

1. Eduardo Galeano, *El fútbol a sol y sombra*, Buenos Aires: Siglo XXI, 2008.



## Matemáticas de la democracia: comparación gráfica de tendencias en las elecciones presidenciales\*

86

*Investigador de la Ibero afirma que el número de distritos por entidad federativa facilita la interpretación de resultados*

El 1 de julio de 2018, después de aplicar un ejercicio estadístico cuidadosamente elaborado, el Instituto Nacional Electoral (INE) anunció oficialmente las tendencias de la elección presidencial. En el procedimiento se seleccionaron alrededor de 7,787 casillas sobre un total aproximado de 157,350. La elección de casillas muestra no se realizó por medio de una simple lotería, sino también se consideró la distribución de la población nacional en diferentes regiones (distritos electorales).

El concepto de distrito electoral se encuentra descrito en el artículo 53 de la Constitución mexicana<sup>1</sup>. Actualmente, cada distrito alberga aproximadamente a 430 mil habitantes. Al analizarse las tendencias electorales por entidad federativa debe considerarse que distintos estados pueden tener distinto número de distritos.

Con estas ideas es posible establecer gráficamente una especie de carrera hacia la presidencia, en la cual se puede apreciar qué tanto se modifican las tendencias estado por estado. Si se ordenan los estados de mayor a menor número de distritos, la visualización de la “carrera presidencial” se facilita significativamente<sup>2</sup>.

Las 10 entidades federativas nacionales con mayor número de distritos son: Estado de México (41), Ciudad de México (24), Veracruz (20), Jalisco (20), Puebla (15), Guanajuato (15), Chiapas (13), Michoacán (12), Nuevo León (12) y Oaxaca (10).

La Figura 1 muestra la “carrera presidencial” de la elección del domingo 1 de julio de 2018. La gráfica corresponde al porcentaje de votos obtenidos respecto del total por parte de cada opción política partiendo de la entidad federativa 1 (Estado de México) hasta la entidad 32 (Colima).

En esta gráfica, el color rojo corresponde a Andrés Manuel López Obrador, el color azul a Ricardo Anaya Cortés, y el color verde a José Antonio Meade Kuribreña. Puede apreciarse fácilmente que a partir de la entidad federativa 10 (Oaxaca), los porcentajes para cada candidato prácticamente no cambian. Un poco más de 60% de los 300 distritos electorales se ubica en las primeras diez entidades federativas.

---

\* Publicado el 3 de julio de 2018. <http://www.ibero.mx/prensa/matematicas-de-la-democracia-comparacion-grafica-de-tendencias-en-las-elecciones-presidenciales>.

En el caso de un ejercicio estadístico tipo "conteo rápido", se requieren aproximadamente 26 casillas para obtener una estimación razonable de la tendencia en un distrito dado. A su vez, con las votaciones distritales se pueden realizar proyecciones estatales. Este tipo de análisis hizo posible que los candidatos con tendencias desfavorables pudieran compartir a la ciudadanía información de primera mano, contribuyendo con ello a la certidumbre del proceso electoral.

En las Figuras 2 y 3 se muestran las "carreras presidenciales" de 2012 y 2006, respectivamente. En este último caso se aprecian pequeñas variaciones porcentuales, estado por estado, en el contexto de una elección extremadamente cerrada. En contraste, la elección de 2012 no muestra cambios significativos en las tendencias a partir de la décima entidad federativa (Oaxaca).

Avances y retrocesos de un partido o candidato pueden apreciarse a partir de este tipo de gráficas. Por ejemplo, en la Figura 4 se muestran los avances registrados por Andrés Manuel López Obrador en la pasada elección presidencial, identificándose cifras que permiten acercar a la ciudadanía a la naturaleza de los procesos electorales nacionales.

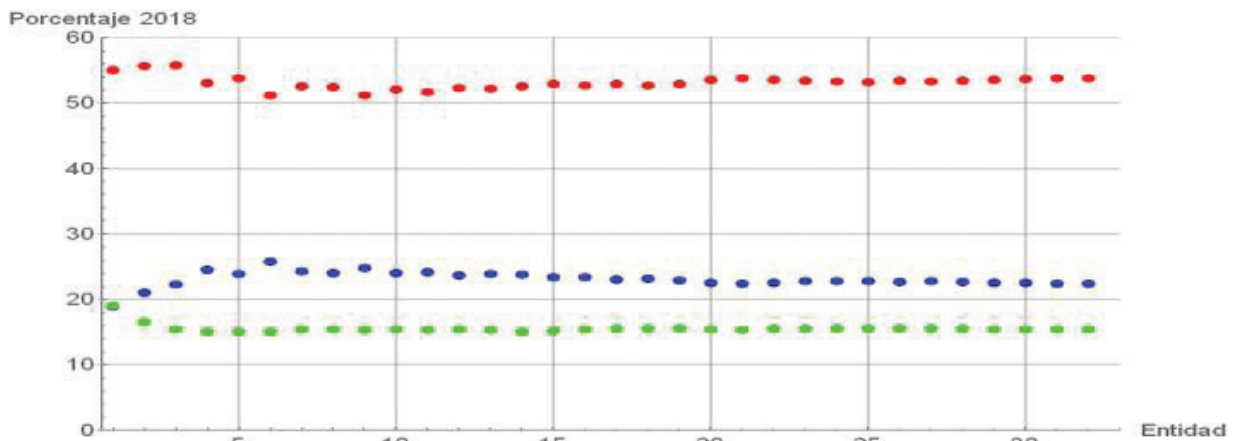


Figura 1: Carrera presidencial de las elecciones de 2018 en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales

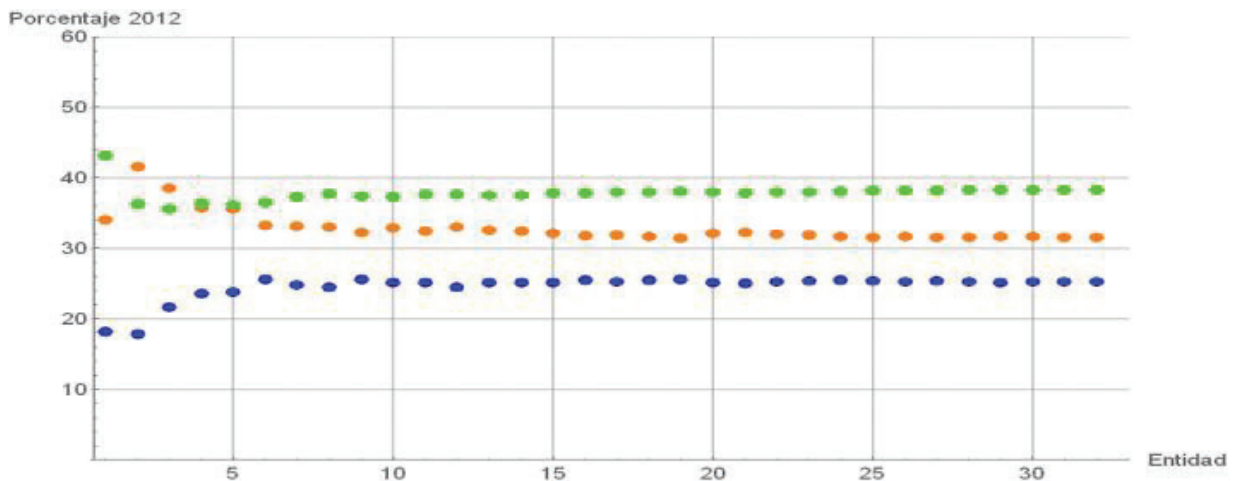


Figura 2: Carrera presidencial de las elecciones de 2012 en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales



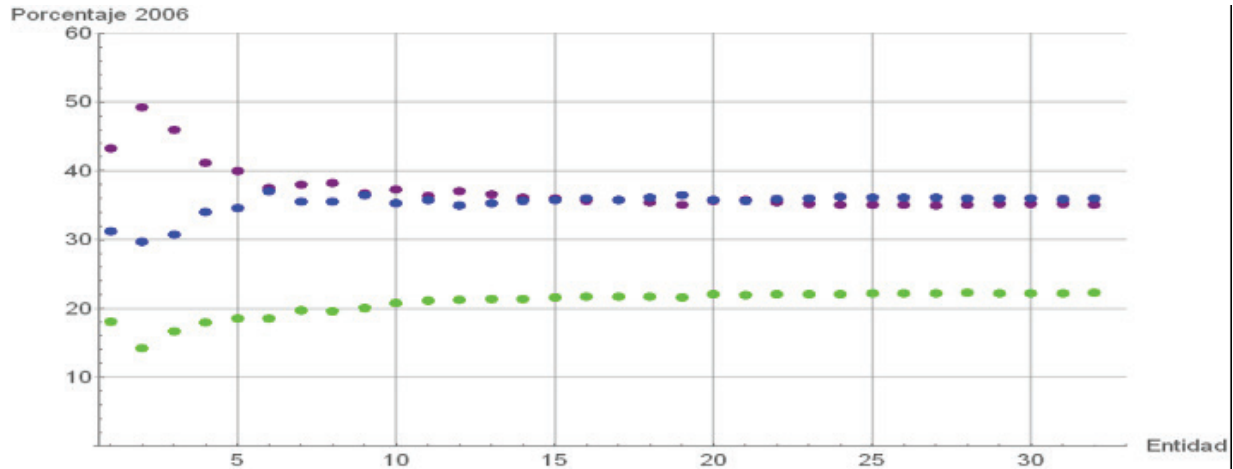


Figura 3: Carrera presidencial de las elecciones de 2006 en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales

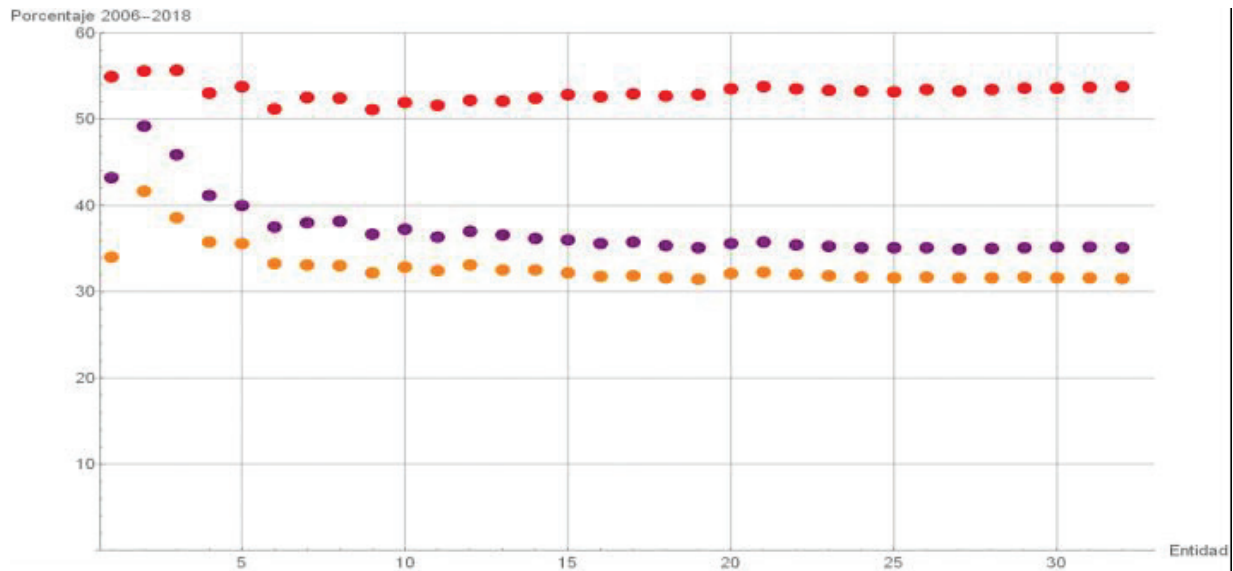


Figura 4: Resultados electorales de Andrés Manuel López Obrador en las elecciones de 2018 (rojo), 2012 (anaranjado) y 2006 (morado). La evolución se muestra en términos de entidades federativas ordenadas por número de distritos electorales

Referencias

1. M. Ordorica, "Distritación electoral: instrumento de la democracia", *Otros Diálogos*, El Colegio de México, número 3, 22 de abril de 2018. <http://otrosdialogos.colmex.mx/distritacion-electoral-instrumento-de-le-democracia>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Las matemáticas de la democracia: comunicación gráfica de resultados", *Prensa Ibero*, 4 de junio de 2018. <http://ibero.mx/prensa/las-matematicas-de-la-democracia-comunicacion-grafica-de-resultados>.



## Multimillonario fraude biotecnológico y la necesidad del rigor científico

*El fraudulento caso Theranos pudo evitarse si se hubiera aplicado el sistema de arbitraje utilizado en la ciencia formal*

89

Si se intentara vender un sistema de análisis de sangre en el cual con una sola gota se promete diagnosticar desde una infección estomacal hasta un cáncer, muy difícilmente se consideraría la oferta como algo más que una broma. A pesar de ello, en el mundo de las apps y la alta tecnología, la empresa estadounidense Theranos logró posicionarse exitosamente durante varios años ofreciendo este tipo de servicios, al punto de cotizarse en un valor cercano a los nueve mil millones de dólares.

Actualmente, la persona fundadora de Theranos ha sido removida de la dirección ejecutiva de la empresa y se encuentra en la víspera de un proceso penal por fraude en perjuicio de pacientes, médicos e inversionistas. Ante la pregunta obligada sobre cómo pudo gestarse este tipo de fiasco científico-comercial, es necesario reflexionar sobre el funcionamiento de la ciencia y la tecnología contemporáneas.

El enfoque tradicional del desarrollo científico y su relación con la tecnología puede ilustrarse por medio de los trabajos originales de Albert Einstein sobre el efecto fotoeléctrico, los cuales con el paso del tiempo hicieron posible el desarrollo de la producción de electricidad por medio de la energía solar.

A principios del siglo xx se descubrió que la incidencia de luz sobre placas metálicas da lugar a corrientes eléctricas; sin embargo, la física conocida hasta entonces no era capaz de predecir correctamente los valores de estas corrientes en función de las características de la luz incidente. Einstein, en lugar de considerar las posibles ganancias derivables de emplear la nueva teoría cuántica en la descripción del fenómeno de manera patentable, hizo pública su explicación del fenómeno.

La ventaja de este proceder es que el conocimiento se hace transparente y los experimentos son completamente reproducibles. Esto proporciona seguridad en el uso de la tecnología derivada de la ciencia básica.

En el caso de Theranos se procedió de la manera inversa. Con el argumento de asegurar la secrecía industrial, la ciencia que supuestamente sustentaría el revolucionario sistema de análisis sanguíneo nunca fue enviada a arbitraje en revistas especializadas del área médica.



Eventualmente, después de un desgastante proceso detonado por un artículo del *Wall Street Journal*<sup>1</sup>, se realizó un estudio riguroso sobre la eficiencia del sistema publicado en el *Journal of Clinical Investigation*, en 2016<sup>2</sup>. El estudio mostró que el sistema de Theranos dio lugar a una proporción significativa de diagnósticos incorrectos que llevaron a miles de pacientes a tomar decisiones equivocadas respecto de cómo tratar sus padecimientos.

El caso Theranos muestra cómo una nueva tecnología promocionada en revistas como *Fortune*, *Forbes* o *Glamour* puede ser más mito que realidad. En contraste, la sociedad ha venido reclamando el desarrollo de una ciencia transparente y cercana al ciudadano común<sup>3</sup>.

Es un hecho que la secrecía industrial extrema ha inhibido el desarrollo científico en diversas regiones del mundo y ha acrecentado la brecha entre ricos y pobres. La alternativa a este escenario corresponde a una orientación humanista de las ciencias básicas, enfocada a la búsqueda de la verdad más allá de la lógica simple de los mercados.

#### Referencias

1. J. Carreyrou, "Hot Startup Theranos Has Struggled With Its Blood-Test Technology", *The Wall Street Journal*, 15 de octubre de 2018. <https://www.wsj.com/articles/theranos-has-struggled-with-blood-tests-1444881901>.
2. Brian A. Kidd *et al.*, "Evaluation of direct-to-consumer low-volume lab tests in healthy adults", *J Clin. Invest.*, 126-5, pp. 1734-1744, 2016. <http://jci.me/86318/pdf>.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Movilización internacional renueva la relación ciencia-sociedad", *Prensa Ibero*, 25 de abril de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-movilizacion-internacional-renueva-la-relacion-ciencia-sociedad>.



## Premio Breakthrough exhibe sesgo de género en el Nobel de Física

*Jocelyn Bell utilizará los tres millones de dólares correspondientes al galardón para combatir la inequidad en la ciencia*

91

En diciembre de 1974, dos astrónomos recibieron el Premio Nobel de Física por el descubrimiento observacional de los pulsares, estrellas muy densas constituidas fundamentalmente por neutrones. Cuatro décadas después se ha anunciado que la astrónoma Jocelyn Bell recibirá el Premio Breakthrough en la categoría de física fundamental, consistente en tres millones de dólares (aproximadamente el triple del valor del Nobel) por haber realizado el mismo descubrimiento y por una vida de liderazgo inspirador para la comunidad científica<sup>1</sup>.

Este reconocimiento exhibe una de las decisiones más censurables en la historia del comité de selección del Premio Nobel. La labor de Jocelyn Bell al final de la década de los años setenta fue esencial para la construcción de los radiotelescopios, los cuales son fundamentales para las labores cotidianas de la radioastronomía contemporánea.

En ese contexto, Bell realizó las primeras detecciones de la radiación emitida por los pulsares, interpretó correctamente sus propias observaciones y compartió sus resultados con las autoridades académicas de su institución. El asesor de Bell, en la Universidad de Cambridge, consideró inicialmente que los resultados eran incorrectos y que ella sólo detectaba ruido producido por el hombre, no señales emitidas por un nuevo tipo de estrella.

Después de que Jocelyn Bell realizó una tenaz defensa de su labor, el trabajo correspondiente al descubrimiento de los pulsares se publicó en 1968 en la revista *Nature*. En el documento, Bell aparece como segunda autora, mientras que su asesor aparece como el autor principal<sup>2</sup>.

Seis años después, este asesor y otro famoso colega de la época fueron reconocidos como los descubridores "oficiales" de los pulsares al ganar el Premio Nobel. A pesar de que en el discurso de recepción del Nobel de 1974 Bell fue elogiada por su asesor, los hechos muestran que el reconocimiento merecido por su trabajo le fue negado cuidadosamente por un establishment científico dominado por varones.

Existen varios eventos similares en la historia del Nobel de Física que exhiben este tipo de conductas por parte del comité seleccionador del premio. Es bien conocida la historia de que Maria Sklodowska-Curie descubrió la radioactividad trabajando con Pierre Curie y Henry Becquerel. De forma increíble, el comité Nobel de 1903 acordó nominar para el premio sólo a los dos varones. No fue hasta que Pierre Curie manifestó enérgicamente su decisión de rechazar el premio si no se le otorgaba el crédito justo a Madame Curie, cuando el comité decidió cambiar su decisión<sup>3</sup>.

Este tipo de comportamiento ejemplar no ocurrió en el caso de la física Chien-Shiung Wu en 1957, pues los dos ganadores del Nobel de aquel año aceptaron el premio a pesar de que los experimentos que llevaron al descubrimiento de la no conservación de la paridad en decaimientos beta fueron desarrollados por Wu en su laboratorio<sup>4</sup>.

**92** Jocelyn Bell es reconocida mundialmente por su apoyo a las minorías. Bell ha enfatizado el hecho de que la lucha contra la adversidad da lugar a descubrimientos derivados del pensamiento alternativo. En armonía con su forma de actuar durante décadas, ella ha decidido utilizar el monto del premio para financiar a mujeres, habitantes de zonas marginadas y refugiados para que puedan realizar investigación en ciencias físicas.

En relación con este punto es relevante recordar que en todo el territorio mexicano existen menos de mil investigadoras nacionales en el área de ciencias físico-matemáticas, lo que representa una proporción inferior a una mujer investigadora por cada cien mil habitantes<sup>5</sup>. Más allá de la acción ejemplar, la iniciativa de Bell proporciona una pauta estratégica para las sociedades con miras a saldar una deuda histórica cuyos costos humanitarios han sido incuantificables.

## Referencias

1. La descripción del reciente reconocimiento otorgado a Jocelyn Bell se puede encontrar en <https://breakthroughprize.org/News/45>.
2. A. Hewish, S. J. Bell, J. D. H. Wilmington, P. F. Scott y R. A. Collins, *Nature*, 217-709, 1968. <https://www.nature.com/articles/217709a0>.
3. Una breve descripción de la forma en que Pierre Curie se enteró de que Madame Curie estaba inicialmente excluida del Premio Nobel de Física de 1903 se encuentra en la siguiente dirección electrónica, perteneciente al American Institute of Physics: <https://history.aip.org/exhibits/curie/recdis2.htm>.
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Pendiente, equidad de género en el Premio Nobel de Física", *Prensa Ibero*, 19 de octubre de 2016. <http://www.iberomx.com/prensa/pendiente-equidad-de-genero-en-el-premio-nobel-de-fisica>.
5. Carlos E. Rodríguez, "El Sistema Nacional de Investigadores en Números", Foro Consultivo Científico y Tecnológico A. C., 2016. [http://www.foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/SNI\\_en\\_numeros.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/SNI_en_numeros.pdf).



II

## Contingencias naturales: física y sociedad

## Terremotos, tan impredecibles como los cracs financieros\*

94

Todos sentimos diariamente el efecto de ondas que se propagan por medios materiales. Cada centímetro cúbico del espacio que nos rodea contiene una enorme cantidad de átomos, los cuales a su vez originan comportamientos colectivos que permiten el transporte de energía mecánica.

Cuando la energía viaja a través de medios gaseosos como el aire esta transferencia de energía posibilita la vibración de nuestras membranas auditivas. En este sentido, el pequeño temblor que se genera en nuestros tímpanos nos permite escuchar las señales que se generan en nuestro alrededor.

La física de los terremotos no es, en principio, muy diferente al bien conocido fenómeno de la audición (hay que aclarar que el largo proceso evolutivo de los seres vivos ha permitido que los oídos sean capaces de procesar información existente en un mar de señales percibidas en todo momento).

En los movimientos sísmicos más frecuentes, masas de gran tamaño (placas tectónicas) generan perturbaciones cuya energía liberada se propaga a través de un medio material mucho más denso que el aire (la corteza terrestre), en este caso las intensidades son mucho mayores que las correspondientes a los sonidos cotidianos.

El tipo de movimiento ondulatorio de la corteza cerca de las placas se asemeja a un conjunto de numerosos resortes unidos entre sí. Las ondas de este tipo se llaman longitudinales y en ellas la dirección de propagación de la energía es la misma que la de las oscilaciones. Estas ondas pueden viajar distancias muy largas y afectar grandes extensiones de territorio.

Cuando varía el medio de propagación, como lodo o arcilla, el movimiento en la superficie se asemeja al de una cuerda cuyas secciones suben y bajan, estas son las llamadas ondas transversales, y en ellas las vibraciones del medio son perpendiculares a la dirección de viaje de la señal. Cuando las ondas llegan a regiones de composición muy diversa, como la Ciudad de México, ambos tipos de onda se combinan produciéndose efectos inesperados y ocasionalmente muy peligrosos.

Cuando la frecuencia de las ondas coincide con la frecuencia natural de oscilación de una construcción, se produce el fenómeno de resonancia. La amplitud de las vibraciones de la construcción aumenta de forma tal que la construcción llega al límite de su resistencia y puede derrumbarse. Este efecto se constató dramáticamente en el terremoto que azotó a la Ciudad de México el 19 de septiembre de 1985, en el cual la mayoría de las edificaciones caídas tenía entre 7 y 12 pisos de altura.

---

\* Publicado el 22 de abril 2016. <http://ibero.mx/prensa/terremotos-tan-impredecibles-como-los-cracks-financieros>.

Determinar el instante en el cual se producirá una onda sísmica junto con sus características detalladas (intensidad, dirección y efectos) es técnicamente imposible. A diferencia de fenómenos como los eclipses, en los cuales es posible realizar predicciones precisas con anticipación de siglos, los terremotos no admiten fórmulas deterministas que permitan calendarizar su ocurrencia. En el caso de los terremotos, la descripción matemática se realiza por medio de ecuaciones diferenciales parciales no lineales y modelos probabilísticos que se asemejan a los utilizados en el estudio de catástrofes bursátiles.

En las finanzas, los expertos son capaces de identificar factores de riesgo a pesar de carecer de técnicas para emitir predicciones exactas. Análogamente, los geólogos pueden identificar focos amarillos tales como fallas, desplazamientos de grandes masas y regiones de acumulación de energía. Esto permite diseñar políticas públicas y estrategias de información para mitigar los efectos de eventuales movimientos telúricos de gran magnitud.

La predicción de catástrofes tales como huracanes, terremotos y cracs financieros es terreno fértil para “videntes” que utilizan métodos alejados de la ciencia para crear caos con fines de notoriedad o lucro. Es muy importante que la población en general se adentre en el conocimiento de los fenómenos físicos y de los métodos matemáticos de análisis que permiten sustentar la toma correcta de decisiones, estableciéndose con ello protocolos eficientes, verdaderas culturas de previsión y apoyo solidario.



## Olas de calor y aumento de los niveles de ozono en la CDMX: una correlación evidente\*

96

La temperatura es el detonador meteorológico más importante para la producción de episodios de ozono en regiones caracterizadas por altos niveles de emisión de gases contaminantes.

En días recientes los medios de comunicación han descrito, por separado, altas temperaturas sucedidas a lo largo del día en toda la República (en particular en la Ciudad de México) y muy altos niveles de ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México. Existe evidencia científica abrumadora de que estos dos fenómenos no son independientes y se encuentran vinculados con los procesos de cambio climático causantes del fenómeno del calentamiento global.

Es interesante observar que apenas dos semanas antes de que se aplicaran las primeras medidas relativas al programa Hoy No Circula, la revista *Geophysical Research Letters* publicó un estudio muy detallado relacionando el impacto de las ondas de calor con episodios de ozono, proyectados estadísticamente hasta los próximos 45 años.

Los modelos se basan en las leyes físicas conocidas para modelar fenómenos de transporte en presencia de reacciones químicas de manera conjunta con estadísticas ambientales (presiones, temperaturas, velocidades de los vientos).

Este trabajo lo desarrolló un grupo interdisciplinar de la Universidad de Harvard y del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas de Colorado, y concluye que el incremento de gases de efecto invernadero origina aumentos de temperatura en toda Norteamérica. Estas altas temperaturas tienen implicaciones directas con las frecuencias de duración de episodios de ozono extremos.

Estudios similares se conocen desde hace más de 10 años, en ellos se detalla que existe un umbral de incomodidad por arriba de los 26 °C. Si a esas temperaturas se presentan emisiones de gases contaminantes provenientes de industrias, automóviles, desechos de sustancias, etc., los episodios de ozono se agudizan y son causa de daños a la salud plenamente documentados.

Los modelos citados presuponen que la actividad humana actual seguirá constante, por lo que cambios de fondo en los ámbitos sociales y económicos referentes a la producción de energía son imperativos.

Es pertinente hacer notar que, de acuerdo con los estudios, el vínculo entre temperatura y niveles de ozono no está completamente comprendido en geografías diferentes a las del Valle de México.

---

\* Publicado el 6 de mayo de 2016. <http://www.iberomexico.com/prensa/olas-de-calor-y-aumento-de-los-niveles-de-ozono-en-la-CDMX-una-correlacion-evidente>.



En nuestra ciudad se cumplen varias características relativas a presión, temperatura, velocidad de los vientos y emisión de gases que la hacen especialmente vulnerable a episodios de ozono. Cualquier nuevo factor altera el precario equilibrio fisicoquímico existente en lo que nos rodea, ésta es una certeza fundamentada en las leyes físicas que orienta a cada miembro de la sociedad a actuar en todo momento, y en toda circunstancia, de manera responsable y con respeto al medio ambiente.

### Referencias

1. L. Shen, L. J. Mickley y E. Gilleland, "Impact of increasing heat wave on US ozone episodes in the 2050s: Results from a multimodel analysis using extreme value theory", *Geophysical Research Letters*, 15 de marzo de 2016.
2. Sandrine A Lacour, Michèle de Monte, Patrice Diot, Jérôme Brocca, Nadège Verón, Patrice Colin, Valérie Leblond, "Relación entre el ozono y la temperatura durante la ola de calor de 2003 en Francia: consecuencias para la salud de análisis de datos", *BMC Public Health*, 6, 261-261, 2006.



## Ciclos de concentración de ozono en la Ciudad de México: valores máximos a temperaturas máximas\*

98

Desde hace aproximadamente dos meses la Ciudad de México se ha convertido en un inmenso laboratorio atmosférico. Los capitalinos enfrentamos cada día incertidumbres relacionadas con el transporte cotidiano y los posibles daños a la salud derivados del deterioro del medio ambiente en el Valle de México. La contingencia actual es en cierto sentido inesperada para aquellos que vivimos los orígenes del programa Hoy No Circula en la década de los noventa, y ciertamente nos obliga a realizar procesos de reflexión y análisis.

Hace algunos días se han hecho diversas referencias<sup>1</sup> al papel que la temperatura ambiente desempeña en la evolución del indicador más apremiante en estas semanas: el ozono.

Si bien es ampliamente conocido que la contaminación atmosférica es un fenómeno multifactorial, es importante resaltar que para el caso del ozono la respuesta a la temperatura ambiente es mucho más notoria que en el caso del resto de los contaminantes considerados por los sistemas de monitoreo empleados en la megalópolis. Las gráficas que se muestran a continuación deben ser examinadas con mucho cuidado por el lector, pues representan un insumo relevante para tomar decisiones relativas a la situación por la que atraviesa la CDMX.

La primera gráfica corresponde a una especie de órbita en la cual cada punto corresponde a un par ordenado "temperatura-nivel de ozono" en una hora determinada del día. A partir de las 10:00 de la mañana se observa un incremento agudo de los puntos de ozono alcanzando una cúspide alrededor de las 15:00 horas, en coincidencia con la temperatura máxima del día.

En esa fecha se decretó fase 1 de contingencia ambiental, con la consecuente medida del Doble Hoy No Circula. En la segunda gráfica se muestra el comportamiento de los mismos indicadores con fecha 9 de mayo. El comportamiento cualitativo es prácticamente idéntico, aunque afortunadamente no se alcanzó el nivel crítico de 150 puntos correspondientes a la activación de la acción remedial. Resulta evidente la correspondencia temperatura-ozono anteriormente citada.

Es pertinente hacer notar que en la segunda gráfica se observa una importante caída en el indicador a partir del descenso de la temperatura. En esa misma tarde se presentó lluvia en diversos puntos de la Ciudad de México, lo cual nos hace recordar que el fenómeno de la contaminación tiene diversas causas y muestra variaciones importantes debido a muy diversos factores meteorológicos tales como la humedad del ambiente (evidentemente la emisión de gases precursores del ozono, vinculados con la acción humana, es también un factor de alta relevancia).

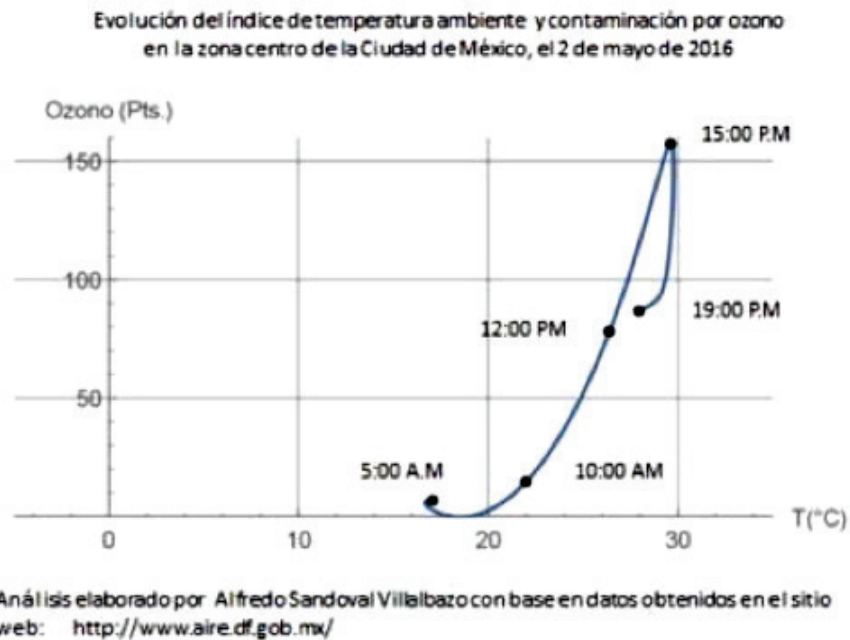
---

\* Publicado el 12 de mayo de 2016. <http://ibero.mx/prensa/ciclos-de-concentraci-n-de-ozono-en-la-ciudad-de-m-xico-valores-m-ximos-temperaturas-m-ximas>

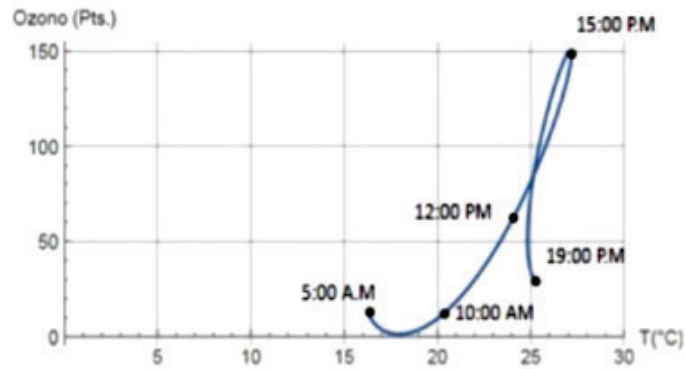
Finalmente, en la tercera gráfica se muestran al lector los indicadores correspondientes al martes 12 de enero de 2016, es decir, en pleno invierno. En esa fecha no se presentaron fenómenos de importancia respecto a la humedad (lluvia) y la actividad urbana se desarrolló de manera rutinaria, con el ajetreo característico de nuestra capital.

La tercera gráfica muestra un comportamiento análogo a las evoluciones registradas en los días de mayo de 2016, con la muy importante salvedad de que la temperatura en invierno no alcanzó los 20 °C. Los índices máximos de ozono no rebasaron los 30 puntos, manteniéndose a lo largo del día una calidad del aire "buena" respecto a este contaminante. Nuevamente se observa una caída abrupta con el descenso de la temperatura en el atardecer, y en la ausencia de radiación solar.

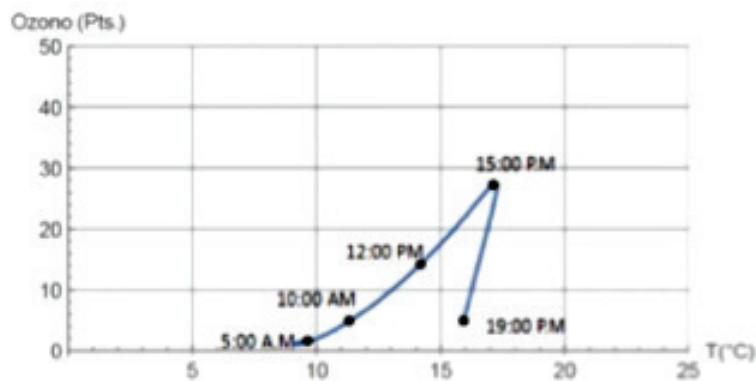
Un estudio formal correspondiente a las órbitas de los contaminantes a lo largo del día se ha desarrollado de manera conjunta con la ingeniera física Ángela Mariscal Sánchez, en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México, en el Departamento de Física y Matemáticas.



Gráfica 1: Concentración de ozono en términos de temperatura y hora el 2 de mayo de 2016



Gráfica 2: Concentración de ozono en términos de temperatura y hora el 9 de mayo de 2016



Gráfica 3: Concentración de ozono en términos de temperatura y hora el 12 de enero de 2016

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Olas de calor y aumento de los niveles de ozono en la CDMX: una correlación evidente", *Prensa Ibero*, 2016. <http://www.ibero.mx/prensa/olas-de-calor-y-aumento-de-los-niveles-de-ozono-en-la-cdmx-una-correlacion-evidente>.



## Los océanos como fuente de energía sustentable\*

La temperatura y la presión son dos propiedades del océano que varían notablemente desde la superficie hasta las profundidades. A cien metros de profundidad el descenso de la temperatura es de 20 °C, al tiempo que el aumento de la presión es de 10 veces la presión atmosférica (imagine el lector un aumento de sus ingresos mensuales en un factor de 10).

101

Como referencia, un buzo profesional del corte de películas tipo *Azul profundo* desciende a niveles de aproximadamente 65 metros por debajo de la superficie. A esa profundidad el buzo debe resistir cerca de seis veces el valor de la presión en tierra. La variación de estas magnitudes físicas permite producir energía de manera limpia y autosustentable.

Existen varias formas de aprovechar estas fuerzas termodinámicas para producir energía eléctrica. El tipo de ingeniería al que se hará referencia hubiera sido imposible que lo desarrollaran nuestras civilizaciones hace 500 años, dado que se desconocían las leyes básicas del electromagnetismo y de la termodinámica.

A mediados del siglo XIX se descubrió que un imán girando con respecto a un alambre conductor genera electricidad en éste. La cantidad de electricidad producida es mayor a medida que aumenta la velocidad de giro. La ingeniería mecánica posibilita diseños creativos que facilitan el acoplamiento de los conductores eléctricos a los sistemas magnéticos. Este proceso da lugar a las plantas que abastecen de energía eléctrica a nuestras sociedades contemporáneas.

Una de las alternativas para generar corrientes inducidas en el mar se basa en el uso de vapor de agua a muy alta presión. La evaporación del agua de mar puede crearse a partir de bombas de vacío. Al entrar a una cámara de muy baja presión, el agua de mar se evaporará de inmediato. La presión del vapor de agua es suficientemente alta para hacer girar las aspas de generadores a velocidades que garantizan la inducción. Tanto el evaporador como el generador pueden estar ubicados cerca de la superficie, pero el vapor saliente debe ser conducido por medio de ductos hasta alcanzar altas profundidades, de manera que el vapor se condense por medio del agua fría y el líquido se recupere por el océano. Éste es un ciclo termodinámico abierto, en el cual únicamente se requiere agua de mar como fluido de trabajo.

Una segunda alternativa es aprovechar las corrientes oceánicas y el oleaje marino. En este caso el término técnico es *energía mareomotriz*, en la cual las mareas y las corrientes marítimas generan directamente el movimiento en turbinas para inducir las corrientes eléctricas. Nuevamente el fluido de trabajo es el agua de mar, no existe consumo de combustibles fósiles y tampoco se emiten gases de efecto invernadero que agraven el problema de calentamiento global en nuestro planeta.

---

\* Publicado el 13 de julio de 2016. <http://www.iberomex.mx/prensa/los-oc-anos-como-fuente-de-energ-sustentable>.

En este proceso interviene el efecto de la Luna sobre las mareas: cuando una región de la Tierra se encuentra cerca de nuestro satélite el campo gravitacional atrae al océano hacia sí aumentando la altura del nivel de agua. Cuando la luna continúa su traslación y se aleja, el nivel del agua desciende. Al construirse una presa semiabierta colindando con el mar, la diferencia de niveles de agua puede llegar a ser del orden de 2.3 metros. La energía potencial, sumada a la energía de movimiento asociada a corrientes costeras posibilita la anhelada inducción con bajo impacto ambiental.

Existen varios retos para la ingeniería contemporánea asociados al desarrollo de estas tecnologías, entre ellos se encuentra la reducción de costos de mantenimiento, la optimización del uso de corrientes y la realización de estudios definitivos de impacto ambiental. Sin embargo, las posibilidades que ofrece el desarrollo de estas ideas en un país como México, el cual cuenta con amplios litorales, merece la atención de los jóvenes ingenieros que se están formando en nuestras instituciones educativas.



## La actividad actual del Popocatépetl: certidumbres e incertidumbres\*

Agosto de 2016 comenzó con imágenes de actividad notoria de Don Goyo. El Popocatépetl una vez más cubrió de ceniza a varias alcaldías de la Ciudad de México y trastocó durante algunas horas actividades en regiones rurales y urbanas de Puebla, Morelos y el Estado de México.

103

La cercanía de un volcán activo a regiones densamente pobladas invita a reflexionar sobre la naturaleza del fenómeno y sobre las probabilidades de escenarios de riesgo derivados de esta situación geográfica.

De acuerdo con los datos geológicos, este legendario personaje mexicano tiene cerca de cinco millones de años de existencia y la ciencia contemporánea hace posible inferir rasgos importantes sobre su historial, siendo capaz de monitorear su actividad actual con gran detalle.

Existen semejanzas y diferencias importantes entre catástrofes naturales como los terremotos, los huracanes y las erupciones volcánicas. En todos estos fenómenos hay elementos de impredecibilidad: no se puede anticipar el momento exacto en el que ocurrirá un movimiento telúrico, se formará una tormenta atmosférica o hará erupción un volcán.

Asimismo, en los tres casos existen procedimientos de mediciones de alta precisión, útiles para declarar estados de alerta de manera oportuna. A pesar de ello, los tiempos con los que las poblaciones deben responder corresponden a muy diferentes escalas. Por ejemplo, la capacidad de reacción ante una alarma sísmica para la Ciudad de México debe ser del orden de 50 segundos, mientras que una población costera puede contar con al menos un par de días emprendiendo acciones para atemperar las consecuencias de un huracán.

El caso de los volcanes es un poco más complicado. En los temblores convencionales dos placas tectónicas de gran tamaño chocan y generan una onda sísmica que se propaga a través del subsuelo; en los volcanes, los fluidos muy calientes como el magma (y gases que contienen mezclas de diversos gases) colisionan con cámaras internas, generando temblores volcánicos o tremores.

Estos tremores pueden detectarse con sismógrafos de alta sensibilidad y son indicativos de posibles erupciones, con una anticipación mucho mayor a la que se tendría por el simple monitoreo visual.

Este sistema se complementa con el monitoreo geodésico<sup>1</sup>, el cual detecta posibles "regiones infladas" debido a aumentos de presión interna. Una analogía simple de esta técnica correspon-

---

\* Publicado el 2 de agosto de 2016. <http://ibero.mx/prensa/la-actividad-actual-del-popocat-petl-certidumbres-e-incertidumbres>.

de a lo que ocurre con las latas cilíndricas de papas fritas que se encuentran en los supermercados, en las cuales la superficie sellada en la parte superior se abomba ligeramente por la presión ejercida por el sistema gaseoso interno. De la misma manera, las deformaciones en la superficie del volcán también pueden ser detectadas y ser utilizadas como indicador de aumento de la actividad.

## 104

Los sistemas de monitoreo mencionados permiten establecer tiempos de respuesta holgados en caso de eventos volcánicos de gran alcance, los cuales a pesar de ser muy poco frecuentes no son imposibles.

Don Goyo ha estado activo más de medio millón de años y ha registrado al menos tres erupciones de enormes proporciones<sup>2</sup>. Este tipo de evento causaría un daño de muchísima mayor magnitud que las emisiones de ceniza registradas en esta década (compare el lector algunos estornudos contra una fuerte neumonía). Aun en este improbable caso, los sistemas de monitoreo mencionados permitirían lograr la ejecución de acciones de prevención eficientes que evitarían efectos catastróficos para la población circundante al gran coloso.

### Referencias

1. Información adicional sobre los sistemas de monitoreo del Popocatepetl puede encontrarse en <http://www.cenapred.unam.mx:8080/monitoreoPopocatepetl>.
2. Es posible consultar la historia geológica del Popocatepetl en R. Espinasa-Pereña y A. L. Martín-Del Pozzo, "Morphostratigraphic evolution of Popocatepetl volcano" en C. Siebe, J. L. Macías y G. J. Aguirre-Díaz (eds.), *Neogene-Quaternary continental margin volcanism: A perspective from Mexico*, Geological Society of America Special Paper, 402, p. 101-123.





## Asteroide Bennu: ¿el Armagedón de la Tierra del siglo xxii?\*

El 8 de septiembre de 2016, la NASA lanzó al espacio la astronave no tripulada OSIRIS-REx, la cual realizará una misión de siete años para obtener muestras e información astrofísica del asteroide Bennu.

105

Los trabajos a realizar harán posible concluir sobre la posibilidad de que Bennu represente una amenaza a la vida en nuestro planeta durante los siguientes 200 años. Adicionalmente, las muestras a recolectar enriquecerán de manera sustancial nuestros conocimientos sobre aspectos fundamentales de astrobiología y minería espacial.

Por su tamaño y peso, Bennu se encuentra clasificado como objeto potencialmente peligroso para la Tierra. En 2035, el asteroide se encontrará más cercano a nuestro planeta que la Luna, y existirán posibilidades nada despreciables de que colisione con la Tierra entre los años 2175 y 2199.

La probabilidad de este catastrófico evento se estima en 1/2700, una cifra significativamente más alta que la correspondiente a ganar la lotería o morir en un accidente de aviación<sup>1</sup>. Estos pronósticos podrían ser más alarmantes debido a perturbaciones gravitacionales y a fenómenos relacionados con la absorción y emisión de energía solar por parte del asteroide.

El efecto Yarkovsky corresponde a la emisión nocturna del calor absorbido durante el día, lo que da lugar a un pequeño impulso capaz de alterar significativamente aspectos de la trayectoria de un asteroide<sup>2</sup>. Las intensidades de este efecto no pueden establecerse con base en instrumentos situados en la Tierra, pero podrán ser determinadas por la misión OSIRIS.REX.

La misión tendrá su punto culminante en julio de 2020. En dicho periodo, una cápsula robótica enviada desde la astronave aterrizará en la superficie de Bennu y durante unos cuantos segundos recolectará entre 60 gramos y dos kilogramos de material, que podrá analizarse en laboratorios terrestres en 2023. En las muestras se priorizará la posible identificación de componentes esenciales para la vida, tales como azúcares y aminoácidos. En paralelo se buscan materiales de alto valor comercial (como el platino), lo que iniciará formalmente la era de la minería en asteroides.

Es interesante observar que el punto de aterrizaje de la cápsula robótica será seleccionado cuando la astronave se encuentre cerca de Bennu. La topografía del asteroide se establecerá con todo detalle por OSIRIS.REX, no sólo para comprender contrapartes extraplanetarias de procesos geológicos, sino también para determinar puntos apropiados para realizar minería.

---

\* Publicado el 14 de septiembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/asteroide-bennu-el-armaged-n-de-la-tierra-del-siglo-xxii>.

Eventualmente, si el asteroide resulta de muy alto peligro para la Tierra en el siglo xxii, la información podría utilizarse para ejecutar indispensables maniobras defensivas como la mostrada en la película *Armageddon* (1998).

**106** Ésta no es la primera ocasión en la cual la tecnología humana hace posible la recolección de muestras de un asteroide. La astronave japonesa *Hayabusa* (halcón peregrino) logró recolectar muestras del asteroide Itokawa en 2005, permitiendo el análisis en laboratorios terrestres cinco años después.

En este contexto, la misión *OSIRIS-REX* debe cumplir objetivos más ambiciosos. Por sus siglas en inglés, el acrónimo asociado con la deidad egipcia se relaciona con los orígenes de la vida y la seguridad de nuestro planeta. El nombre del asteroide también corresponde con la mitología egipcia, ya que por su forma se asemeja a una garza que acompaña espiritualmente a Osiris y se identificaba con el Sol y con la muerte. El desarrollo de esta nueva misión de la NASA merece seguirse con atención, pues presenta características inéditas en el ámbito de la exploración espacial.

#### Referencias

1. N. Drake, "10 Things to Know About NASA's Mission to Taste an Asteroid", *National Geographic*, 2016. <http://news.nationalgeographic.com/2016/09/ten-things-to-know-nasa-mission-asteroid-osiris-rex-bennu/>.
2. Una descripción amplia del efecto Yarkovsky puede encontrarse en el portal oficial de la misión espacial: <http://www.asteroidmission.org/qa>.



## Calentamiento global alcanza máximos históricos en 2016\*

Durante los meses de julio y agosto de 2016, se registraron las temperaturas más altas a nivel global en la superficie de la Tierra desde que se comenzaron a llevar mediciones sistemáticas en 1880. La NASA publicó esta información en los primeros días de septiembre de 2016 y otras instituciones la validaron<sup>1</sup>. De hecho, durante diez meses seguidos se han roto los récords de este indicador, lo que a su vez obliga a nuestras sociedades a profundizar sobre las acciones tendientes a enfrentar el problema.

107

Los registros de las altas temperaturas globales se suman al mínimo histórico de la cantidad de hielo existente en el océano Ártico debido al derretimiento de los glaciares. Los efectos sobre la ecología de la zona, así como el aumento del nivel de la altura media de los océanos, son objeto de estudio a marchas forzadas por parte de universidades y agencias gubernamentales.

Actualmente, existe un consenso que identifica a la especie humana como la causa principal del cambio climático, y se expresa así en más de 97% de la literatura científica especializada<sup>2</sup>. Las emisiones de bióxido de carbono, así como otros gases de efecto invernadero existentes desde la época de la Revolución industrial, han contribuido de manera fundamental a un aumento anómalo de la temperatura de aproximadamente 0.6 °C desde el periodo de 1950 a 1980 hasta nuestros días.

El calentamiento global no puede ignorarse y requiere la mayor de las atenciones, ya que nunca en la historia de la humanidad se ha hecho necesaria una verdadera unidad entre los distintos sectores que conforman nuestras sociedades.

A finales del siglo XIX era muy difícil que el ciudadano promedio comprendiera los efectos a largo plazo de las emisiones de bióxido de carbono asociadas a la actividad humana. En aquellos años, el químico Svante Arrhenius estableció proyecciones y realizó advertencias directamente relacionadas con el calentamiento global y sus implicaciones, pero en la práctica se desestimaron.

En contraste, la tecnología satelital contemporánea se ha combinado con los avances en el campo de la física molecular para establecer, sin mayor margen de duda, lo grave que sería para el futuro de la humanidad el omitir la ejecución de medidas contundentes para frenar estas emisiones.

La actividad humana ha incrementado las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera cerca de 33% desde el inicio de la Revolución industrial. Estas emisiones afectan a la ecología de maneras muy diversas. Por ejemplo, numerosas especies no tienen el tiempo suficiente para adaptarse a los cambios y terminan extinguiéndose.

---

\* Publicado el 21 de septiembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/calentamiento-global-alcanza-m-ximos-hist-ricos-en-2016>

Adicionalmente, se estima que muchas comunidades humanas perderán la oportunidad de abastecerse de una importante cantidad de agua proveniente de los glaciares. El peor escenario corresponde a la ausencia de medidas de control de emisiones de bióxido de carbono y gases de efecto invernadero. Esta tendencia se puede observar en la Figura uno.

**108** No debe olvidarse que la raza humana ya superó una crisis ambiental que amenazaba su existencia. Cuando se verificó científicamente que nuestro escudo de ozono atmosférico contra la radiación ultravioleta se veía afectado por nuestras emisiones de clorofluorocarbonos (aerosoles), se firmó el protocolo de Montreal (1987). Hoy, las imágenes satelitales muestran que la capa de ozono se ha restaurado evitándose una catástrofe planetaria.

En el mismo espíritu, el Acuerdo de París contra la emisión de gases de efecto invernadero lo firmaron 175 países (incluido México) en abril de 2016. Es evidente que el futuro de las generaciones venideras dependerá del éxito de esta valiosa iniciativa<sup>3</sup>.

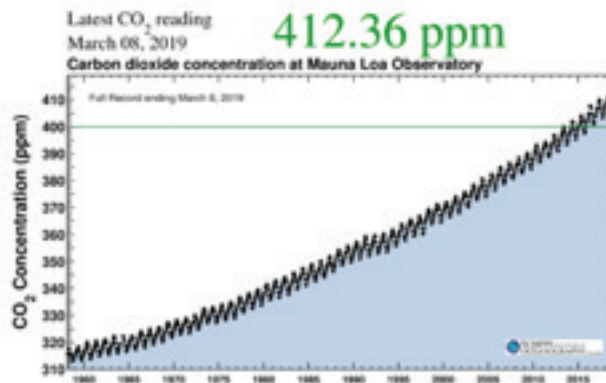


Figura 1: Evolución de la concentración de dióxido de carbono atmosférico a partir de 1980. Fuente: [https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/mlo\\_full\\_record.png](https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/mlo_full_record.png)

## Referencias

1. L. McCarthy y M. Cabbage, "Visualizing the Warmest August in 136 Years", NASA, Earth Observatory. <http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/earthmatters/2016/09/12>.
2. J. Cook *et al.* "Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming", *Environ. Res. Lett.* 11, 2016. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/048002/pdf>.
3. Información generada por la ONU en referencia al Acuerdo de París puede encontrarse en <http://newsroom.unfccc.int/es/acuerdo-de-paris/175-estados-firman-el-acuerdo-de-paris>.

## Nace sistema de alarma contra tormentas solares\*

*El satélite ACE permitirá prevenir catástrofes causadas por flujos de partículas provenientes del Sol*

Las redes complejas de energía eléctrica son indispensables en la actividad cotidiana contemporánea. Actividades tales como las operaciones bancarias, la distribución de agua en las ciudades y la organización de rutas de transporte internacionales dependen del suministro de electricidad. En este contexto, es indispensable identificar factores de alto riesgo que impidan el funcionamiento de las redes de producción a gran escala. Entre ellos, uno de los más difíciles de prevenir es la actividad solar anómala de gran intensidad.

En 1989, millones de personas quedaron en completa oscuridad en el área de Quebec, Canadá, debido a flujos de partículas ionizadas producidas en el Sol. En 2003, otros eventos semejantes afectaron seriamente a la red eléctrica de Sudáfrica y a una planta de energía atómica sueca, la cual tuvo un delicado problema de sobrecalentamiento debido a que la actividad solar entorpeció el sistema de control de temperatura del reactor nuclear (ello pudo causar un evento semejante al de Fukushima, cuando un tsunami afectó al sistema de enfriamiento en dicha planta).

Ante estos hechos, se hizo evidente la necesidad de crear un sistema de alarma capaz de alertar eficientemente a las poblaciones afectadas por este tipo de tormentas.

*Tormenta solar* es el término que se asigna cuando importantes cantidades de partículas provenientes del Sol ingresan en nuestra atmósfera. Estas partículas poseen carga eléctrica y por ello afectan sistemas de comunicación y producción de energía. Aunque el campo magnético de la Tierra proporciona un formidable escudo contra este tipo de flujos, en ocasiones las intensidades y las direcciones son tales que las partículas son capaces de evadir la defensa geofísica.

A pesar de que los observatorios terrestres pueden monitorear fácilmente la actividad solar, los puntos de impacto de este tipo de tormentas son tanto o más difíciles de predecir que los de los huracanes. Monitorear el Sol no es suficiente para realizar predicciones detalladas sobre los efectos de las tormentas en la Tierra. Para el caso de los huracanes recién formados, los satélites generan datos que alimentan modelos matemáticos, que a su vez permiten establecer trayectorias, intensidades y medidas de alerta.

En este mismo tenor, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) ha emplazado un satélite situado a 1.5 millones de kilómetros de nuestro planeta para precisar la intensidad y trayectoria de las tormentas solares y así lograr alertar a las regiones afectadas.

\* Publicado el 27 de septiembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/nace-sistema-de-alarma-contra-tormentas-solares>.

El sistema de monitoreo comenzó a funcionar a finales de septiembre de 2016 y los resultados de los estudios sobre la peligrosidad de la actividad solar se comparten públicamente en el sitio web de la NOAA<sup>1</sup>. En el caso de que exista un escenario semejante al de la planta nuclear sueca se tendrá un tiempo de respuesta de entre 20 minutos y una hora para aplicar medidas que permitirán evitar catástrofes.

La NOAA ha llamado a este satélite ACE: Explorador Avanzado de Composición (Advanced Composition Explorer), siendo el primero de una generación que permitirá conocer estas facetas de la actividad solar con un detalle no visto en la historia humana. En un contexto más amplio, los datos recabados por ACE contribuirán a adelgazar un poco más a la región que separa lo que podemos predecir de forma precisa de aquello que elude la certidumbre, y que en nuestra ignorancia acostumbramos atribuir a la circunstancia o al azar.

#### Referencias

1. A. Witze, "US sharpens surveillance of crippling solar storms", *Nature*, 537, 458-459, 22 de septiembre de 2016. Los datos recabados por el satélite ACE son accesibles de forma gratuita en <http://www.swpc.noaa.gov/products/ace-real-time-solar-wind>.



## **Patricia, el súper huracán que eludió todas las previsiones\***

*Se registran nuevos avances en los sistemas de alerta contra huracanes de alta intensidad*

111

Entre el 22 y el 23 de octubre de 2015, la intensidad de los vientos del huracán Patricia aumentó desde 138 hasta 335 kilómetros por hora. En menos de un día se había registrado un inesperado y peligroso salto de categoría 1 a la 5 en este fenómeno natural.

Con *Patricia*, los más sofisticados modelos matemáticos y toda la tecnología satelital resultaron insuficientes para emitir un pronóstico certero. El meteoro de mayor fuerza en la historia moderna de la humanidad se acercaba a territorio nacional, poniendo en estado de máxima alerta a toda la población en buena parte de la costa oeste de nuestro país.

En un suceso providencial (no tengo otra palabra para describirlo), para la madrugada del 24 de octubre *Patricia* había perdido la mayor parte de su fuerza destructiva. El tipo de perfil de velocidades de los vientos a diferentes altitudes entorpeció la evolución de la estructura del huracán, y con ello disminuyó su eficiencia para convertir energía térmica en energía mecánica.

Este fenómeno no es común, de la misma manera que es muy improbable que un ciempiés pierda la coordinación en el movimiento ondulatorio de sus patas y tropiece al subir por el tronco de un árbol. Aun con ello, generó daños por 325 millones de dólares, causó seis decesos y afectó cerca de 10 mil hogares mexicanos.

En este contexto, especialistas del Centro Nacional de Investigación Atmosférica, localizado en Boulder, Colorado, han realizado importantes avances para entender por qué los modelos de previsión fracasaron en el caso de Patricia y cómo lograr que en el futuro las predicciones sean mucho más oportunas<sup>1</sup>.

Los modelos matemáticos utilizados se basan en la solución de un sistema de ecuaciones que incluyen simultáneamente balances de masa, momentum y energía. La solución de las ecuaciones permite predecir la evolución de la velocidad de los vientos, la trayectoria del huracán y otras variables como la presión interna y el perfil de temperatura. La complejidad de las ecuaciones impide su resolución simbólica (establecer fórmulas), por lo que el sistema se transforma a una estructura con la que los equipos de cómputo avanzado pueden desplegar pronósticos de manera numérica y gráfica.

---

\* Publicado el 25 de octubre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/patricia-el-s-hurac-n-que-eludi-todas-las-previsiones>

Los nuevos estudios indican que a los modelos existentes les faltó resolución. Usualmente, los códigos computacionales subdividen la superficie oceánica en secciones de 15 kilómetros cuadrados, y en ellas se aplica la formulación matemática de las leyes físicas mencionadas.

112 La superficie total de *Patricia* en su etapa de mayor peligrosidad era de aproximadamente medio millón de kilómetros cuadrados, de forma que los códigos computacionales trabajaron con cerca de 33 mil secciones superficiales. Lo que se encontró es que al aumentarse la resolución entre cinco y 15 veces, fue posible reproducir los cambios bruscos de intensidad del huracán en varias de las nuevas simulaciones, aunque no en todas.

Es interesante observar que uno de los factores que más influyeron en el rápido desarrollo de este huracán fue la alta temperatura superficial registrada en la superficie oceánica. Los 30.8 °C existentes al momento de la formación del meteoro se encuentran dentro del 1% más alto de los registros históricos en el Pacífico.

El fenómeno es un poco más común en el Atlántico, en donde el aumento de intensidad se da alrededor de los 28.4 °C. Es evidente que los actuales escenarios de calentamiento global no admiten optimismo alguno respecto de las intensidades de los huracanes en los próximos años.

La capacidad de predecir el comportamiento de los huracanes difiere significativamente de su contraparte para eventos deterministas tales como el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Aunque la combinación del conocimiento de las leyes físicas y el advenimiento del cómputo de alto rendimiento han permitido a nuestras sociedades anticipar numerosos eventos destructivos, aún quedan muchos retos por superar.

El huracán *Patricia* nos proporcionó un gran aprendizaje a un costo mucho menor al que pudo haber enfrentado nuestro país.



*Patricia* impactó en territorio nacional con categoría 5. La imagen está disponible en la dirección electrónica <https://www.wunderground.com/hurricane/eastern-pacific/2015/Post-Tropical-Cyclone-Patricia>



## Referencias

1. K. Ryder Fox, "Dissecting the rapid intensification of Hurricane Patricia", Physics Today daily edition, 21 de octubre de 2016. <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.5.4025/full/>.



## 2017: un año decisivo en la lucha contra el cambio climático\*

114

Durante 2016 aumentaron significativamente las tasas de extinción de especies animales y vegetales en diferentes localidades del planeta. Los resultados de los estudios indican que la acción humana posterior a la Revolución industrial ha generado un aumento global de la temperatura del orden de un grado centígrado.

Dicho aumento es responsable de alterar el equilibrio ecológico alcanzado durante millones de años de evolución<sup>1</sup>. Es evidente que la extinción de especies se acentuará a medida que se incrementa el ritmo del calentamiento global en las próximas décadas.

Si bien numerosos países han alcanzado logros significativos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, existe una gran incertidumbre respecto a las decisiones de carácter ambiental que se desarrollan en Estados Unidos en la administración de Donald Trump<sup>2</sup>.

En este contexto, dos puntos deben ser especialmente observados. El primero se refiere al papel que la NASA desempeña como medio para obtener y comunicar medidas precisas sobre los parámetros ambientales fundamentales. El segundo corresponde a los obstáculos que los especialistas estadounidenses deben enfrentar.

Durante la administración del presidente Obama, la NASA se caracterizó por hacer uso de tecnología satelital de primer nivel para monitorear bióxido de carbono, temperatura global, intensidades de corrientes marinas, potencia de huracanes y afectaciones sobre flora y fauna debidas a la acción humana.

El actual gobierno ha manifestado desde su inicio la intención de reorientar a la NASA hacia actividades relacionadas con la exploración espacial en el espacio profundo, dejando de priorizar el problema del cambio climático que afecta al planeta.

Varios de los especialistas vinculados con el Departamento de Energía de Estados Unidos se encuentran actualmente bajo investigación por parte del equipo de Trump. Se les ha solicitado información específica de sus actividades, al tiempo que se ha sugerido que el problema del calentamiento global se ha exagerado en busca de provecho económico.

La investigación administrativa mencionada se ha extendido a laboratorios nacionales de gran prestigio y amenaza con entorpecer el desarrollo de las ciencias ambientales en una etapa crítica para la ecología global<sup>3</sup>.

---

\* Publicado el 2 de enero de 2017. <http://iberomex.mx/prensa/2017-un-ano-decisivo-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico>.

Ante este escenario la comunidad ambiental está actuando de manera decidida generando conocimiento científico y difundiendo resultados de manera clara y transparente a las sociedades.

Una excelente noticia en este tenor es la puesta en marcha del Sistema de Rastreo de Acción Climática (CAT, por sus siglas en inglés). Esta iniciativa permite compartir a las sociedades los logros por nación respecto a las metas estipuladas en el Acuerdo de París para reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Esta información estará disponible, vía internet, para cualquier persona de manera gratuita. El CAT será un elemento útil para la toma de decisiones referentes al uso de recursos para la ciencia en cualquier parte del mundo<sup>4</sup>.

Más allá de declaraciones basadas en la autoridad, el problema del cambio climático requiere de la aplicación del método científico y de la comunicación clara de la evolución de los eventos. La ciencia no es una actividad limitada a especialistas: es absolutamente universal. La ciencia repercute en la viabilidad de las sociedades, y su comprensión se encuentra al alcance de cualquier persona debidamente motivada.

El escenario derivado de la crisis ambiental que atraviesa el planeta es una gran oportunidad para que la humanidad haga buen uso del conocimiento objetivo, dando pie a un estado de unidad inédito en la historia contemporánea.

### Referencias

1. J. J. Wiens, "Climate-Related Local Extinctions Are Already Widespread among Plant and Animal Species", *PLoS Biol*, 14-12, e2001104, 8 de diciembre de 2016. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2001104>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Llega el principio del fin de la era del carbón; en México falta más trabajo", *Prensa Ibero*, 8 de noviembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/llega-el-principio-del-fin-de-la-era-del-carb-n-en-m-xico-falta-m-s-trabajo>.
3. Una descripción de este hecho puede encontrarse en <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/12/09/trump-transition-team-for-energy-department-seeks-names-of-employees-involved-in-climate-meetings>.
4. La información correspondiente al sistema de rastreo de acción climática se encuentra en <http://climateactiontracker.org>.



## Científicos, en alerta por indiferencia de Trump a cambio climático\*

116

*Piden a sus autoridades emprender acciones para que los avances sobre este tema no sean obstruidos por Estados Unidos*

En una carta con fecha 13 de enero de 2017, cien miembros de la comunidad científica de la Gran Bretaña se dirigieron a su primera ministra, Theresa May, para alertarla de una poca atendida situación derivada del ascenso de Donald Trump a la presidencia de Estados Unidos de América<sup>1</sup>.

En la misiva, académicos de los más prestigiados centros de estudios británicos enfatizan que la administración estadounidense ha desestimado la evidencia científica que muestra que el acelerado cambio climático por el que atraviesa la humanidad es producto de la acción humana. Los fenómenos climáticos no corresponden al mismo tipo de análisis matemático característico de eventos tales como la oscilación de un péndulo o el movimiento de un proyectil. Las ecuaciones que describen la formación de huracanes o el desprendimiento de glaciares involucran efectos que impiden predicciones fiables más allá de unos cuantos días (en el mejor de los casos).

De esta forma, no es posible precisar el momento en el cual un huracán impactará en una costa con meses de anticipación, ni el día y la hora en la cual se suscitará una inundación derivada del aumento del nivel del mar por acción del cambio climático. En estos últimos casos, únicamente pueden establecerse con certeza factores de riesgo, tal y como ocurre con varias enfermedades.

Al igual que se encuentra científicamente comprobado que el consumo de estupefacientes es un factor que aumenta significativamente el riesgo de generar desórdenes neurológicos graves, es también un hecho que la emisión de bióxido de carbono a la atmósfera genera un aumento de la temperatura global del planeta, capaz de causar la extinción de especies y la formación de huracanes de muy alta intensidad.

Que la capacidad predictiva para un evento específico sea limitada, no implica que exista una falta de consenso sobre la física fundamental inherente al calentamiento global<sup>2</sup>.

En diversas declaraciones, el equipo de Trump se ha referido a una supuesta falta de evidencias respecto del impacto de la acción humana sobre el clima del planeta, así como a supuestos intereses económicos tendientes a favorecer un uso innecesario y costoso de fuentes alternas de energía<sup>3</sup>.

---

\* Publicado el 17 de enero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/cientificos-en-alerta-por-indiferencia-de-trump-cambio-climatico>.

Es por ello que los científicos británicos solicitaron a su primera ministra emprender acciones decididas en previsión de que el trabajo relacionado con el cambio climático en Estados Unidos se vea obstruido por la administración Trump.

En la comunidad científica internacional no existen dudas referentes a la existencia del daño generado a la vida debido a las acciones humanas sobre el medio ambiente. En contraste, existen diferentes modelos para evaluar la gravedad de estas acciones a lo largo del tiempo. En este contexto, la humanidad posee muy poco margen para indecisiones o retrocesos derivados de la indiferencia hacia el conocimiento obtenido a través de décadas de riguroso trabajo realizado en el área de las ciencias ambientales.

117

### Referencias

1. La carta puede descargarse en <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2017/01/Climate-letter-to-PM-January-2017.pdf>.
2. J. Cook *et al.* "Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming", *Environ. Res. Lett.* 11, 2016. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/048002/pdf>.
3. R. Letzter, "Trump is taking advice on the future of the environment from a man who denies basic science", *Business Insider Australia*, 22 de noviembre de 2016. <https://www.businessinsider.com.au/trump-epa-climate-science-myron-ebell-2016-11>.



## Con “rebelión” *underground*, científicos combaten muro informativo de Trump\*

*Trump prohíbe a científicos dar entrevistas o declaraciones a los medios acerca de las implicaciones de los resultados de sus investigaciones sobre políticas públicas o gastos presupuestales*

118

David Lobell es un investigador de la Universidad de Stanford que estudia los efectos del cambio climático sobre la agricultura de Estados Unidos. Sus estudios incluyen la posibilidad de adaptación de diversos cultivos ante el fenómeno, de manera que las comunidades puedan tomar decisiones apropiadas que garanticen su alimentación a partir de la elección correcta de los vegetales a sembrar.

Lobell es uno de los miles de científicos estadounidenses que se oponen con firmeza a la reciente prohibición emitida al personal adscrito a varias agencias federales estadounidenses para compartir las implicaciones sociales de su saber profesional ante medios masivos de comunicación<sup>1</sup>.

La comunicación de hallazgos científicos de alto impacto social es semejante a una carrera de relevos 4x100. El investigador es el corredor de arranque, al obtener lo que a su juicio son evidencias sobre hechos de importancia previamente ignorados.

La estafeta pasa entonces a un conjunto de árbitros expertos y rigurosos que en caso de dictaminar positivamente confía el proceso al tercer relevo, el cual corresponde a un cuerpo editorial con especialistas de la comunicación escrita que llevan el producto académico terminado ante el pleno de la comunidad científica internacional. En esta etapa, el hallazgo original aparece en forma de artículo publicado en alguna revista internacional especializada, con arbitraje estricto. Existen cientos de revistas de este tipo. Algunos ejemplos son: *Nature*, *Astrophysical Journal* y *Physical Review Letters*.

El cuarto relevo es decisivo para garantizar que un descubrimiento de alta relevancia pueda ser conocido y comprendido por el público en general. Los medios de comunicación masiva con mayor capacidad de manejo de información especializada (por ejemplo, la BBC de Londres y diarios como el *Washington Post* o el *New York Times*) identifican la información de las revistas especializadas y la adaptan con lenguaje no técnico para que forme parte del acervo cultural de las sociedades.

Las notas de estos medios inclusive llegan a ser comentadas por los locutores de moda en las estaciones de radio. Es en esta etapa en donde la administración Trump ha entorpecido este importante proceso.

---

\* Publicado el 31 de enero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/con-rebelion-underground-cientificos-combaten-muro-informativo-de-trump>.

A pesar de que los investigadores científicos de las agencias federales pueden publicar sus resultados sin problema en las revistas técnicas, la disposición de la administración Trump prohíbe a los especialistas realizar entrevistas o declaraciones a los medios sobre las implicaciones de sus resultados sobre políticas públicas o gastos presupuestales<sup>2</sup>.

La medida restrictiva incluye las cuentas oficiales activas en redes sociales como Twitter y Facebook. Es algo semejante a evitar que una declaración importante emitida en lengua extranjera sea traducida y utilizada para un proceso de toma de decisiones de carácter social. La gravedad de la medida es evidente si se considera que la humanidad requiere información clara y transparente sobre problemas tales como el cambio climático y sus consecuencias para la vida en el planeta.

Ante esta situación, numerosos científicos en Estados Unidos se han movilizado de formas muy ingeniosas para evadir el muro informativo derivado de esta orden ejecutiva de Trump. Numerosas cuentas alternas “no oficiales” han surgido por parte de académicos con el hashtag #resist, y desde la misma Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) los investigadores más veteranos han evitado que se supriman del sitio web las referencias sobre las consecuencias de la acción humana sobre el cambio climático<sup>3</sup>.

Finalmente, los talleres de difusión de la ciencia han comenzado a generar un nuevo tipo de diálogo entre los especialistas y la sociedad en general<sup>4</sup>. Dado que el proceso tradicional de comunicación de la ciencia dista mucho de ser perfecto, numerosos investigadores han salido de su “torre de cristal” para transmitir a sus comunidades los elementos de mayor relevancia social referentes a la ciencia contemporánea de manera directa.

Un movimiento *underground* de transparencia científica se está gestando en Estados Unidos como respuesta a las medidas limitantes de una administración que actualmente está muy lejos de ubicar el lugar que el conocimiento científico debe ocupar en toda sociedad. En este sentido, la turbulencia generada por la imposición de barreras constituye una gran oportunidad para renovar diálogo entre ciencia y sociedad.



## Referencias

1. D. Fine Maron, "La administración de Trump restringe comunicación con la prensa de científicos en USDA y EPA", *Scientific American en Español*, 25 de enero de 2017. <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/la-administracion-de-trump-restringe-comunicacion-con-la-prensa-de-cientificos-en-usda-y-epa>.
2. D. Fine Maron, "USDA calls scientist gag order a misunderstanding, but some scientists still say an unprecedented clampdown may be underway", *Scientific American*, 25 de enero de 2017. <https://www.scientificamerican.com/article/usda-calls-scientist-gag-order-a-misunderstanding-rdquo>.
3. R. Bravender, "Trump officials suspend plan to delete EPA climate web pages", *E&E News*, 25 de enero de 2017. <http://www.sciencemag.org/news/2017/01/trump-officials-suspend-plan-delete-epa-climate-web-page>.





# Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático\*

*Observatorios especializados proporcionan información diaria de la evolución del indicador en distintas partes del planeta*

121

Charles David Keeling (1928-2005) fue uno de los primeros científicos que puso en evidencia la importancia de medir la cantidad de dióxido de carbono en nuestra atmósfera. La presencia de este compuesto inhibe la emisión de radiación de la superficie terrestre hacia el espacio exterior y genera un aumento de la temperatura global del planeta. A este fenómeno climático se le llama efecto invernadero.

Keeling asoció correctamente la intensidad del efecto invernadero con la actividad de los seres vivos y realizó mediciones precisas para determinar las concentraciones de dióxido de carbono en varios puntos de la Tierra, en distintas estaciones del año. Actualmente, numerosos observatorios climáticos proporcionan en tiempo real los valores de las concentraciones de los gases asociados al efecto. A la curva correspondiente a la evolución del dióxido de carbono a través del tiempo se le llama curva de Keeling (ver Figura 1).

La observación de la curva de Keeling permite identificar un incremento sostenido de los niveles de dióxido de carbono desde niveles de 315 partes por millón, en 1958, hasta aproximadamente 406 partes por millón, en enero de 2017.

El observatorio situado en la cima del volcán Mauna Loa, en Hawái, difunde el valor diario de este indicador a través de su sitio web<sup>1</sup> y de una cuenta de Twitter manejada en conjunto con la Universidad de California, en San Diego. El umbral de los 400 puntos fue superado oficialmente por primera vez en mayo de 2013 y aunque se han registrado vaivenes asociados con cambios estacionales, la tendencia ascendente se ha consolidado.

Existen cuatro observatorios de alta precisión adicionales al de Mauna Loa que confirman los datos mencionados. Éstos están situados en Samoa (Oceanía), en La Jolla (California), en Point Barrow (Alaska) y en el Polo Sur.

Adicionalmente, desde el primero de noviembre de 2016, la NASA se encuentra difundiendo mapas dinámicos obtenidos con el Observatorio Orbital de Carbón 2 (OCO-2, por sus siglas en inglés) que muestran la evolución de las concentraciones de dióxido de carbono en tiempo real, en distintas partes del globo terráqueo<sup>2</sup>. China también tiene en órbita un satélite dedicado al monitoreo de dióxido de carbono atmosférico, el cual está funcionando desde diciembre de 2016.

\* Publicado el 8 de febrero de 2017. <https://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.

Aunque la operación de todos estos observatorios es costosa, las mediciones realizadas en ellos son indispensables para que la humanidad obtenga información clara y transparente sobre indicadores correspondientes al cambio climático.

122 En días recientes, en Estados Unidos se han presentado diversas posturas públicas cuestionando información referente al calentamiento global y a su relación con riesgos para la vida en el planeta<sup>3</sup>. En este contexto, los datos públicos difundidos por observatorios de alta tecnología constituyen un antídoto para la desinformación, y un insumo de gran utilidad para la toma de decisiones en nuestras sociedades.

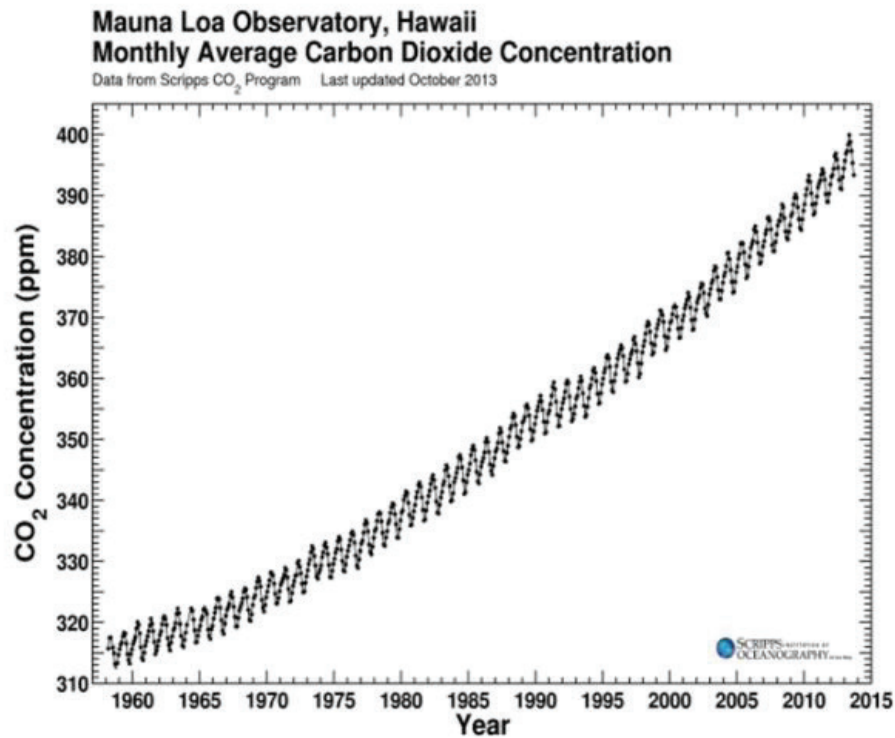


Figura 1: La curva de Keeling muestra el aumento de dióxido de carbono atmosférico a partir de la revolución industrial

#### Referencias

1. Los datos diarios sobre las concentraciones de dióxido de carbono obtenidas en el Observatorio Mauna Loa pueden encontrarse en <https://www.co2.earth/daily-co2>.
2. La dirección electrónica correspondiente a la información del satélite oco-2 es <http://oco.jpl.nasa.gov>.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "2017: un año decisivo en la lucha contra el cambio climático", *Prensa Ibero*, 2 de enero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/2017-un-ano-decisivo-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico>.

## El calentamiento global de mares supera previsiones\*

*Datos obtenidos con la red Argo indican que se ha registrado un importante aumento de la temperatura en los océanos a lo largo de las últimas décadas*

123

La temperatura promedio de los océanos ha aumentado de manera significativa en los últimos años. La magnitud de dicho incremento ha sido determinada con precisión en virtud del desarrollo de sensores flotantes que se han ubicado en distintos puntos del planeta y que transmiten sus lecturas a satélites ubicados en órbita alrededor de la Tierra. A partir del año 2000, comenzó la operación de una red de miles de sensores de este tipo llamada Argo, con el objetivo de establecer condiciones globales de temperatura, salinidad y corrientes de los océanos.

El sistema tiene una cobertura mundial desde 2005, contando con dispositivos situados desde la superficie de los mares hasta casi 2 mil metros de profundidad. Con base en los datos obtenidos por Argo ha sido posible establecer modelos confiables de la evolución de estas propiedades de los océanos, las cuales son esenciales para evaluar objetivamente las implicaciones del fenómeno del calentamiento global.

El más reciente de los estudios realizado con datos de Argo ha permitido concluir que el calentamiento actual de los océanos es acelerado y superior a las proyecciones obtenidas con modelos anteriores<sup>1</sup>. Una importante proporción del calor absorbido por los océanos se ha ubicado en el hemisferio sur del planeta. En particular, el Pacífico del sur ha resentido un aumento notable de temperatura a partir de 1998.

El modelo matemático empleado por los autores del estudio explica el porqué de la aparente pausa en el calentamiento global de finales del siglo xx. De hecho, dicha interrupción nunca ocurrió, sino que el calor derivado de las emisiones de dióxido de carbono por la acción humana fue transferido a regiones marítimas ubicadas en el sur del planeta, y a mayores profundidades oceánicas.

Es importante mencionar que fueron necesarios más de seis meses de riguroso arbitraje en la revista especializada *Science Advances* antes de que el estudio mencionado fuera publicado. En el artículo técnico se incluyen todos los detalles relativos al equipo utilizado en las mediciones, a las incertidumbres inherentes al proceso de medición y a los métodos estadísticos necesarios para el establecimiento de conclusiones.

Las implicaciones del estudio no corresponden a posturas personales de los autores, sino al uso riguroso del método científico. Este hecho es de particular importancia en función de las recientes

---

\* Publicado el 13 de marzo de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/analisis-calentamiento-global-de-mares-supera-previsiones>.

declaraciones sobre el cambio climático expresadas por el director de la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA, por sus siglas en inglés), Scott Pruitt<sup>2</sup>.

124 De acuerdo con este controvertido funcionario de la administración Trump, no existe consenso referente al rol que desempeñan las emisiones humanas de dióxido de carbono en la temperatura global del planeta. En contraste, numerosos estudios muestran que dicho consenso existe, y no debido a acuerdos cupulares, sino a la evidencia científica recabada a través de décadas de trabajo profesional<sup>3</sup>.

Es responsabilidad de nuestras sociedades valorar estos hechos, consolidar acciones y no desistir en el establecimiento de una cultura ambiental que garantice la viabilidad de las generaciones venideras.

### Referencias

1. L. Cheng *et al.*, "Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015", *Science Advances*, 3: e1601545, 10 de marzo de 2017. <http://advances.sciencemag.org/content/3/3/e1601545/tab-pdf>.
2. E. Scott, "El dióxido de carbono no contribuye tanto al cambio climático, dice Agencia de Protección Ambiental de EE.UU." *CNN en español*, 9 de marzo de 2017. <http://cnnespanol.cnn.com/2017/03/09/el-dioxido-de-carbono-no-contribuye-tanto-al-cambio-climatico-dice-agencia-de-proteccion-ambiental-de-ee-uu>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Calentamiento global alcanza máximos históricos en 2016", *Prensa Ibero*, 21 de septiembre de 2016. <http://www.iberomx.com/prensa/calentamiento-global-alcanza-m-ximos-hist-ricos-en-2016>.



## Investigación sobre cambio climático, en peligro por efecto Trump\*

*Se deben explorar alternativas ante la posibilidad de que la administración Trump deje sin recursos a programas científicos*

125

La existencia de posturas encontradas al considerarse hipótesis científicas es muy común. De hecho, una característica fundamental de la ciencia es la necesidad de poner a prueba diferentes ideas y utilizar resultados experimentales para establecer conclusiones.

En este contexto, los opositores al uso de recursos dirigidos al combate frontal al problema del cambio climático argumentan falta de evidencia científica que vincule la acción humana con el incremento de la temperatura global del planeta. Quienes sostienen esta postura afirman que mantener leyes que regulen emisiones de gases de efecto invernadero es innecesario y muy costoso, en términos de producción de energía y creación de empleos. Este enfoque está cobrando una fuerza creciente en la actual administración presidencial de Estados Unidos.

Los datos experimentales muestran que el dióxido de carbono atmosférico favorece al aumento de la temperatura promedio de la Tierra. Sin este compuesto atmosférico, la temperatura de la superficie terrestre tendría un valor medio cercano a los 18 °C bajo cero y además sería extremadamente variable entre el día y la noche.

Millones de años de evolución han favorecido procesos para dar lugar a la temperatura promedio actual, pero la creciente acción humana ha favorecido la emisión de gases capaces de agudizar ese mismo efecto.

Un aumento excesivo de la temperatura global acarrea efectos indeseables que ponen en riesgo la viabilidad de la vida en la Tierra. Los trabajos de Charles Keeling y sus sucesores han permitido establecer, sin margen de duda, que existe un incremento sostenido del dióxido de carbono atmosférico como producto de la actividad humana<sup>1</sup>.

El siguiente eslabón en esta cadena de razonamiento es la necesidad de cuantificar con toda precisión la relación entre las concentraciones de dióxido de carbono generado por la acción del hombre y el aumento de la temperatura global de la Tierra. En este punto, los opositores a las regulaciones ambientales en Estados Unidos argumentan falta de evidencia científica que apoye la toma de medidas urgentes.

---

\* Publicado el 21 de marzo de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/analisis-investigacion-sobre-cambio-climatico-en-peligro-por-efecto-trump>.



En el caso del problema del cambio climático, es indispensable ir mucho más allá de argumentos de autoridad o descalificaciones. Las posiciones divergentes ante fenómenos naturales únicamente pueden dirimirse con el uso del método científico. Las mediciones precisas de emisiones de dióxido de carbono de origen humano son indispensables para confirmar en su justa medida el abanico de acciones necesarias para combatir el cambio climático.

Estando a tan sólo unos pocos de años de que la NASA realizase observaciones definitivas con tecnología satelital de última generación, los trabajos en esta dirección están a punto de ser cancelados. Irónicamente, el recorte por la administración Trump no favorece a aquellos científicos que honestamente cuestionan aún la gravedad de la acción humana sobre el cambio climático. Desde la época de Galileo Galilei, no ha existido duda sobre la importancia de la experimentación como medio de acercamiento a la verdad sobre los fenómenos naturales. El ejemplo histórico de Christopher Clavius, científico y jesuita que durante mucho tiempo defendió el modelo geocéntrico del universo es una muestra de la integridad característica de la ciencia.

De acuerdo con los datos históricos, Clavius realizó observaciones muy precisas del movimiento de las lunas de Júpiter, corroborando ideas de Galileo y mostrando que la idea de que todos los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra era insostenible<sup>2</sup>.

Una especie de contraparte moderna de las observaciones de Clavius corresponde a la misión del satélite oco-3 (Orbiting Carbon Observatory-3). Lejos de ser ociosas, las actividades de este satélite dejarían muy poco margen de duda sobre el alcance del vínculo entre las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono con el calentamiento global<sup>3</sup>.

La inminente cancelación de la misión oco-3 se debe a la propuesta presupuestaria de Donald Trump y está sujeta a la aprobación del Congreso de Estados Unidos, el cual cuenta con mayoría republicana. oco-3 ocuparía menos de 1% del presupuesto asignado a la NASA, pero de acuerdo con declaraciones del director presupuestal de dicha administración, este tipo de investigación representaría un desperdicio de dinero<sup>4</sup>.

La postura es el equivalente contemporáneo a evitar que Clavius apuntase su telescopio a las lunas de Júpiter, y constituye un desdén injustificado hacia trabajo de investigación directamente relacionado con un problema que representa una amenaza potencial para la viabilidad de la civilización humana en las próximas décadas.

El cuantificar con precisión la magnitud de los efectos de la acción del ser humano a partir de la Revolución industrial es un problema de carácter científico que únicamente puede ser evaluado a partir de mediciones y del conocimiento apropiado de las leyes de la naturaleza. El mundo debe observar lo que ocurre con oco-3 y explorar alternativas en el caso de que la investigación ambiental espacial de la NASA sea interrumpida por falta de recursos.

## Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático", *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.
2. Una breve reseña del trabajo de Clavius sobre el movimiento de las lunas de Júpiter puede encontrarse en <http://galileo.rice.edu/sci/clavius.html>.
3. Una descripción de los objetivos de la misión oco-3 puede encontrarse en <https://eosps.nasa.gov/missions/orbiting-carbon-observatory-3>.
4. Una transcripción de esta declaración puede encontrarse en <http://edition.cnn.com/2017/03/16/politics/donald-trump-budget-cut-epa>.

127



## Aumenta riesgo de emisiones de dióxido de carbono por efecto Trump\*

128

*Nueva orden ejecutiva en Estados Unidos deroga el plan de protección ambiental del gobierno de Barack Obama*

En 1831, Michael Faraday descubrió un proceso gracias al cual resulta posible transformar energía mecánica en energía eléctrica. Dicho proceso, hoy conocido como inducción electromagnética, únicamente requiere la presencia de imanes en movimiento respecto a bobinas elaboradas con materiales conductores.

Con el paso de los años, la generación de electricidad por inducción se convirtió en la base de las modernas plantas que producen la electricidad que llega a nuestros hogares. En este contexto, un rápido movimiento rotatorio de imanes se realiza a través de turbinas alimentadas con vapor de agua. En las plantas más comunes, las altas presiones del vapor se obtienen a partir del uso de grandes calderas alimentadas con carbón.

En la actualidad, casi 40% de la electricidad producida a nivel mundial hace uso del carbón<sup>1</sup>. A su vez, la quema del carbón es responsable de 39% de las emisiones de dióxido de carbono atmosférico registradas diariamente por distintos observatorios ambientales<sup>2</sup>.

Producir electricidad con base en la quema de carbón aparentemente es muy rentable. Un ejemplo bien conocido es el de la planta Montañesa de New Haven, situada en el estado de Virginia del Oeste (en el área de los Montes Apalaches). En 2014, este complejo industrial quemaba un millón de libras de carbón cada hora, suministrando electricidad a 1.3 millones de usuarios distribuidos en siete estados de la Unión Americana<sup>1</sup>. El costo pagado por hogar correspondía a 10 centavos de dólar por cada kilowatt-hora (un poco menos de dos pesos mexicanos al tipo de cambio registrado al inicio de abril de 2017).

En realidad, el uso del carbón para producir electricidad implica enormes costos ambientales. El carbón es una fuente de energía extremadamente contaminante que con dificultad podría convertirse en "limpia" en el corto y mediano plazo.

En buena medida, el objetivo principal del Acuerdo de París es reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial, pues la presencia excesiva de este compuesto en la atmósfera causa un aumento de la retención de la radiación infrarroja que se genera cuando

---

\* Publicado el 4 de abril de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-aumenta-riesgo-de-emisiones-de-dioxido-de-carbono-por-uso-de-carbon>.



los rayos del Sol se reflejan en la superficie terrestre. Este exceso de radiación retenida provoca el fenómeno de calentamiento global antropogénico (causado por el ser humano), el cual se adiciona al efecto producido de manera natural por otras fuentes.

En junio de 2014, el presidente Barack Obama anunció nuevas leyes que “pondrían fin a las emisiones indiscriminadas de dióxido carbono por parte de las centrales eléctricas estadounidenses”. El documento correspondiente fue llamado Ley del Aire Limpio (Clean Air Act) y en su momento fue impugnado por varias instancias hoy afines a la administración de Donald Trump.

En menos de 200 años, el uso a gran escala del descubrimiento de Faraday se ha convertido en el centro de un problema ecológico de proporciones históricas. El 28 de marzo de 2017, el presidente Trump firmó un decreto levantando las restricciones sobre el uso de carbón para producir electricidad, emitidas en la administración Obama<sup>3</sup>. Más allá del inevitable conflicto legal que se dará en relación con esta orden ejecutiva, resulta evidente que el carbón no será considerado como una fuente contaminante de alto riesgo por parte de la actual administración estadounidense.

Países como Suecia dependen en muy poca medida del uso del carbón. Menos de 2% de la energía producida por ese país en 2014 provino de plantas termoeléctricas accionadas por combustibles fósiles<sup>4</sup>. Comparativamente, produce casi el triple de su electricidad por medio del reciclaje de basura orgánica con respecto al uso de carbón.

En el marco del viraje en la postura gubernamental estadounidense, esfuerzos semejantes al desarrollado por los suecos deberán multiplicarse. Será responsabilidad de las sociedades de los países participantes del Acuerdo de París renovar acciones tecnológicas, educativas e informativas que impidan que los vaivenes políticos de las grandes economías empantanen la ruta hacia un planeta sustentable.

## Referencias

1. M. Nijhuis, “Can Coal Ever Be Clean?”, *National Geographic*, abril de 2014. <http://ngm.nationalgeographic.com/2014/04/coal/nijhuis-text>.
2. A. Sandoval Villalbaz, “Ciencia, antídoto contra la desinformación contra el cambio climático”, *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.
3. M. McGrath, “Trump makes major change to US climate change narrative”, *BBC News*, 28 de marzo de 2017. <http://www.bbc.com/news/science-environment-39419074>.
4. Un panorama completo de la producción de energía por país en las décadas recientes es proporcionado de manera pública por la Agencia Internacional de Energía en <https://www.iea.org/statistics/>.

## Ritmo de calentamiento en el Ártico, superior al resto del planeta

130

*Nuevo estudio muestra que las extensiones de hielo se están reduciendo y que en tres décadas los ecosistemas marinos estarán seriamente afectados*

Un reporte muy reciente elaborado por científicos del Programa de Seguimiento y Evaluación del Ártico (AMAP, por sus siglas en inglés) muestra que hoy el Ártico tiene un ritmo de calentamiento significativamente superior al del resto del planeta.

En enero de 2016, las temperaturas medias en dicha región superaron por 2 °C al valor máximo observado en los tiempos modernos. Al realizarse una comparación con las temperaturas registradas entre 1981 y 2010, se encuentra que hoy el Ártico está 5 °C por encima del promedio correspondiente a dichos años. Esta tasa de calentamiento no tiene visos de descender en el corto plazo<sup>1</sup>.

De acuerdo con las proyecciones derivadas del estudio, en tan sólo 30 años se observará un Ártico completamente diferente al existente a principios del siglo XXI. En 2050, las extensiones de hielo en la región serán mucho menores que a principios de este siglo y los ecosistemas marinos existentes se verán seriamente afectados. Esto resulta evidente en función de la inminente alteración de la dieta de los mamíferos marinos y de la modificación de las relaciones entre presas y depredadores.

El análisis del suelo en el Ártico indica que bajo el hielo existen importantes fuentes de dióxido de carbono. Las estimaciones actuales indican que cerca de la mitad del carbón existente en la Tierra se ubica en esa zona. Los glaciares han estado inhibiendo la emisión de gases de efecto invernadero, pero su derretimiento favorecerá el aumento de niveles, agravándose así el problema del calentamiento global.

Los cambios en el Ártico afectan a los patrones climáticos en el resto del mundo. Si el ritmo de calentamiento actual de la Tierra se mantuviera durante todo el siglo XXI, las consecuencias serían catastróficas. Es por ello que se han establecido acuerdos internacionales de largo alcance para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>2</sup>.

A pesar de la gravedad del problema, y de las movilizaciones a nivel mundial para hacerle frente, recientemente se han dado retrocesos en los mecanismos de información ambientales en países como Estados Unidos. La modificación del sitio web de la agencia de protección ambiental estadounidense es una muestra preocupante de este hecho<sup>3</sup>.

Los fenómenos ambientales no reconocen muros o fronteras políticas. El éxito de las iniciativas de combate al cambio climático depende de la ejecución de acciones derivadas de una educa-

ción ambiental apoyada por los gobiernos de todos los países. Los nuevos informes referentes a la situación en el Ártico motivan a incrementar el desarrollo de las ciencias ambientales. La difusión clara de los avances en esta área del conocimiento es una exigencia internacional que debe atenderse de manera permanente por gobiernos e instituciones educativas a nivel mundial<sup>4</sup>.

## Referencias

1. El reporte más reciente elaborado por la AMAP sobre el calentamiento del Ártico puede encontrarse en <http://www.amap.no/swipa2017>. Estos resultados también fueron difundidos por la revista *Nature*: <http://www.nature.com/news/huge-arctic-report-ups-estimates-of-sea-level-rise-1.21911>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "2017: un año decisivo en la lucha contra el cambio climático", *Prensa Ibero*, 2 de enero de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/2017-un-ano-decisivo-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico>.
3. Una descripción de lo ocurrido con la información sobre el cambio climático en el sitio web de la EPA puede encontrarse en <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2017/04/28/epa-website-removes-climate-science-site-from-public-view-after-two-decades>.
4. A. Sandoval Villalbazo, "Ciencia, antídoto contra la desinformación contra el cambio climático", *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.



## Ondas de calor afectan a un tercio de la población mundial\*

132

*Patrones climáticos globales se han alterado debido a la acción humana*

Durante 2017 se registraron temperaturas récord en diversos puntos del planeta. Numerosas alertas por calor excesivo se emitieron dentro y fuera de México, ya que en diversas regiones el termómetro alcanzó más de 40 °C durante varios días sucesivos.

En la India se han consignado miles de decesos en años recientes debido a las ondas de calor que han afectado constantemente a dicho país<sup>1</sup>. Estos eventos no son estrictamente locales, los estudios indican que la acción humana ha alterado a los patrones climáticos a gran escala, causando efectos tales como las altas temperaturas que padecemos hoy en día.

En la actualidad cerca de 30% de la población mundial se encuentra expuesta, durante 20 días al año, a temperaturas potencialmente mortales. Esto ocurre debido a que los niveles de calor excesivos inhiben las capacidades regulatorias del ser humano, por lo que se deben tomar medidas especiales para evitar golpes de calor y deshidratación.

En este sentido, las proyecciones son muy preocupantes, ya que se estima que en 2100 este porcentaje aumentará 50%, aun cumpliéndose al pie de la letra las metas del Acuerdo de París. Si este acuerdo no se cumpliera y las emisiones de gases de efecto invernadero siguieran aumentando, el porcentaje se incrementaría a 74%.

En este escenario, tres de cada cuatro seres humanos se encontrarían en riesgo mortal por el calor a finales del presente siglo, durante cerca de un mes en cada año<sup>2</sup>.

La física de las ondas de calor está vinculada con fenómenos que se desarrollan en una escala planetaria. Una proporción considerable de estos eventos se ha caracterizado por la presencia de ondas atmosféricas, cuya intensidad se ha incrementado debido a la acción humana.

Estas ondas fueron identificadas por primera vez a la mitad del siglo xx por Carl-Gustaf Rossby, y están vinculadas con efectos que la rotación terrestre ejerce sobre las masas de aire. Estudios recientes sugieren que los patrones atmosféricos asociados a las ondas de Rossby se han alterado debido al incremento de la temperatura en el Ártico.

---

\* Publicado el 26 de junio de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/ondas-de-calor-afectan-un-tercio-de-la-poblacion-mundial>.

Al aumento de intensidad de ondas de este tipo por condiciones geográficas y termodinámicas se le llama “amplificación cuasi resonante”. El fenómeno es una de las causas de episodios de calor extremo, los cuales se han venido multiplicando durante la presente década<sup>3</sup>.

El verano boreal seguirá siendo particularmente afectado por este fenómeno durante el resto del siglo *xxi*, por lo que la sociedad debe comprender con detalle sus implicaciones.

Dado que la cuasi resonancia de las ondas de Rossby es un fenómeno complejo e importante, es necesario que se estudie con mucho mayor detenimiento en las instituciones académicas.

El conocimiento público de las ciencias ambientales es indispensable para que las comunidades de todo el planeta se encuentren suficientemente capacitadas para enfrentar los retos derivados de la crisis ambiental del presente siglo<sup>4</sup>.

### Referencias

1. S. Waldman, “India Faces Fatal Rise in Heat Waves”, *E&E-Scientific American News*, 8 de junio de 2017. <https://www.scientificamerican.com/article/india-faces-fatal-rise-in-heat-waves>.
2. C. Mora *et al.*, “Global risk of deadly heat”, *Nature Climate Change Letters*, 17 de junio de 2017. <https://www.nature.com/articles/nclimate3322>.
3. V. Petoukhov *et al.* “Role of quasiresonant planetary wave dynamics in recent boreal spring-to-autumn extreme events”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 21 de junio de 2016. <http://www.pnas.org/content/113/25/6862.full.pdf>.
4. A. Sandoval Villalbaz, “Ciencia, antídoto contra la desinformación contra el cambio climático”, *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.



## Cambio climático aumenta frecuencia de fenómenos extremos\*

134

*Ondas de calor, tormentas, inundaciones y sequías se han incrementado por acción humana*

En México se registran alrededor de 16 mil muertes debidas a accidentes automovilísticos cada año. Si bien es exagerado afirmar que todas estas tragedias se deben a la combinación alcohol-exceso de velocidad, es evidente que estas malas prácticas constituyen un factor fundamental de aumento en la cantidad y en la intensidad de los percances<sup>1</sup>. De manera análoga, las catástrofes naturales se han vuelto más frecuentes debido a efectos ambientales causados por los seres humanos.

Un exhaustivo estudio dado a conocer el 6 de julio de 2017 indica que más de la mitad de los fenómenos climáticos más extremos ocurridos en el siglo *xxi* han sido significativamente más destructivos de lo habitual debido a la influencia humana sobre su entorno<sup>2</sup>. De esta proporción de eventos, 46% corresponde a ondas de calor, 21% a sequías y 14% a lluvias intensas e inundaciones. De acuerdo con el estudio citado, publicado en el portal *Carbon Brief*, estos escenarios serán todavía más frecuentes en los próximos años.

De la misma forma que un impacto en automóvil a alta velocidad implica graves riesgos debido a la energía involucrada en el siniestro, las fuerzas termodinámicas creadas por la acción humana agudizan los efectos de diversos fenómenos naturales estacionales.

La acumulación excesiva de dióxido de carbono atmosférico debida al uso de carbón en la producción de energía eléctrica induce serios desequilibrios en el ambiente. Éstos se han traducido en cifras récord referentes a fenómenos climáticos inquietantes, tales como la caída de granizo del tamaño de pelotas de golf, documentados desde el inicio del presente siglo.

A partir de que en los meses de octubre y noviembre del año 2000 se registraron inundaciones atípicas en Inglaterra y Gales, se iniciaron varios proyectos para estudiar con detalle la relación entre lluvias intensas y la emisión humana de gases de efecto invernadero<sup>3</sup>.

Los estudios interdisciplinarios actuales han permitido establecer con certidumbre que esta relación existe, aunque en una proporción menor a la correspondiente a las ondas de calor y a las sequías<sup>4</sup>.

En este contexto, es apremiante acelerar la conversión de los procesos de producción de energía hacia tecnologías verdes, y mantener un diálogo constante ciencia-sociedad que permita enfrentar exitosamente a la actual crisis ambiental.

---

\* Publicado el 7 de julio de 2017. <http://ibero.mx/prensa/cambio-climatico-aumenta-frecuencia-de-fenomenos-extremos>.

## Referencias

1. Una nota de prensa reciente incluye cifras sobre el incremento de gravedad de accidentes de tránsito por malas prácticas es Miriam Posada y Julio Reyna, "México, séptimo a nivel mundial en muertes por accidentes de tránsito", *La Jornada*, 13 de abril de 2017. <http://semanal.jornada.com.mx/ultimas/2017/04/13/mexico-septimo-a-nivel-mundial-en-muertes-por-accidentes-de-transito>.
2. R. Pidcock y R. Pearce, "Mapped: How climate change affects extreme weather around the world", *Carbon Brief*, 6 de julio de 2017. <https://www.carbonbrief.org/category/science/extreme-weather/attribution>.
3. P. Pall, T. Aina, D. A. Stone, P. A. Stott, T. Nozawa, A. G. J. Hilberts, D. Lohmann y M. R. Allen, "Anthropogenic greenhouse gas contribution to flood risk in England and Wales in autumn 2000", *Nature*, 470, 382-385, 2011. <https://www.nature.com/nature/journal/v470/n7334/full/nature09762.html>.
4. A. Sandoval-Villalbazo, "Ondas de calor afectan a un tercio de la población mundial", *Prensa Ibero*, 26 de junio de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/ondas-de-calor-afectan-un-tercio-de-la-poblacion-mundial>.

135



## Alta temperatura aumentó capacidad destructiva de *Harvey*

*Estudios previos habían alertado sobre la posibilidad de aumentos imprevistos en la intensidad de los huracanes*

136

Las verdades derivadas de las leyes de la física no siempre son evidentes. Mientras el 21 de agosto la humanidad admiraba un fenómeno astronómico previsto detalladamente con décadas de anticipación, en el Atlántico se gestaba de forma inadvertida un evento destructivo que en unos cuantos días afectaría con severidad a cientos de miles de personas en la costa sur de Estados Unidos.

El fenómeno meteorológico *Harvey* nació el 17 de agosto de 2017 como una depresión tropical frente a las Antillas Menores, cerca de las costas de Venezuela. Tras una breve fase como tormenta tropical, aún muy lejos de suelo mexicano, perdió intensidad de manera gradual.

Un día después del gran eclipse solar de América del Norte, *Harvey* atravesó la península de Yucatán en calidad de "remanente de depresión tropical" con vientos inferiores a los 35 kilómetros por hora, ameritando únicamente advertencias menores entre la población mexicana. Sin embargo, el término "remanente" resultó muy engañoso, pues cuando *Harvey* regresó al Atlántico sólo requirió un par de días para convertirse en un huracán altamente destructivo que será objeto de estudio cuidadoso durante varios años (ver Figura 1).

Es interesante notar que desde 1961 un huracán tan poderoso como *Harvey* no había impactado en Texas. En aquella ocasión, *Carla* se comportó de forma más o menos predecible, pues al pasar como huracán categoría 2 aumentó gradualmente su intensidad hasta alcanzar la categoría 4, al tocar tierra (ver Figura 2). Se calcula que *Carla* causó 46 decesos y daños materiales por 400 millones de dólares.

*Harvey* causó múltiples pérdidas humanas y daños a propiedades que superaron los 20 mil millones de dólares. De acuerdo con la revista *Forbes*<sup>1</sup>, en Houston sólo una de cada seis viviendas está asegurada contra inundaciones. Esto ha ocurrido a pesar de que es un hecho que el aumento de la temperatura de los océanos está agravando los efectos destructivos de los huracanes.

Estudios rigurosos basados en el caso del huracán *Rita* revelaron que el calor incrementa la intensidad del fenómeno y con ello su capacidad de producir inundaciones<sup>2</sup> (ver Figura 3). La crisis de Houston ha confirmado dramáticamente lo que la ciencia ha venido advirtiendo desde hace más de 10 años.

El aumento récord en las temperaturas de los mares<sup>3</sup> indica que el comportamiento altamente destructivo de *Harvey* no puede considerarse como un simple producto del azar. En este contex-



to, resulta evidente la necesidad de incrementar acciones globales capaces de mitigar el calentamiento acelerado de los océanos.

Nuestro país no se encuentra exento de los efectos de este tipo de fenómenos naturales. Cabe recordar que el huracán *Gilberto* (1988) presentó una trayectoria inicial muy semejante a la de Harvey, y al ingresar en la península de Yucatán como huracán categoría 5 no presentó cambios de dirección hasta tocar tierra en las costas de Tamaulipas con categoría 4 (ver Figura 4).

Las características de los huracanes contemporáneos derivadas del cambio climático hacen indispensable prestar una atención constante a las formaciones de depresiones y tormentas tropicales en los océanos. *Harvey* ha mostrado que en cuestión de horas la furia de un huracán puede aumentar de manera sorprendente.

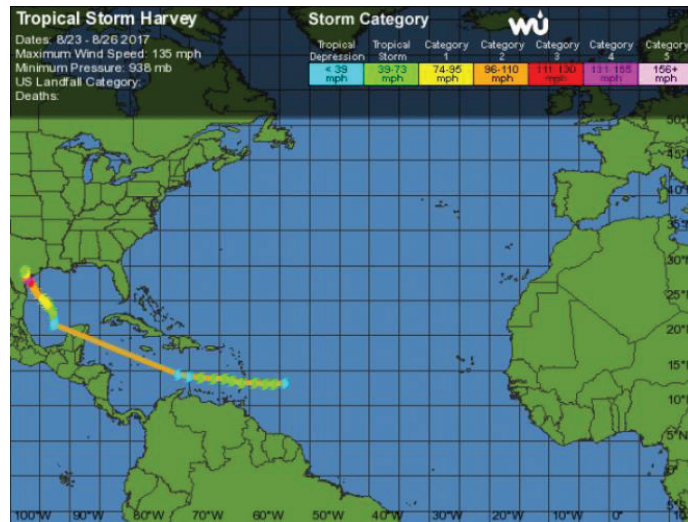


Figura 1: Trayectoria del huracán Harvey



Figura 2: Trayectoria del huracán Carla



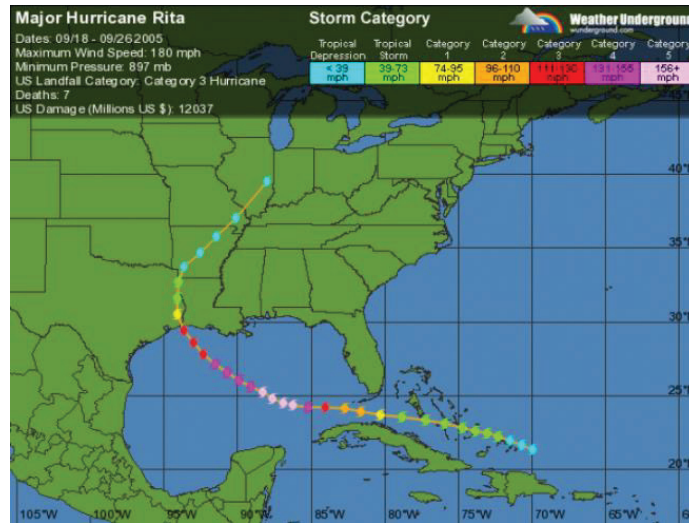


Figura 3: Trayectoria del huracán Rita

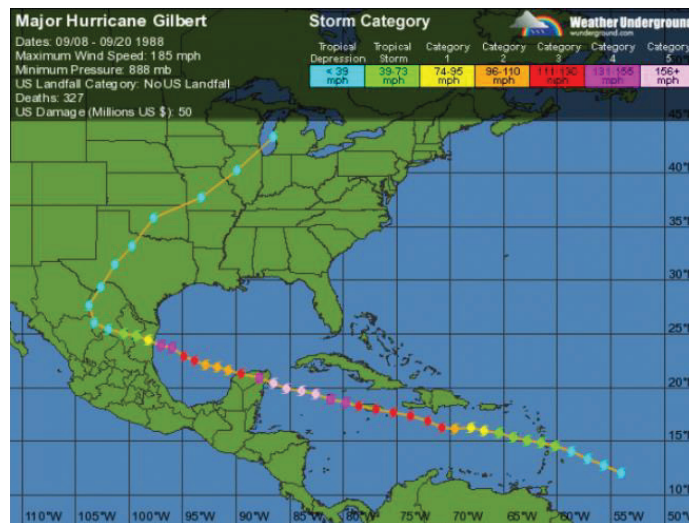


Figura 4: Trayectoria del huracán Gilberto

## Referencias

1. Troy McMullen, "As Hurricane Harvey Approaches, Millions Of Homes At Risk Of Storm Surge Damage", *Forbes*, 25 de agosto de 2016. <https://www.forbes.com/sites/troymcmullen/2017/08/25/as-hurricane-harvey-nears-millions-of-homes-at-risk-of-hurricane-storm-surge-damage>.
2. I. Lin, Gustavo J. Goni, John A. Knaff, Cristina Forbes y M.M. Ali, "Ocean heat content for tropical cyclone intensity forecasting and its impact on storm surge", *Natural Hazards*, abril de 2013, 66-3, pp. 1481-1500. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0214-5>. En este contexto el lector puede consultar Michael Hopkin, "Warming seas cause stronger hurricanes", *Nature News*, 16 de marzo de 2006. <http://www.nature.com/news/2006/060313/full/news060313-12.html>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Calentamiento global de mares supera previsiones", *Prensa Ibero*, 13 de marzo de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-calentamiento-global-de-mares-supera-previsiones>.

## Vital, una cultura científico-ambiental para enfrentar catástrofes: experto\*

*Se debe mejorar nuestra capacidad de reacción ante huracanes y tormentas tropicales*

139

El 6 de agosto de 2016, la tormenta tropical *Earl* provocó más de 50 decesos en la sierra de Puebla. A pesar de que existieron numerosas alertas emitidas por parte de los servicios meteorológicos sobre los altos riesgos derivados de inundaciones y deslaves, la movilización de la población fue insuficiente. En algunas regiones, la organización local debió ir mucho más allá de las previsiones estatales para evitar pérdidas humanas<sup>1</sup>.

En contraste, el panorama en septiembre de 2017 fue menos desalentador. A pesar de que el huracán *Katia* embistió a la costa mexicana con mucho mayor poder que *Earl*, la cantidad de muertes causadas por este huracán fue significativamente más baja (ver Figura 1).

En el caso de los huracanes *Harvey* e *Irma* se dio un efecto semejante, aunque a una escala mucho mayor debido a la fuerza devastadora de estos fenómenos naturales.

*Harvey* actuó de manera semejante a un terrorista infiltrado, pues en unas cuantas horas este meteoro pasó de ser un aparentemente inofensivo remanente de depresión tropical a un potente huracán categoría 4 que causó más de 40 muertos, miles de personas atrapadas en sus propias casas por inundaciones y pérdidas materiales por más de cien mil millones de dólares (ver Figura 2).

En contraste, las características de *Irma* permitieron establecer alertas capaces de coordinar evacuaciones masivas que evitaron riesgos directos para la integridad de los pobladores (ver Figura 3). En esa circunstancia, se realizó la mayor evacuación de la historia de Estados Unidos: más de seis millones de personas se desplazaron de la península de Florida para salvaguardar sus vidas<sup>3</sup>.

El costo de no realizar evacuaciones ante huracanes en zonas densamente pobladas puede ser enorme. Cabe recordar que en 1998 *Mitch* causó la muerte de más de 19 mil personas al impactar en Centroamérica como huracán categoría 5. Han transcurrido dos décadas desde aquella tragedia, y gracias al desarrollo científico y tecnológico ha sido posible perfeccionar los modernos mecanismos de alerta que permiten organizar éxodos preventivos como el que se desarrolló de forma exitosa en Florida.

Las acciones de carácter solidario en apoyo a damnificados de catástrofes naturales tales como huracanes, inundaciones y terremotos son indispensables para mitigar los enormes daños deriva-

---

\* Publicado el 11 de septiembre de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/nuestra-capacidad-de-reaccion-ante-huracanes-y-tormentas-tropicales>.

dos de dichos eventos. Sin embargo, este tipo de acciones de carácter social no debe limitarse a situaciones de emergencia.

140 Diversas actividades humanas relacionadas con la producción de energía contribuyen al calentamiento y a la acidez de los océanos, lo que a su vez lleva a un aumento de la intensidad de los huracanes y a profundas alteraciones del equilibrio ecológico marino<sup>3</sup>. Es imperativo consolidar una nueva cultura científico-ambiental global que permita enfrentar exitosamente el cambio climático. Las consecuencias de ignorar esta realidad serían inmanejables para las generaciones venideras.

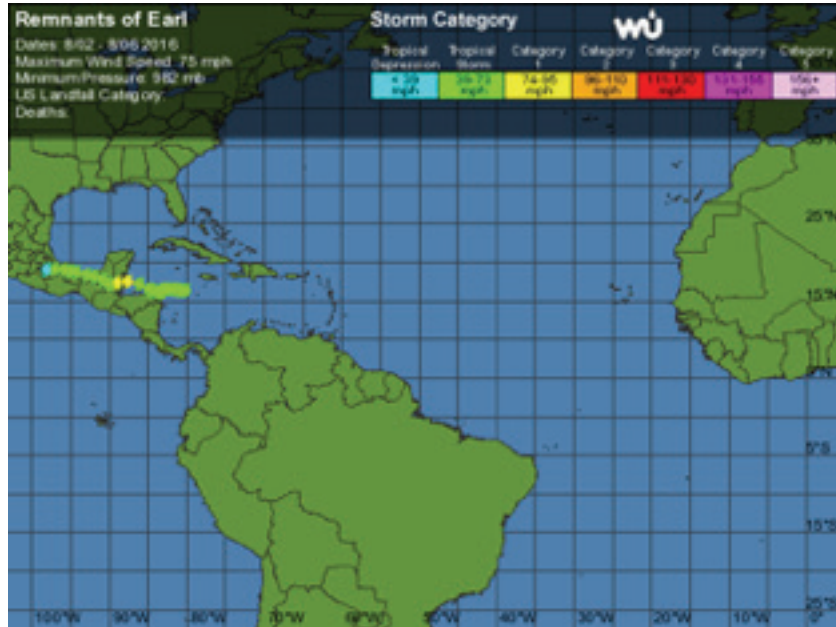


Figura 1: Trayectoria de la tormenta tropical Earl

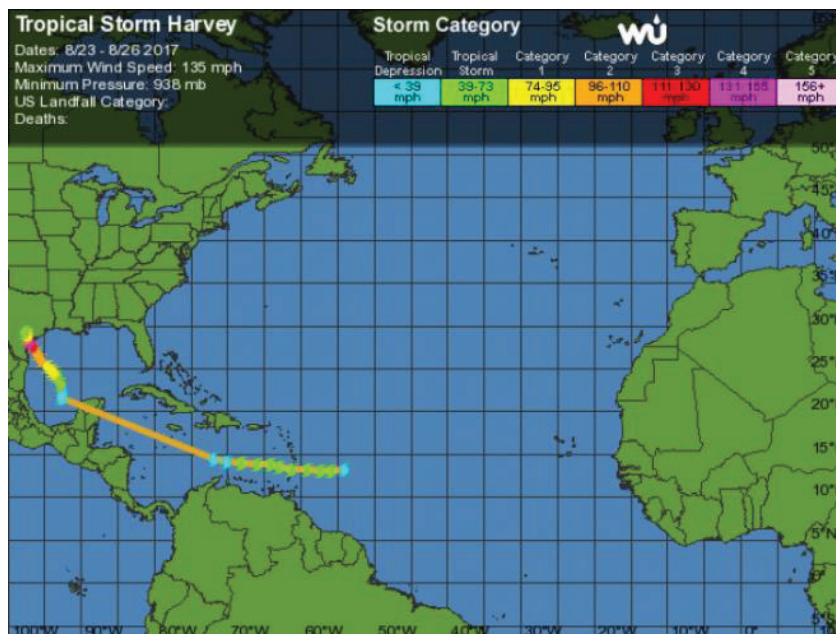


Figura 2: Trayectoria del huracán Harvey

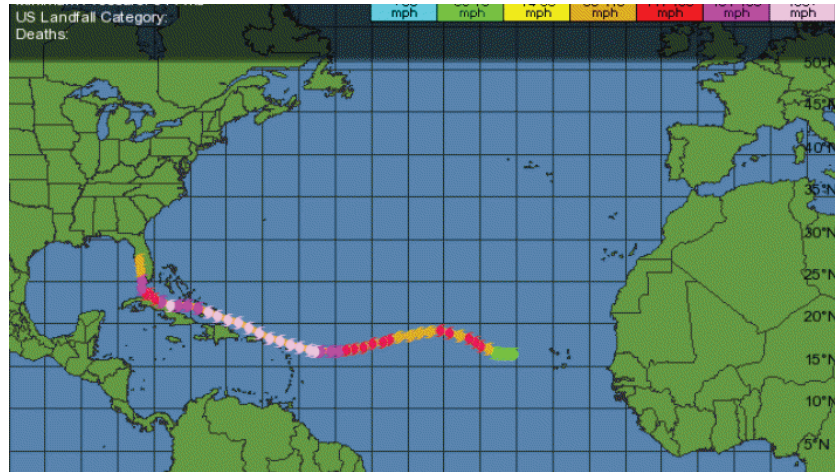


Figura 3: Trayectoria del huracán *Irma*

### Referencias

1. S. Páez, "Cuacuila, el pueblo que previno el desastre", *Lado B*, 29 de agosto de 2016. <http://ladobe.com.mx/2016/08/cuacuila-pueblo-previno-desastre>.
2. "Hurricane Irma: Time runs out for Florida evacuation", *BBC News*, 10 de septiembre de 2017. <http://www.bbc.com/news/world-latin-america-41214622>.
3. L. Cheng *et al.*, "Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015", *Science Advances*, 3: e1601545, 10 de marzo de 2017. <http://advances.sciencemag.org/content/3/3/e1601545/tab-pdf>.



## Terremotos plantean nuevos retos a habitantes de la CDMX\*

*Localización de epicentros y aceleraciones pico obligan a redimensionar riesgos en la capital del país*

142

Al anunciarse que el terremoto del 19 de septiembre de 2017 tuvo una intensidad de 7.1 grados en la escala Richter surgió confusión. Once días antes, la Ciudad de México había resistido con relativa facilidad un sismo de 8.2 grados en la misma escala. Sin embargo, a consecuencia del movimiento telúrico de aquel septiembre se registraron alrededor de 300 decesos, más de 40 edificaciones derrumbadas y graves daños materiales. Es evidente que la escala Richter no describe apropiadamente lo sucedido el martes 19.

Una medida que permite apreciar la capacidad destructiva de un sismo es la aceleración pico del suelo, conocida en inglés como *peak ground acceleration* (PGA). Los mapas de intensidad correspondientes a esta cantidad física permiten valorar con facilidad los efectos de estos movimientos telúricos sobre distintos puntos de la ciudad y el país.

Inclusive, es posible establecer un comparativo directo y objetivo entre los sismos de septiembre de 2017 y el histórico terremoto del 19 de septiembre de 1985.

Cuando un objeto cae libremente, aumenta su velocidad de manera significativa en muy poco tiempo. Un cuerpo que parte del reposo alcanza una velocidad de 70 kilómetros por hora en sólo dos segundos debido a la acción de la gravedad. Las medidas PGA, mostradas en las figuras 1, 2 y 3, representan aceleraciones máximas del movimiento del suelo, comparadas con la gravedad, en cada uno de los tres terremotos.

En la Figura 1 se aprecian las intensidades PGA del terremoto del 19 de septiembre de 2017. El epicentro se encuentra cercano a la Ciudad de México, y aunque la magnitud Richter es de “sólo” 7.1 grados, las aceleraciones registradas son del orden de 20% del valor correspondiente a una caída libre. Este movimiento telúrico fue causado por un inusual comportamiento al interior de la placa de Cocos y ha generado una enorme atención por parte de la comunidad científica debido a su violencia, y a particularidades que lo distinguen de otros movimientos observados en la misma zona<sup>1</sup>.

La Figura 2 corresponde a los valores PGA del terremoto acontecido a las 23:49 horas del 7 de septiembre de 2017. Es fácil identificar intensidades significativamente altas cerca del epicentro. Las aceleraciones pico en la Ciudad de México son menores que las del terremoto del martes 19.

---

\* Publicado el 25 de septiembre de 2017. <http://ibero.mx/prensa/terremotos-plantean-nuevos-retos-habitantes-de-la-CDMX>.

Este terremoto, de 8.2 grados Richter, causó la muerte de alrededor de 61 personas y devastó la región de Juchitán, Oaxaca, que se encuentra en la franja marcada en color rojo en el mapa. Este sismo también fue del tipo intraplaca, y aunque no existe una relación directa causa-efecto entre este evento y el del 19 de septiembre, será indispensable observar con suma atención la actividad sísmica en la región centro-sur del país durante tiempo indefinido.

La Figura 3 corresponde al terremoto del 19 de septiembre de 1985. El epicentro se ubicó en Michoacán y generó valores  $PGA$  significativamente altos en dicho estado y en la Ciudad de México, esto último a pesar de la distancia que debieron de recorrer las ondas sísmicas.

Es importante observar que los valores  $PGA$  en la Ciudad de México registrados en el terremoto de 1985 son ligeramente inferiores a su contraparte del 19 de septiembre de 2017. La cantidad de defunciones y derrumbes que se registraron hace 32 años en la ciudad puede explicarse más por la aceleración del suelo, los defectos en las construcciones y la duración del evento, que por la magnitud Richter<sup>2</sup>.

La Ciudad de México se ha edificado en el lecho de un lago drenado, y su subsuelo es propenso a amplificar ondas mecánicas. Los terremotos que afectan a la Ciudad implican retos adicionales a los derivados del sismo de 1985. La alerta sísmica fue concebida para detectar impactos en los límites de la placa de Cocos en la región occidental del país, proporcionando alrededor de 50 segundos para resguardos oportunos. Una ampliación del sistema de sensores de alerta sísmica para el área metropolitana sólo garantizaría una ventana inferior a los 15 segundos para sismos como el ocurrido el 19 de septiembre de 2017.

Las matemáticas de los terremotos no son deterministas. No es posible saber en qué momento se generará un sismo de gran magnitud, pero es posible identificar escenarios de riesgo y establecer estrategias de prevención y reacción rápida ante futuros movimientos telúricos. Al mismo tiempo que la investigación relativa a los posibles factores capaces de incrementar las probabilidades de desencadenamiento de sismos deberá multiplicarse<sup>3</sup>, la cultura de solidaridad debe prevalecer y extenderse en nuestro país.

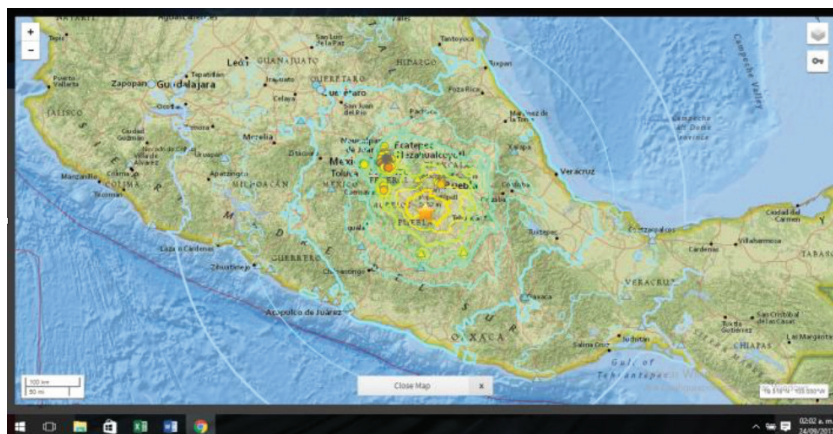


Figura 1: Aceleración pico del suelo en el terremoto del 19 de septiembre de 2017

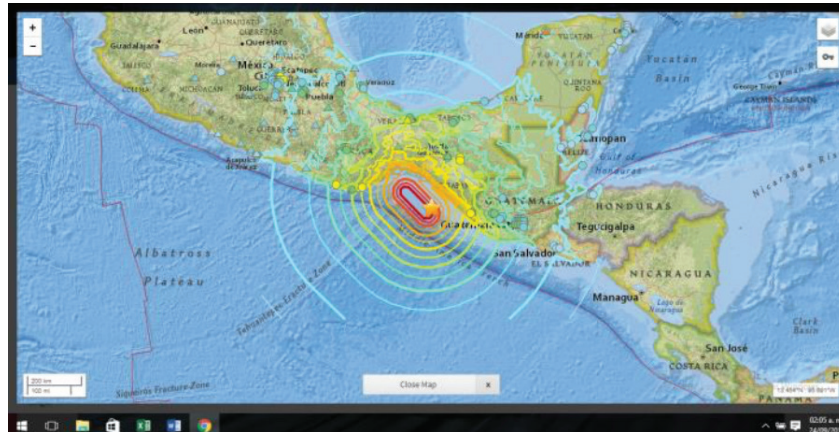


Figura 2: Aceleración pico del suelo en el terremoto del 7 de septiembre de 2017

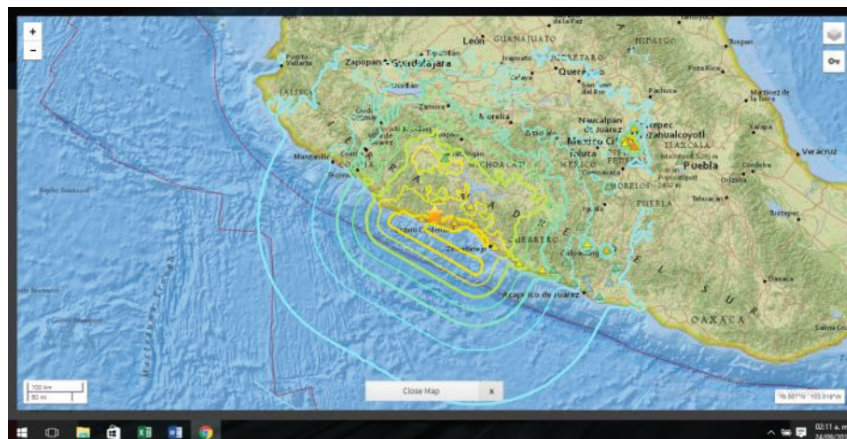


Figura 3: Aceleración pico del suelo en el terremoto del 19 de septiembre de 1985

### Referencias

1. A. Witze, "Pair of deadly Mexico Quakes puzzles scientists: Latest big tremor could be linked to major earthquake earlier this month", *Nature News*, 20 de septiembre de 2017. <https://www.nature.com/news/pair-of-deadly-mexico-quakes-puzzles-scientists-1.22650>.
2. "What happened to the Richter Scale?", *National Geographic*, 18 de noviembre de 2015. <https://www.nationalgeographic.com.au/nature/what-happened-to-the-richter-scale.aspx>.
3. C. Liu *et al.*, "Slow earthquakes triggered by typhoons", *Nature*, 459, pp. 833-836, 11 de junio de 2009. <https://www.nature.com/articles/nature08042>; D. P. Hill *et al.*, "Seismicity Remotely Triggered by the Magnitude 7.3 Landers, California, Earthquake", *Science*, 250, pp. 1617-1623, 11 de junio de 1993. <http://science.sciencemag.org/content/260/5114/1617>.





## Estrategia actual contra cambio climático es insuficiente\*

*ONU muestra que metas de Acuerdo de París serán inalcanzables a menos de que se reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero los próximos 12 años*

145

La batalla contra el cambio climático producido por acción humana se está perdiendo. La humanidad deberá prepararse para un fin de siglo muy sombrío, a menos de que exista una verdadera cooperación internacional que permita establecer cambios fundamentales en los medios de producción de energía.

Durante la última semana de octubre de 2017 se dieron a conocer dos estudios sumamente preocupantes. El primero<sup>1</sup> se refiere al incremento récord de las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico. El segundo<sup>2</sup> corresponde a la creciente brecha que existe entre las acciones que actualmente realizan los países para hacer descender sus emisiones de gases de efecto invernadero y las acciones necesarias para que el descenso sea suficiente para evitar un desastre climático.

En la actualidad, la lucha por evitar el aumento de la temperatura global del planeta es semejante a un torneo deportivo en el cual el plantel favorito requiere varios puntos para evitar su descenso a una categoría inferior, y no los estuviera obteniendo por falta de juego en equipo.

Numerosos efectos nocivos derivados del cambio climático antropogénico ya se encuentran presentes. Estudios rigurosos han revelado que las altas temperaturas de los mares incrementan la intensidad de los huracanes. Las crisis derivadas de huracanes atípicos como *Harvey*, *Irma* y *María* son ejemplos palpables de lo que ocurrirá durante los siguientes años si los niveles de dióxido atmosférico no se controlan<sup>3</sup>.

Los resultados de trabajos de investigación rigurosos indican que la actividad humana posterior a la Revolución industrial ha generado, hasta ahora, un aumento de la temperatura global del orden de un grado centígrado.

Dicho aumento es responsable de alterar el equilibrio ecológico alcanzado durante millones de años de evolución. Es evidente que la extinción de numerosas especies biológicas se acentuará a medida que se incremente el ritmo del calentamiento global en las próximas décadas<sup>4</sup>.

El informe de la ONU referente a los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero implica que las acciones a desarrollarse durante los siguientes 12 años marcarán el derrotero de la civilización hasta finales del siglo XXI.

---

\* Publicado el 2 de noviembre de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/estrategia-actual-contra-cambio-climatico-es-insuficiente>.

En el resumen ejecutivo del reporte se establece que existe una necesidad urgente de acelerar la acción a corto plazo y de establecer metas más ambiciosas a largo plazo, para que los objetivos del Acuerdo de París sigan siendo alcanzables. Si para 2030 no se han limitado suficientemente este tipo de emisiones, el aumento de la temperatura global en el año 2100 será muy cercano a los 3 °C. Un aumento de esta magnitud generaría un “efecto dominó” ecológico extremadamente grave para todos los seres que habitamos la Tierra.

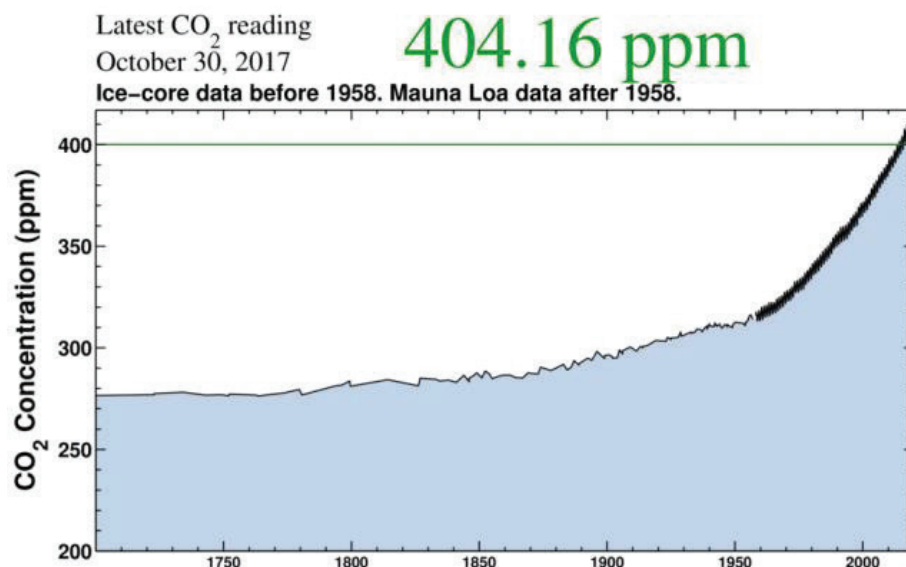


Figura 1: Concentración de dióxido de carbono atmosférico en octubre de 2017

## Referencias

1. “El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord”, Organización Meteorológica Mundial, 30 de octubre de 2017. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentracion-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>.
2. “The Emissions Gap Report 2017”, UN Environment Synthesis Report, noviembre de 2017. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR\\_2017.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf).
3. A. Sandoval-Villalbaz, “Alta temperatura aumentó capacidad destructiva de Harvey”, *Prensa Ibero*, 28 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-alta-temperatura-de-oceano-aumento-capacidad-destructiva-de-harvey>.
4. J. J. Wiens, “Climate-Related Local Extinctions Are Already Widespread among Plant and Animal Species”, *PLoS Biol*, 14-12, e2001104, 8 de diciembre de 2016. <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2001104>.



# Identifican riesgos para México debido al cambio climático\*

*Modelos predicen que se multiplicarán ondas de calor potencialmente mortales en varios estados del país*

147

Las funciones termorreguladoras del cuerpo humano no pueden desarrollarse de forma adecuada más allá de un cierto umbral temperatura-humedad. Un aire muy húmedo impide sudar en tasas suficientemente altas para mantener estable a nuestro organismo. Además, las altas temperaturas pueden producir efectos mortales en la mayoría de los seres vivos, sobre todo por deshidratación.

En este contexto, los cambios ambientales debidos a la acción humana están generando un alarmante aumento en la frecuencia del número de días al año en los cuales el umbral de supervivencia humana está siendo superado.

Las proyecciones referentes a los efectos de las ondas de calor se basan en modelos que integran las interacciones entre atmósfera, océanos, continentes, hielo y biósfera para predecir climas regionales y globales a lo largo de las siguientes décadas<sup>1</sup>. Al aplicarse estos conceptos al análisis de ondas de calor en distintos puntos del planeta se obtienen resultados preocupantes. En apenas 30 años, una amplia franja del planeta resentirá los efectos de calor excesivo (ver Figura 1).

En territorio nacional, los estados mexicanos de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Guerrero y Oaxaca se verán especialmente afectados.

Para ilustrar estos hechos se tomará el ejemplo de Playa del Carmen, en el estado de Quintana Roo. En 1990, las anomalías climáticas asociadas a ondas de calor en este popular destino turístico apenas alcanzaban 12 días al año. Durante 2017, la cifra ha alcanzado los 80 días y se proyectan al menos 151 días rebasando el umbral de supervivencia para 2050 (ver Figura 2).

Esto implica que durante cinco meses al año se requerirán importantes recursos adicionales para mitigar efectos potencialmente mortales vinculados con ondas de calor. Esto, a su vez, impactará fuertemente a la economía de la zona. No menos importante es el hecho de que este tipo de cambios en las condiciones climáticas pueden producir un “efecto dominó” sobre los ecosistemas y sobre la agricultura de toda la península de Yucatán.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, el ritmo actual de control de emisiones de bióxido de carbono es aún insuficiente para alcanzar las metas del Acuerdo de París<sup>2</sup>.

---

Publicado el 14 de noviembre de 2017. <http://www.iberomex.mx/prensa/se-identifican-riesgos-para-territorio-nacional-debidos-al-cambio-climatico>.

Si estos objetivos sólo se alcanzan de manera parcial, para 2075 el panorama en regiones como Playa del Carmen será muy complicado. En dicho escenario se tendrían 197 días al año por encima del umbral de supervivencia, con niveles de humedad superiores a 80% durante la mayor parte del año (ver Figura 3). Estas inclementes condiciones estarían presentes en toda la península de Yucatán y también en otros populares destinos turísticos como Puerto Escondido, Oaxaca.

En el caso de México es muy importante realizar constantemente estudios sobre los efectos del cambio climático. La comprensión plena de estos fenómenos es indispensable para que la sociedad mexicana pueda establecer estrategias de prevención y mitigación ante un panorama que sin lugar a dudas reviste importantes retos para el país.

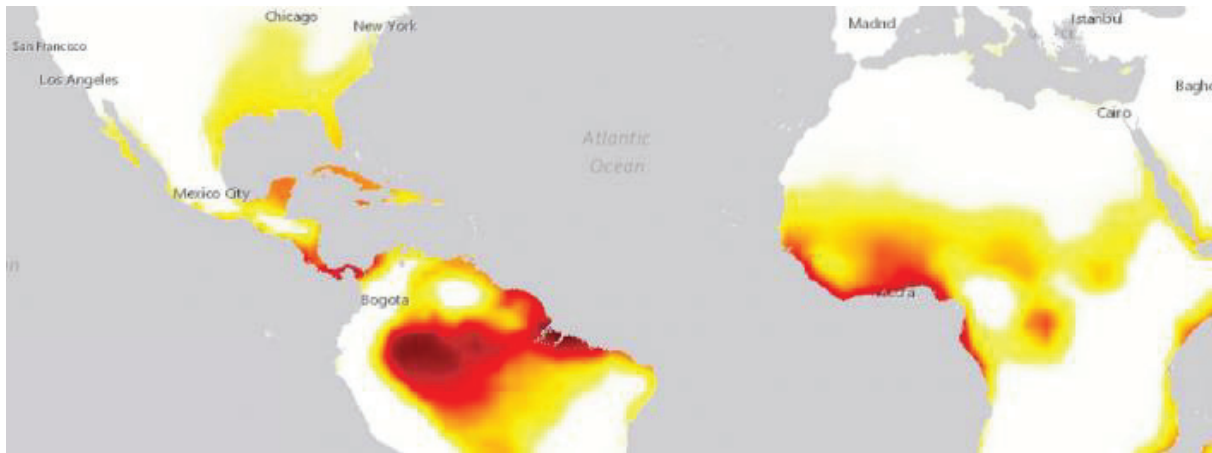


Figura 1: Regiones con mayor número de días potencialmente mortales en el año 2050, en caso de que se ignore la ruta de los Acuerdos de París.

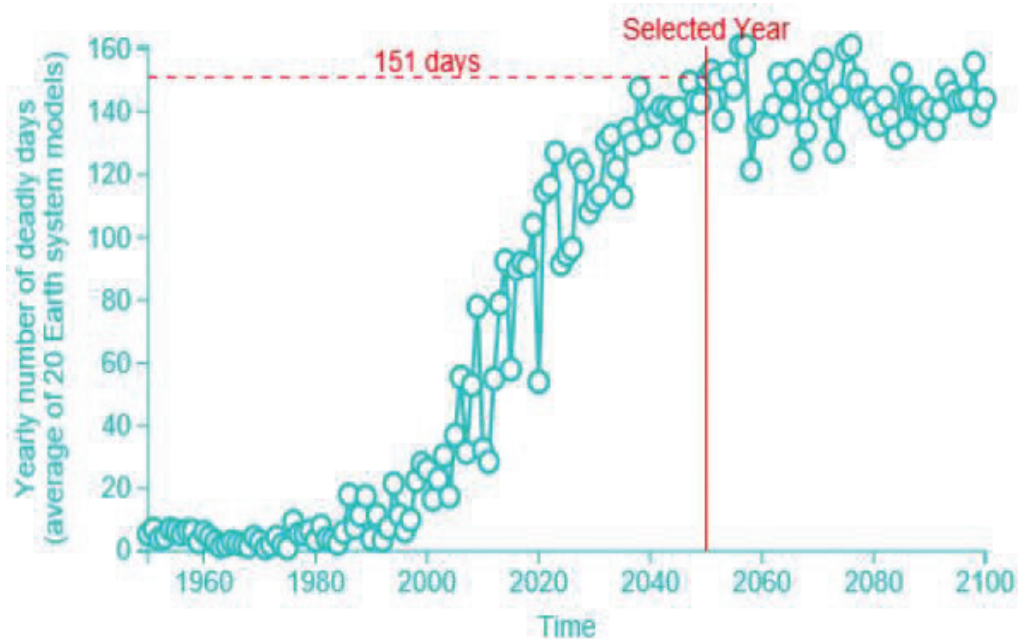


Figura 2: Número de días con riesgo mortal por ondas de calor en el año 2050 en la península de Yucatán, en caso de que se ignore la ruta de los Acuerdos de París.

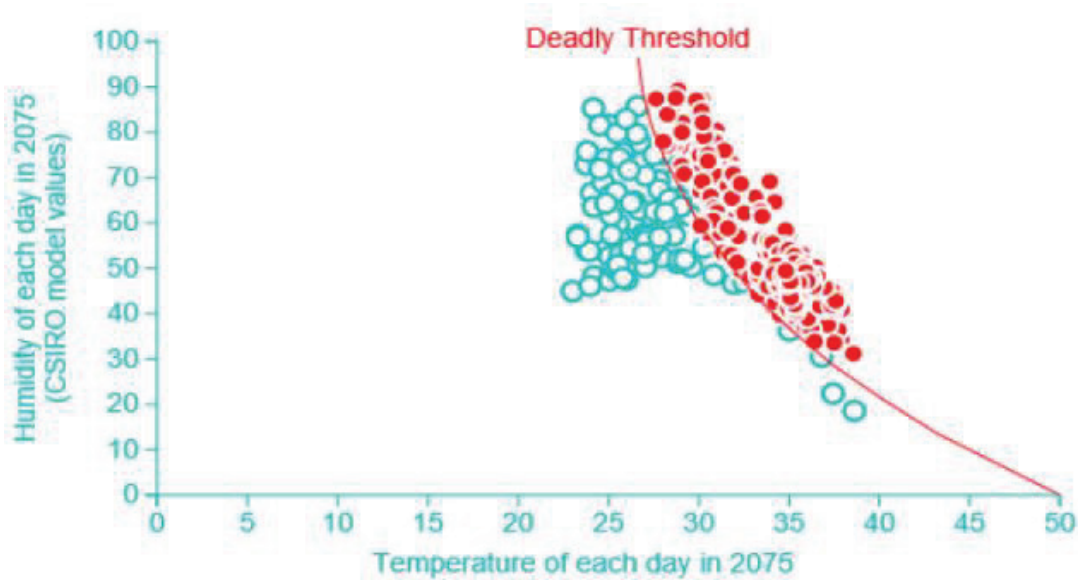


Figura 3: Los puntos rojos representan el número de días con riesgo mortal por ondas de calor en el año 2075 en la península de Yucatán, en caso de que se ignore la ruta de los acuerdos de París

#### Referencias

1. Los fundamentos necesarios para establecer los mapas de zonas de riesgo por ondas de calor se encuentran en C. Mora *et al.*, "Global risk of deadly heat", *Nature Climate Change Letters*, 17 de junio de 2017. <https://www.nature.com/articles/nclimate3322>. Los mapas interactivos son gratuitos y se puede acceder en <https://maps.esri.com/globalriskofdeadlyheat>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Estrategia actual contra cambio climático es insuficiente", *Prensa Ibero*, 2 de noviembre de 2017. <http://ibero.mx/prensa/estrategia-actual-contra-cambio-climatico-es-insuficiente>.



## ¿Por qué el calentamiento ártico agudiza el frío en nuestro país?\*

150

*México está entre los países afectados por efectos del calentamiento global*

El clima invernal del hemisferio norte está afectado por el vórtice polar estratosférico. Este término se aplica a flujos de aire muy frío en rotación que tienen su origen en el polo y descienden sobre el continente<sup>1</sup>. La combinación del giro de la Tierra con diferencias de temperatura, presión y humedad produce ondas heladas que afectan a la actividad humana.

Las bajas temperaturas existentes en el polo norte funcionan como un atractor de las masas de aire frío, y en principio evitan que las ondas de vórtice desciendan a partes bajas del continente. Esta atracción se ha hecho menos intensa en los últimos años debido al aumento de la temperatura de los polos, lo que ha sido un factor para la existencia de inviernos especialmente crudos en nuestro país.

La evidencia científica en este sentido ha sido reportada en distintos medios especializados, y si bien existen numerosas interrogantes referentes a aspectos detallados de este fenómeno, es evidente que el calentamiento del Ártico contribuye a la agudización del mismo.

De acuerdo con la Sociedad Meteorológica Norteamericana, las alteraciones en el vórtice boreal han ido aumentando significativamente durante los últimos 37 años. Este incremento ha sido acompañado por fríos extremos en latitudes medias de Europa y Asia<sup>2</sup>. El invierno ha sido particularmente crudo en extensas regiones de Estados Unidos y en la parte norte de México.

Es importante no confundir eventos meteorológicos debidos a fluctuaciones de carácter local con efectos globales derivados de factores de riesgo controlables. El dióxido de carbono antropogénico hace que el Ártico registre una tasa de calentamiento superior a la del resto del planeta<sup>3</sup>. Este hecho favorece al debilitamiento del atractor polar, si bien es muy difícil predecir con detalle las características de cada evento extremo.

Los inviernos muy fríos no implican que el calentamiento global no exista. Por el contrario, el debilitamiento del vórtice polar, debido a este fenómeno, favorece el descenso de corrientes de aire helado a latitudes medias del continente.

Las ciencias atmosféricas no son triviales. Su estudio formal requiere de métodos matemáticos especializados que van más allá de mediciones diarias y de proyecciones a corto plazo. La di-

---

\* Publicado el 16 de enero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/debilitamiento-del-vortice-boreal-asociado-con-inviernos-mas-frios-en-latitudes-medias>.

fusión del conocimiento sobre el fenómeno del cambio climático implica retos que sólo pueden afrontarse con base en una nueva relación ciencia-sociedad<sup>4</sup>.

Únicamente con una sociedad más científica y con científicos con mayor compromiso para acercar el conocimiento al público se lograrán consolidar acciones a gran escala que permitan superar el reto de la crisis climática contemporánea.

151

### Referencias

1. B. M. Kim *et al.*, "Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss", *Nature Communications*, 5, 2 de septiembre de 2014. <https://www.nature.com/articles/ncomms5646.pdf>.
2. M. Kretschmer *et al.*, "More-persistent weak stratospheric polar vortex states linked to cold extremes", *Bulletin of the American Meteorological Society*, enero de 2018. <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-16-0259.1>.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Ritmo de calentamiento en el Ártico, superior al resto del planeta", *Prensa Ibero*, 2 de mayo de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-ritmo-de-calentamiento-en-el-artico-superior-al-resto-del-planeta>.
4. A. Sandoval Villalbazo, "Necesario, reformular los términos del diálogo ciencia-sociedad", *Prensa Ibero*, 9 de diciembre de 2016. <http://iberomx.com/prensa/necesario-reformular-terminos-de-dialogo-entre-ciencia-y-sociedad>.



## ¿Por qué se está perdiendo la batalla contra el calentamiento global?\*

*El periodo 2018-2020 es decisivo para alcanzar las metas del Acuerdo de París*

152

La existencia del calentamiento global de la Tierra es incontrovertible. Al interactuar con la superficie terrestre, una fracción de la radiación solar es retenida por el planeta debido a la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera. Este fenómeno corresponde al llamado efecto invernadero, el cual es reforzado por la presencia de otros gases tales como el metano y el ozono.

Los niveles de los gases de efecto invernadero han aumentado de manera significativa debido a la acción humana desarrollada a partir de la Revolución industrial, provocando a su vez un incremento sostenido de la temperatura promedio global del planeta.

En Venus, la concentración de dióxido de carbono es tan alta que la superficie de ese planeta se ha convertido en un infierno de más de 400 °C, lo que ha impedido el desarrollo de vida.

En contraste, un efecto invernadero moderado ha permitido a la Tierra alcanzar temperaturas templadas que hacen posible la vida tal y como la conocemos. Desafortunadamente, en tiempos recientes se han extinguido numerosas especies de animales y vegetales debido al calentamiento derivado de actividades humanas<sup>1</sup>.

Desde hace algunas décadas, se plantearon acciones a nivel mundial en una gran batalla para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, y con ello evitar los efectos indeseables del calentamiento global. En particular, en abril de 2016 se firmó en París un acuerdo de gran alcance que incluye metas específicas por nación para reducir dichas emisiones. El cumplimiento de dichas metas requiere de una auténtica revolución de la forma en que la humanidad produce la energía que necesita para sus actividades cotidianas.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE), China y Estados Unidos son los principales responsables de las emisiones diarias de dióxido de carbono por uso de combustible a nivel mundial<sup>2</sup>. Si se ignorara por completo el problema, como pretenden hacerlo amplios sectores de la actual administración estadounidense, para 2100 las concentraciones de dióxido de carbono alcanzarían las 560 partes por millón y entonces la civilización humana sería inviable<sup>3</sup>.

Entre los efectos más preocupantes del cambio climático se encuentran ondas de calor mortales,

---

\* Publicado el 25 de enero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-por-que-se-esta-perdiendo-la-batalla-contra-el-calentamiento-global>. Este artículo dio lugar a una participación del autor en la sección Con-Ciencia de Noticias del Canal 22, conducido por la periodista Karen Rivera. La transmisión se realizó el 30 de marzo de 2018.



huracanes de alta intensidad, aumento del nivel de los mares, inviernos extremadamente fríos y escasez de alimentos debido a la desaparición de especies biológicas.

El anuncio de la salida de Estados Unidos del Acuerdo de París se dio en un periodo crítico. Si las emisiones anuales de gases de efecto invernadero no descienden para finales de 2020 será prácticamente imposible cumplir con las metas planteadas en los acuerdos<sup>4</sup>. En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas anunció que los esfuerzos internacionales actuales son insuficientes para obtener los objetivos de los acuerdos<sup>5</sup>.

Las sociedades deben permanecer atentas a los indicadores ambientales y en caso necesario adquirir un entrenamiento científico de reacción rápida, de forma tal que sea posible organizar acciones de adaptación y respuesta ante cambios ambientales y catástrofes naturales. Un ejemplo de este tipo de organización se dio en la evacuación de más de cinco millones de personas ante el paso del huracán *Irma* en septiembre de 2015<sup>6</sup>.

Es indispensable un diálogo claro y asertivo entre las comunidades científicas especializadas y los ciudadanos no especializados para afrontar de manera eficiente escenarios de migración forzada, crisis alimentarias y fenómenos climáticos extremos previstos para las próximas décadas.

Una sociedad desinformada ante los retos planteados por el problema del cambio climático sería un factor decisivo que marcaría un derrotero sombrío para quienes habitamos el planeta Tierra. Del éxito de un nuevo modelo en la relación ciencia-sociedad depende buena parte del futuro de la sociedad contemporánea.

#### Referencias

1. G. Ceballos *et al.*, "Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction", *Science Advances*, 1-5, 19 de junio de 2015. <http://advances.sciencemag.org/content/advances/1/5/e1400253.full.pdf>.
2. Las emisiones de dióxido de carbono por país pueden consultarse en la base de datos de la Agencia Internacional de Energía: <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/1378539487>.
3. "La Tierra será inhabitable en 2100, alerta experto", nota de prensa de la agencia china Xinhua referente a la conferencia del doctor Leopoldo García-Colín Scherer, "Principios fisicoquímicos del cambio climático", 14 de agosto de 2010. <https://ukhamawa.wordpress.com/2010/08/14/la-tierra-sera-inhabitable-en-2100-alerta-experto>.
4. "The Emissions Gap Report 2017", UN Environment Synthesis Report, noviembre de 2017. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR\\_2017.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22070/EGR_2017.pdf).
5. C. Figueres *et al.* "Three years to safeguard our climate", *Nature*, 546, 29 de junio de 2017. [https://www.nature.com/polopoly\\_fs/1.22201!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/546593a.pdf](https://www.nature.com/polopoly_fs/1.22201!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/546593a.pdf).
6. Una descripción de la evacuación masiva en Florida debida al huracán *Irma* puede encontrarse en <https://edition.cnn.com/2017/09/08/us/hurricane-irma-evacuation-florida/index.html>.

## Sin éxito, la comunicación de la ciencia sobre el calentamiento global\*

154

*Ejercicio estadístico muestra que se desconoce el consenso científico referente al efecto de la acción humana sobre la temperatura media del planeta*

Una encuesta publicada por el programa de comunicación climática de la Universidad de Yale reveló que menos de la mitad de los estadounidenses está verdaderamente seguro de que el calentamiento global esté ocurriendo en realidad. De aquellos que consideran que el fenómeno es real, una tercera parte afirma que éste es causado fundamentalmente por cambios naturales en el ambiente y no por acción humana. De manera sorprendente, 85% de la población encuestada desconoce el hecho de que existe un consenso científico abrumador, superior a 90%, en favor de que el actual aumento de la temperatura global en la Tierra es de carácter antropogénico<sup>1</sup>.

Los resultados de la encuesta no son alentadores. De acuerdo con la información que ofrece la Organización de las Naciones Unidas, en sólo 32 años los costos derivados de la adaptación al cambio climático en los países en vías de desarrollo pueden ascender a cerca de 500 mil millones de dólares anuales<sup>2</sup>. Existe un abismo informativo sobre la gravedad del problema que se sitúa entre el sector académico, los medios masivos de comunicación y el ciudadano común.

Uno de los retos que debe superar la comunicación de la ciencia es su excesiva dependencia de los llamados "argumentos de autoridad". Dado que el conocimiento científico se genera a partir de una tenaz y sistemática combinación de razonamiento y experimentación, resulta paradójico exigir que un público, que en principio debe ser escéptico, acepte sin el menor cuestionamiento enunciados que pueden resultarle poco intuitivos. Con frecuencia, el conocimiento científico afecta la cosmovisión de los individuos y hasta sus fuentes de ingreso; por ello es necesario reflexionar sobre lo que no está funcionando en la metodología de difusión de la ciencia que opera en la actualidad.

Las noticias relacionadas con los avances de la ciencia comúnmente se enfocan en el "qué" y el "quién", pero dedican poco espacio de calidad al "cómo", el cual es esencial para la asimilación del concepto por parte del receptor. Este fenómeno posee ciertos tintes de ironía, pues famosas personalidades de la ciencia que expresaron su renuencia a este tipo de práctica, como Albert Einstein, R. P. Feynman y Carl Sagan, se convirtieron a su vez en autoridades cuyos conceptos suelen ser sujetos de aceptación en el ámbito social por el sólo hecho de provenir de ellos, y no por el análisis de su metodología para establecerlos<sup>3</sup>.

---

\* Publicado el 12 de febrero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/por-que-no-ha-sido-exitosa-la-comunicacion-de-la-ciencia-del-calentamiento-global>.

En la medida en que la ciencia pueda ser vivida, y no simplemente dictada en los espacios educativos se asegurará la apropiación del conocimiento científico por parte de la ciudadanía en general. En el caso del calentamiento global, el desarrollo de una imagen detallada de la ciencia inherente al problema es fundamental para superar una crisis que tiende a agravarse en las próximas décadas. Este tipo de conocimiento se facilitará a medida que aumente el número de académicos "anónimos", pero bien preparados, que dediquen mayor energía y tiempo a laborar en conjunto con sectores sociales para establecer estrategias originales y creativas que permitan dar lugar a nuevos modelos de comunicación de la ciencia<sup>4</sup>.

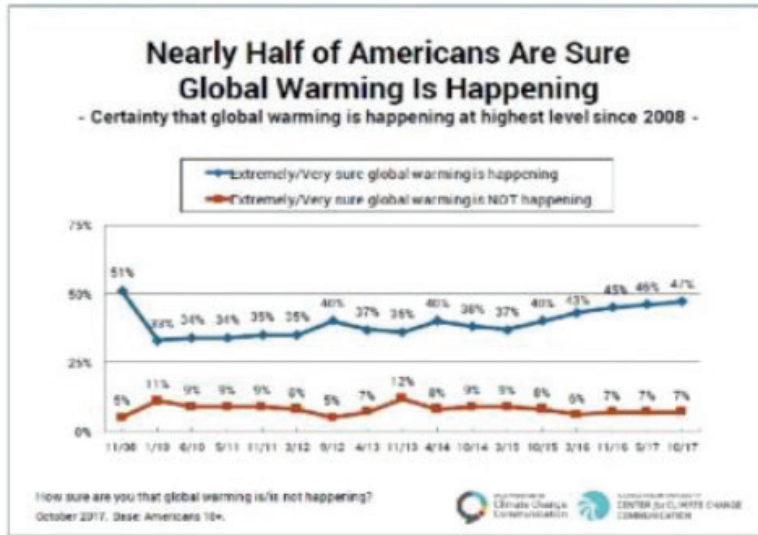


Figura 1: Proporción de la población de Estados Unidos que se encuentra segura de que el calentamiento global es real

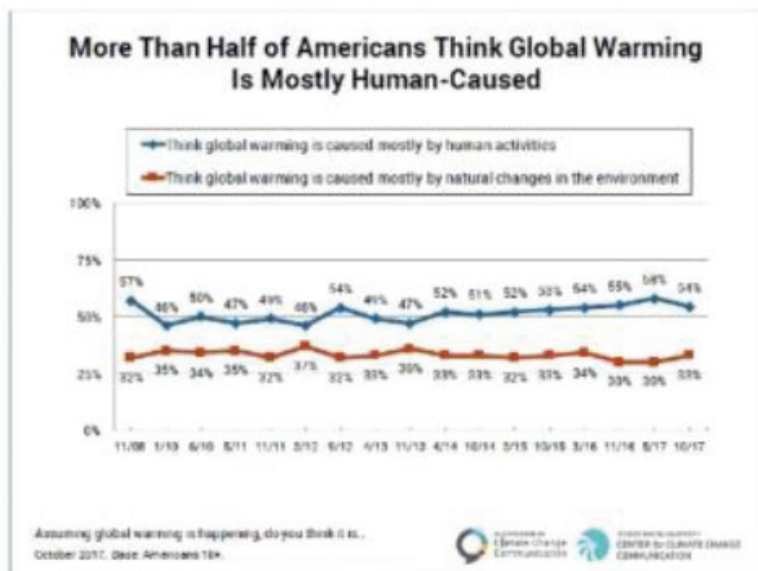


Figura 2: Proporción de la población de Estados Unidos que considera que el calentamiento global está siendo fundamentalmente ocasionado por la acción humana

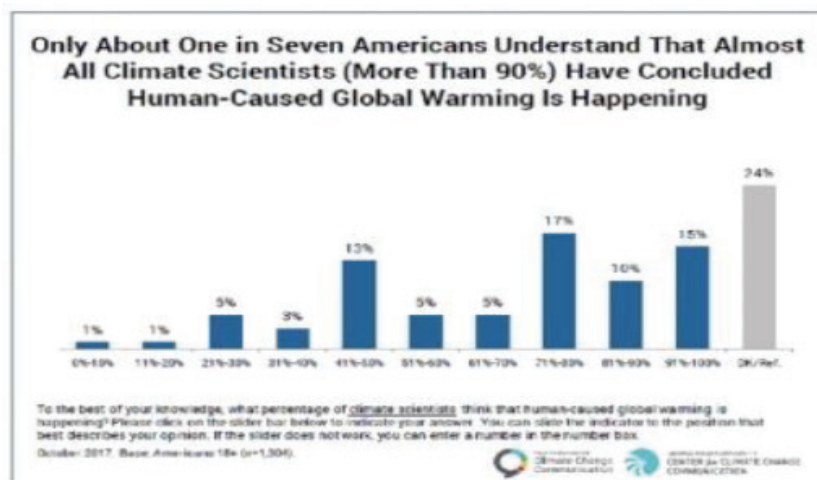


Figura 3: Sólo 1 de cada siete estadounidenses conoce el consenso científico abrumador sobre la influencia de la acción humana en el fenómeno del calentamiento global

### Referencias

1. A. Leiserowitz, *Climate change in the American mind: October 2017*, New Haven, Yale University y George Mason University. La encuesta completa puede consultarse en <http://climatecommunication.yale.edu/wp-content/uploads/2017/11/Climate-Change-American-Mind-October-2017.pdf>.
2. Los datos referentes a los costos del calentamiento global para 1950, reportados por la ONU, se pueden encontrar en <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/05/unep-report-cost-of-adapting-to-climate-change-could-hit-500b-per-year-by-2050>.
3. R. P. Feynman ilustra estas ideas en *The Meaning of It All: Thoughts of a Citizen-Scientist*, Nueva York, Perseus Publishing, 1988.
4. A. Sandoval-Villalbazo, "Necesario reformular términos de diálogo entre ciencia y sociedad", *Prensa Ibero*, 9 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-t-rminos-de-di-logo-entre-ciencia-y-sociedad>.



## Sismo del 16 de febrero exhibe limitaciones de la escala Richter\*

*Aceleración pico del suelo y distancia entre epicentro y puntos de afectación son elementos necesarios para valorar posibles daños*

157

El movimiento telúrico ocurrido en México el 16 de febrero de 2018 tuvo una intensidad de 7.2 grados Richter. Es bien conocido que el sismo del 19 de septiembre de 2017 tuvo una magnitud de 7.1 grados, en la misma escala. A pesar de que ambos fenómenos afectaron a la Ciudad de México, los daños causados por el evento del 16 de febrero fueron insignificantes en comparación con su contraparte del 19 de septiembre del año pasado. Es evidente que la escala Richter no proporciona información suficiente para comprender los efectos causados por los terremotos<sup>1</sup>.

La distancia entre el epicentro de un temblor y el punto en el cual se registra el efecto es, junto con las características detalladas de las ondas sísmicas, un factor fundamental para cuantificar la capacidad destructiva del sismo. Adicionalmente, una medida que permite apreciar las consecuencias de un terremoto es la aceleración pico del suelo, conocida en inglés como *peak ground acceleration (PGA)*<sup>2</sup>.

En el caso del sismo del 19 de septiembre de 2017, la aceleración pico del suelo alcanzó 34.28% de la gravedad en el sur de la Ciudad de México. En contraste, este mismo valor en la misma área, apenas alcanzó 1% de la gravedad durante el temblor del 16 de febrero de 2018. Este tipo de relación es esperable, puesto que en el episodio más reciente la distancia del epicentro al punto de medición de los efectos fue de 337.5 kilómetros, mientras que en el caso del 19 de septiembre de 2017 este valor fue de sólo 106.5 kilómetros.

Como referencia adicional, el terremoto del 19 de septiembre de 1985 se situó aproximadamente a 250 kilómetros de la Ciudad de México y tuvo una magnitud aproximada de 8 grados Richter<sup>3</sup>.

Estas consideraciones llevan a reflexionar sobre la alerta sísmica que actualmente funciona en la Ciudad de México. La alerta tradicional opera bajo el principio de un epicentro ubicado en la costa del Pacífico y otorga alrededor de 50 segundos a la población para ubicarse de forma ordenada en zonas seguras. Las áreas de seguridad deben ubicarse con anterioridad por medio de señalizaciones y simulacros.

Este tipo de alerta actuó oportunamente para el sismo del 16 de febrero de 2018, pero fue insuficiente para alertar a los capitalinos sobre el terremoto del 19 de septiembre de 2017, debido a la corta distancia entre el epicentro y la ciudad.

---

\* Publicado el 19 de febrero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-sismo-del-16-de-febrero-exhibe-limitaciones-de-la-escala-richter>.

Un segundo tono de alerta, para el caso de epicentros cercanos, sería mucho más oportuno, pues alertaría sobre la inexistencia del margen de tiempo previsto por la alerta tradicional.

Las condiciones sísmicas del Valle de México son excepcionales en comparación con la mayoría de las grandes urbes del planeta, por lo que se requieren medidas de previsión excepcionales.

**158** Ello sugiere que quienes habitamos y laboramos en la zona debemos establecer procedimientos *ad hoc* para enfrentar de manera satisfactoria la complejidad sísmica de la ciudad.

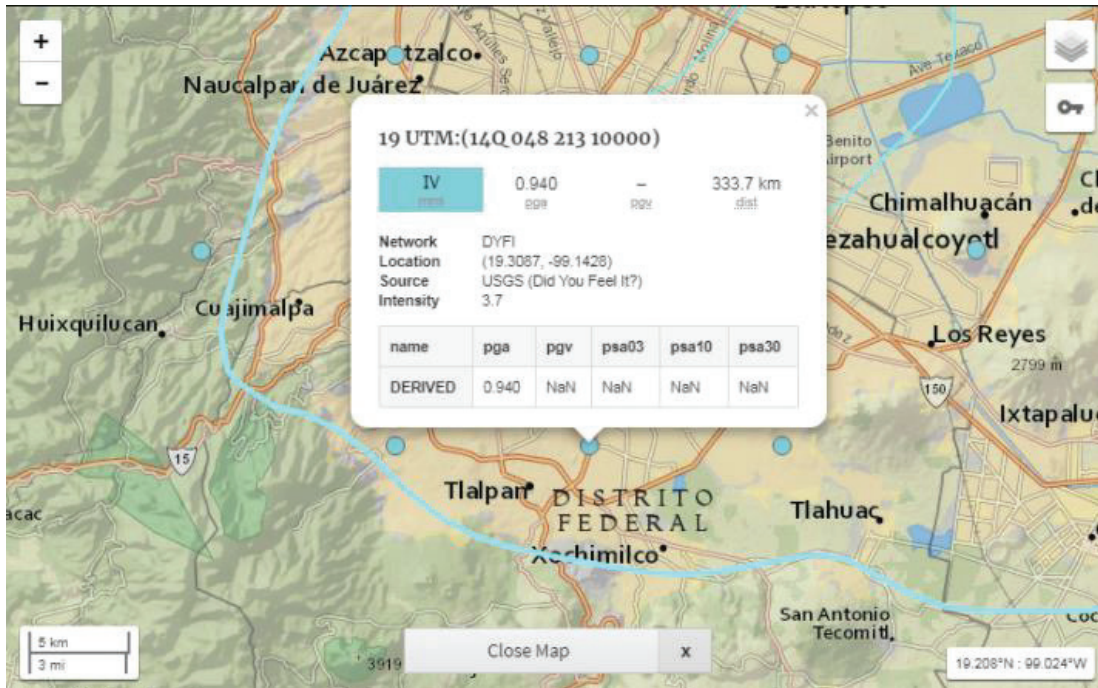


Figura 1: Aceleración pico del suelo en el temblor del 16 de febrero de 2018.

Estos valores son bajos, a pesar de que en la escala Richter el temblor superó en intensidad a su contraparte del 19 de septiembre de 2017

### Referencias

1. "What happened to the Richter Scale?", *National Geographic*, 18 de noviembre de 2015. <https://www.nationalgeographic.com.au/nature/what-happened-to-the-richter-scale.aspx>.
2. Una descripción más amplia de la escala PGA puede encontrarse en A. Sandoval-Villalbaz, "Terremotos plantean nuevos retos a habitantes de la CDMX", *Prensa Ibero*, 25 de septiembre de 2017. <http://ibero.mx/prensa/terremotos-plantean-nuevos-retos-habitantes-de-la-cdmx>.
3. Los datos históricos de los valores PGA pueden consultarse en el sitio del National Earthquake Information Center (NEIC). <https://earthquake.usgs.gov>. Los valores PGA más recientes para México también han sido proporcionados por el Servicio Sismológico Nacional. [http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2018/SSNMX\\_rep\\_esp\\_20180216\\_Oaxaca\\_M72.pdf](http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2018/SSNMX_rep_esp_20180216_Oaxaca_M72.pdf).

# Debilitamiento del vórtice polar causa fríos extremos en Europa\*

*El mismo fenómeno, que está vinculado con el calentamiento global antropogénico, afectó a nuestro país*

159

En 2014, la revista *Nature* publicó un estudio en el cual se analizó el efecto del calentamiento del Ártico sobre el comportamiento de las corrientes de aire frío existentes en dicha región del planeta<sup>1</sup>. Los autores del trabajo mostraron que este calentamiento alteraría el equilibrio del vórtice polar, al punto de que masas de aire muy frío eventualmente descenderían a los continentes, generando fríos extremos en latitudes medias.

Años después, el efecto previsto por los autores de dicho trabajo se ha verificado de manera dramática, afectando la costa este de Estados Unidos, el noreste de México<sup>2</sup> y de manera más reciente a Siberia y Europa occidental, donde ya se han registrado decenas de defunciones debidas a los fríos extremos.

El escenario también se anticipó, de manera más urgente, en una reciente comunicación científica enviada a la Sociedad Meteorológica Norteamericana; ésta fue sometida a un riguroso arbitraje en mayo de 2017 y se publicó en línea el 1 de febrero de 2018<sup>3</sup>.

Las altas concentraciones de dióxido de carbono atmosférico derivadas de actividades humanas tales como la quema de combustibles fósiles y los hábitos alimenticios han causado que el Ártico registre una tasa de calentamiento muy superior a la del resto del planeta<sup>4</sup>.

Durante enero y febrero de 2018, las temperaturas registradas en el Ártico superaron cerca de 20 °C sus valores normales históricos (ver Figura 1). Las corrientes de aire relativamente cálido que han penetrado en el círculo polar boreal han actuado como una daga que dio lugar a dos grandes masas de aire frío, las cuales al descender a los continentes generaron temperaturas inusualmente bajas, primero en América del Norte y después en Europa (ver Figura 2).

Desde principios de febrero de 2018, la masa de aire polar ubicada en Siberia comenzó a desplazarse hacia Europa occidental formándose la llamada Bestia del Este, que ha generado tormentas de nieve impresionantes, inclusive en regiones ubicadas muy al sur de Italia (ver Figura 3). Las consecuencias del deshielo en el Ártico no se limitan a episodios de inviernos muy fríos capaces de generar daños irreversibles en comunidades vulnerables. "Lo que pasa en el Ártico no

---

\* Publicado el 2 de marzo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-debilitamiento-del-vortice-polar-causa-frios-extremos-en-europa>.

se queda en el Ártico", sino que las alteraciones en los patrones de las corrientes atmosféricas contribuyen a la formación de fenómenos extremos tales como huracanes de alta intensidad y ondas de calor mortales.

160 Adicionalmente, se han registrado cambios en las propiedades físicas de los océanos que afectan a los ecosistemas, dando pie a que numerosas especies de animales deban migrar y en algunos casos enfrentar escenarios de extinción.

Debido a las características inusuales de los fenómenos climáticos registrados en 2018, numerosos medios de comunicación en el extranjero han tenido que concentrar esfuerzos para facilitar la comprensión del fenómeno del debilitamiento del vórtice polar<sup>5</sup>. Irónicamente, estos medios han debido recurrir a información conocida desde hace años, publicada en revistas científicas de alto impacto, pero que de alguna manera pasó inadvertida.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero no retrocederán en las próximas décadas a los niveles registrados a principios del siglo xx, por lo que es evidente que se seguirán presentando diversos fenómenos extremos vinculados con el cambio climático. Únicamente, con un mayor acercamiento entre la comunidad científica, la sociedad y los diversos sectores de los gobiernos se podrán afrontar exitosamente los escenarios derivados de la crisis ecológica por la que atraviesa la humanidad.

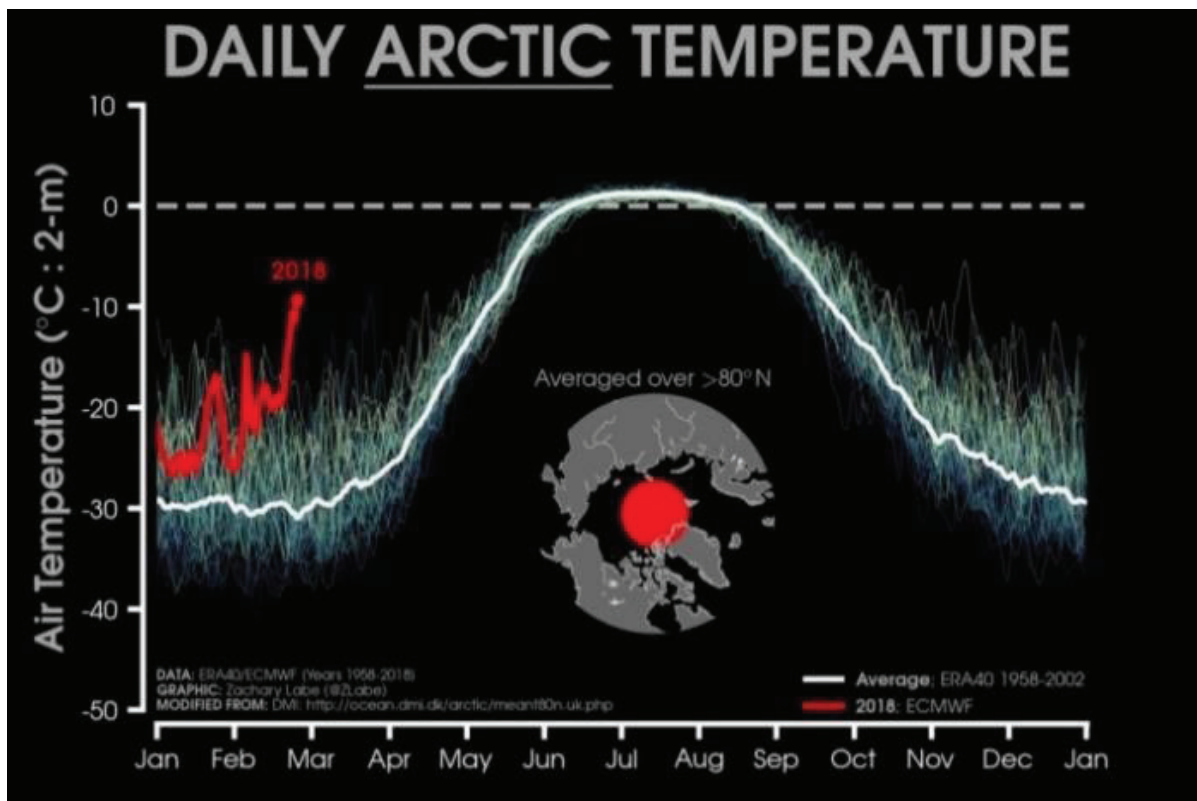


Figura 1: La curva en roja representa la temperatura en el Ártico, la cual superó significativamente el promedio histórico



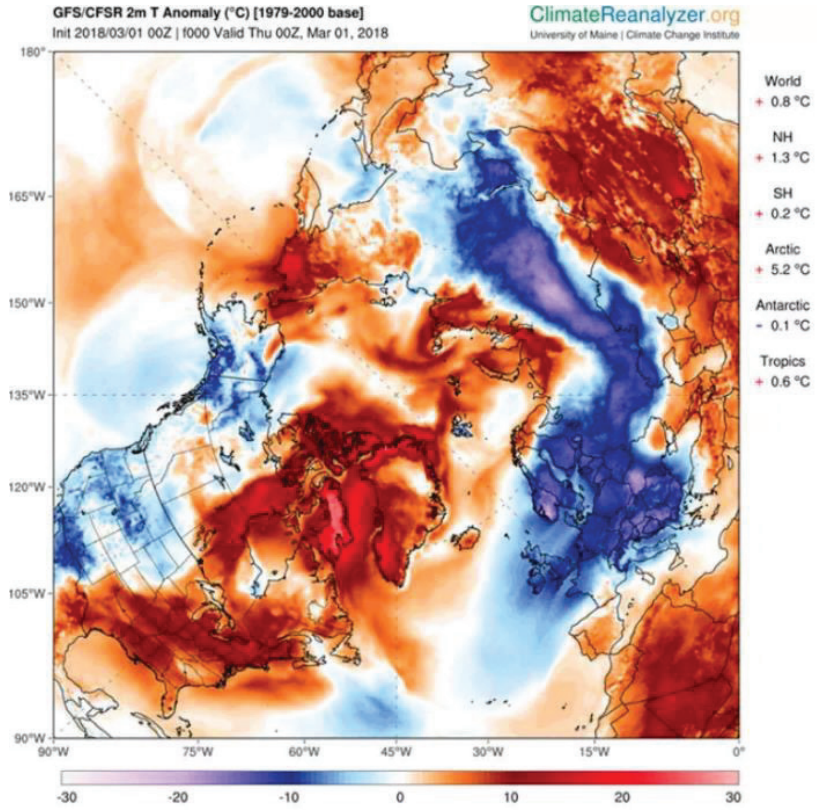


Figura 2: Temperaturas en el ártico en marzo de 2018

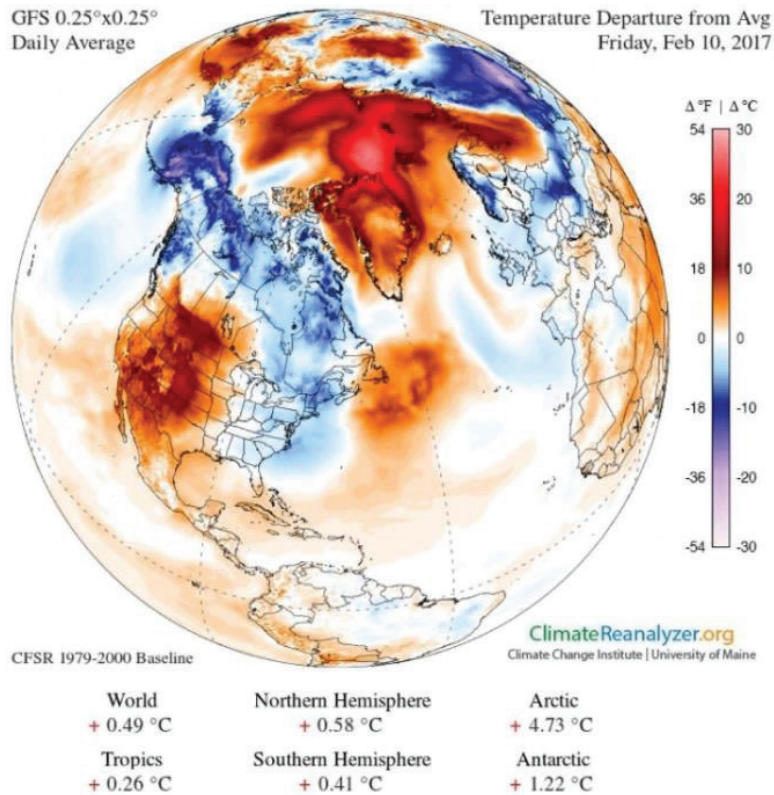


Figura 3: Temperaturas en el ártico en febrero de 2017

## Referencias

1. B. M. Kim *et al.*, "Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss", *Nature Communications*, 5, 2 de septiembre de 2014. <https://www.nature.com/articles/ncomms5646.pdf>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "¿Por qué el calentamiento ártico agudiza el frío en nuestro país?", **162** *Prensa Ibero*, 16 de enero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/debilidad-del-vortice-boreal-asociado-con-inviernos-mas-frios-en-latitudes-medias>.
3. M. Kretschmer *et al.*, "More-persistent weak stratospheric polar vortex states linked to cold extremes", *Bulletin of the American Meteorological Society*, enero de 2018. <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-16-0259.1>.
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Ritmo de calentamiento en el Ártico, superior al resto del planeta", *Prensa Ibero*, 2 de mayo de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/analisis-ritmo-de-calentamiento-en-el-artico-superior-al-resto-del-planeta>.
5. Algunas notas de medios internacionales en las que se incluyen descripciones del comportamiento del vórtice polar en el contexto de los fríos en Europa son <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2018/02/27/collapse-polar-vortex-arctic-melting-winter>; [https://www.abc.es/sociedad/abci-sabes-calentamiento-subito-estratosferico-201802221938\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abci-sabes-calentamiento-subito-estratosferico-201802221938_noticia.html); <https://www.thesun.co.uk/news/5634018/beast-from-the-east-storm-emma-uk-weather>.



## Crece riesgo de inundaciones extremas en costas mexicanas\*

*Nature exhibe riesgos para ciudades como Tijuana, Ensenada, La Paz, Cabo San Lucas, Guaymas, Mazatlán y Salina Cruz*

163

De acuerdo con un artículo publicado en la revista *Nature* el 8 de marzo de 2018, la frase “este tipo de inundación ocurre una vez cada cien años” cobrará un nuevo significado para varias ciudades mexicanas en menos de tres décadas<sup>1</sup>. En Estados Unidos, catástrofes como la ocurrida en Jacksonville en 2017 (por el huracán *Irma*) se producirán aproximadamente cada dos años en diversos puntos de la costa este hacia la mitad del siglo *xxi*.

El aumento del nivel de los mares derivado del calentamiento global antropogénico es la causa principal de este significativo incremento en la frecuencia de inundaciones extremas. Las investigaciones realizadas para establecer estas conclusiones se fundamentan en el uso de bases de datos elaboradas hace apenas unos años<sup>2</sup> y en la aplicación de técnicas bien conocidas de estadística matemática. En este contexto, el empleo de funciones de distribución tipo Gumbel y Pareto generalizada ha resultado muy útil para examinar con detalle las “colas” de las distribuciones, permitiendo modelar con detalle las alturas máximas de los océanos a través del tiempo, en diferentes regiones del planeta<sup>3</sup>.

De acuerdo con el estudio, entre las ciudades mexicanas que se verán afectadas por este tipo de megainundaciones destacan Tijuana, Ensenada, La Paz, Cabo San Lucas, Guaymas, Mazatlán y Salina Cruz. En un grado ligeramente menor de riesgo se sitúan Manzanillo y Acapulco (ver Figuras 1 y 2). Para ilustrar la magnitud de este tipo de eventos basta recordar los efectos de las lluvias en el puerto de Acapulco en septiembre de 2013, cuando decenas de personas fallecieron, se colapsaron varias viviendas y miles de personas quedaron incomunicadas por las inundaciones en el aeropuerto y las carreteras.

En el caso de Estados Unidos, los autores de los trabajos ya han entrado en diálogo con agencias oficiales, tales como el cuerpo armado de ingenieros, con la intención de que las poblaciones en riesgo se encuentren apropiadamente preparadas para hacer frente a este tipo de desastre natural. Es importante tener en consideración que México sólo es responsable de una fracción mínima de las concentraciones actuales de dióxido de carbono atmosférico, al tiempo que el gobierno del segundo emisor a nivel mundial (Estados Unidos) ha manifestado públicamente su decisión de abandonar el Acuerdo de París.

---

\* Publicado el 12 de marzo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/analisis-crece-riesgo-de-inundaciones-extremas-en-costas-mexicanas>.

En México, desde finales de 2014, se conformó el Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC). Este organismo es fundamental para asegurar que el país cumpla con sus compromisos internacionales referentes a la reducción de gases de efecto invernadero y para coordinar estrategias de preparación en las poblaciones para hacer frente a eventos tales como inundaciones y ondas de calor<sup>4</sup>. Dada la complejidad del fenómeno del cambio climático, es evidente que el SINACC deberá contar con el apoyo de la comunidad científica nacional, que deberá canalizar mayores esfuerzos para anticipar escenarios de riesgo para las próximas décadas.

Es necesario crear nuevos mecanismos de enlace entre la infraestructura científica, los sectores de gobierno, el sistema educativo y los medios masivos de comunicación para superar las consecuencias negativas del calentamiento global antropogénico. La crisis ambiental presenta retos formidables para México, pero al mismo tiempo es una oportunidad extraordinaria para hacer permanentes los espacios de unión y solidaridad que ha creado el pueblo mexicano al hacer frente a las catástrofes naturales.



Figura 1: Los puntos en morado representan las regiones con mayor riesgo de inundaciones extremas en el año 2050 (una cada uno a dos años), los puntos en rojo riesgo alto (una cada 2 a 5 años), los anaranjados riesgo intermedio (una cada cinco a diez años) y los amarillos riesgo bajo (una cada 10 a 20 años)



Figura 2: Regiones de México con mayor riesgo de inundaciones extremas en el año 2050 (una cada uno a dos años)

### Referencias

1. A. Witze, "The cruellest seas: extreme floods will become more common as sea levels rise", *Nature*, 555, 156-158, 8 de marzo de 2018. <https://www.nature.com/magazine-assets/d41586-018-02745-0/d41586-018-02745-0.pdf>.
2. Global Extreme Sea Level Analysis (GESLA) es la base de datos para realizar estudios estadísticos con los cuales se establecen regiones de riesgo por inundaciones extremas a nivel mundial. Puede encontrarse en <http://gesla.org>.
3. T. Wahl *et al.*, "Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis", *Nature Communications*, 8, 7 de julio de 2017. <https://www.nature.com/articles/ncomms16075.pdf>.
4. A. Sandoval-Villalbazo, "Cambio climático aumenta frecuencia de fenómenos extremos: Ondas de calor, tormentas, inundaciones y sequías se han incrementado por acción humana", *Prensa Ibero*, 7 de julio de 2017. <http://ibero.mx/prensa/cambio-climatico-aumenta-frecuencia-de-fenomenos-extremos>.



## Deforestación, asignatura pendiente en la lucha contra el calentamiento global\*

166

*La destrucción de bosques es una de las dos principales causas del calentamiento global antropogénico*

Hace más de una década, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) hizo notar que la deforestación es una de las principales causas del cambio climático<sup>1</sup>. Si bien la relación entre las reacciones de combustión utilizadas en las actividades humanas y la producción de gases de efecto invernadero es bien conocida, el vínculo entre la deforestación y el calentamiento global antropogénico es menos evidente.

El punto de partida para comprender los efectos ambientales de la deforestación es la reacción química que denominamos fotosíntesis. El dióxido de carbono y el agua, en presencia de luz solar, dan lugar a glucosa y oxígeno. Gracias a esta reacción las plantas obtienen energía para sus procesos vitales, proporcionan oxígeno a nuestra atmósfera y funcionan como sumideros de dióxido de carbono, atemperando así una de las principales causas del calentamiento global.

Cuando se destruye un bosque por efecto de quema o tala se comete un ecocidio. No sólo se pierden seres vivientes capaces de facilitar la existencia de otras formas de vida, sino también se provoca que el carbono presente en la estructura de árboles y plantas se expulse hacia la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero.

La pérdida de bosques está vinculada con el incremento de la población humana. La necesidad de crear asentamientos y rutas de transporte para proporcionar servicios a las poblaciones ha sido un factor fundamental para la deforestación de una importante proporción del planeta.

Adicionalmente, el aumento de las superficies de cultivo para alimentación ha hecho que cada año se eliminen millones de hectáreas de bosque a nivel mundial<sup>2</sup>. Uno de los ejemplos más notorios de este fenómeno ocurre hoy en día en el estado mexicano de Michoacán. En esta región se han registrado pérdidas significativas de superficie boscosa debido al uso de la tierra para producción agrícola y para actividad minera. De acuerdo con un estudio publicado en 2012, en el periodo 1990-2000 México se encontraba entre los 10 países con mayores tasas de deforestación del mundo<sup>3</sup>.

Los fundamentos de las evaluaciones del impacto ambiental de diversas actividades humanas suelen ser poco difundidos entre las poblaciones, y los dictámenes referentes a estos impactos

---

\* Publicado el 2 de abril de 2018. <http://ibero.mx/prensa/deforestacion-asignatura-pendiente-en-la-lucha-contra-el-calentamiento-global>.

frecuentemente están sujetos a presiones de tipo económico. La indiferencia hacia este problema puede hacer inviable a la civilización hacia finales del siglo XXI, por lo que las numerosas iniciativas existentes en defensa de los bosques deben recibir mayor atención y apoyo por parte de las sociedades<sup>4</sup>.

El combate a la deforestación es una asignatura pendiente cuya desatención daría lugar a una factura ecológica absolutamente inmanejable.

167

### Referencias

1. "Deforestation causes global warming", *FAO Newsroom*, 4 de septiembre de 2006. <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000385/index.html>.
2. *Global forest resources assessment*, *FAO*, Roma, 2016. <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>.
3. S. Chakravarty *et al.*, "Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies", en Clement A. Okia (ed.), *Global Perspectives on Sustainable Forest Management*, *InTech*, 2012. [https://cdn.intechopen.com/pdfs/36125/InTechDeforestation\\_causes\\_effects\\_and\\_control\\_strategies.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/36125/InTechDeforestation_causes_effects_and_control_strategies.pdf).
4. La *ONU* ha trazado un plan estratégico forestal para el periodo 2017-2030 que puede consultarse en [https://www.un.org/esa/forests/wpcontent/uploads/2016/12/UNSPF\\_AdvUnedited.pdf](https://www.un.org/esa/forests/wpcontent/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf).



## ¿Por qué debe preocupar a México el debilitamiento de la corriente del golfo?\*

168

*La falta de circulación de aguas cálidas en el Atlántico incrementa la potencia de huracanes*

Las próximas décadas estarán caracterizadas por riesgos crecientes para nuestro país, derivados del calentamiento global antropogénico. Con el aumento en la frecuencia de inundaciones extremas y ondas de calor<sup>1</sup>, debe considerarse un incremento en la potencia de huracanes en las costas mexicanas del océano Atlántico; esto como consecuencia del debilitamiento de la corriente del Golfo. Este fenómeno había sido anticipado desde principios del siglo XXI y su confirmación se reportó en la revista *Nature* durante abril de 2018<sup>2</sup>.

A pesar de que el análisis detallado de las corrientes marinas es complejo y requiere de un alto grado de especialización, es posible comprender a grandes rasgos la razón del debilitamiento de la corriente y por qué está vinculado con la intensidad de un huracán. Primero, debe considerarse el hecho de que la temperatura del océano en las regiones ecuatoriales es mayor que en los polos; entre mayor sea la diferencia de estas temperaturas más fuerte será la corriente, la cual sirve como un termostato planetario que permite el establecimiento de un estado de equilibrio a nivel global. Ahora bien, el calentamiento de los polos y el consiguiente derretimiento de los glaciares han aminorado la diferencia de las temperaturas y de la salinidad en distintas latitudes, debilitando este importante sistema regulador.

La energía interna de un sistema está relacionada directamente con su temperatura. Aguas más cálidas proporcionan mayor energía a los huracanes que sus contrapartes de baja temperatura. Una menor eficiencia en los mecanismos de transferencia de calor en el Atlántico favorece la aparición de vientos sostenidos con mayores velocidades, aumentando con ello la capacidad destructiva de estos fenómenos meteorológicos.

Los estudios publicados en *Nature* apuntan a que la corriente del Golfo se ha debilitado aproximadamente 15% en los últimos 70 años. Este descenso es consecuencia de los altos niveles de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera terrestre, los cuales a su vez están vinculados a la acción humana.

Los efectos negativos de este fenómeno no se limitan a la destrucción material directa causada por el paso de huracanes más potentes; existen también consecuencias indirectas sobre el ciclo

---

\* Publicado el 24 de abril de 2018. <http://ibero.mx/prensa/por-que-debe-preocupar-mexico-el-debilitamiento-de-la-corriente-del-golfo>.



de carbono vegetal. En particular, se ha documentado que el arrastre de hojarasca debido a huracanes ha alterado la distribución de nutrientes en bosques nacionales, afectando a la ecología de diversas zonas boscosas del país<sup>3</sup>.

Es necesario que existan mayores recursos humanos especializados en México para cuantificar y prever fenómenos climáticos extremos asociados con el calentamiento global. El reciente debilitamiento de la corriente del Golfo debe considerarse con particular atención, pues los efectos potenciales de este fenómeno pueden alcanzar niveles muy delicados en la costa este del territorio nacional.

169

### Referencias

1. A. Sandoval Villalbazo, "Ondas de calor afectan a un tercio de la población mundial", *Prensa Ibero*, 26 de junio de 2017. <http://ibero.mx/prensa/ondas-de-calor-afectan-un-tercio-de-la-poblacion-mundial>; A. Sandoval-Villalbazo, "Crece riesgo de inundaciones extremas en costas mexicanas", *Prensa Ibero*, 12 de marzo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/analisis-crece-riesgo-de-inundaciones-extremas-en-costas-mexicanas>.
2. L. Caesar *et al.*, "Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation", *Nature*, 556, pp. 191-196, 2018. <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0006-5>.
3. Juan Carlos Álvarez-Yépiz y Angelina Martínez-Yrizar, "Huracanes, sequias y heladas: eventos climáticos extremos en México", *Revista Oikos*, 14 de diciembre de 2015. <https://bit.ly/2F29zYJ>.



## Se agudiza fenómeno del calentamiento global frente a escepticismo colectivo\*

170

*Negación de la fisicoquímica ambiental aún afecta a una importante proporción de la sociedad*

Durante la educación infantil es frecuente utilizar figuras ficticias para facilitar tareas relacionadas con la alimentación y el sueño. El "coco", el "hombre del costal" o el "tlacuache" suelen ser evocados para apresurar a infantes para que coman zanahorias cocidas o duerman temprano. Con el tiempo estos seres fantásticos pierden todo su poder coercitivo dando paso a actitudes escépticas que prevalecen durante la edad adulta.

Desafortunadamente, aunque el calentamiento global antropogénico no es ficticio, una significativa proporción de los habitantes del planeta parece estar bajo el efecto de una variante del "síndrome de negación del coco" que tiende a retrasar acciones decididas para combatir y mitigar los efectos de este fenómeno físico-químico.

En abril de 2018 se rompieron numerosos records de temperatura en diversos puntos del planeta. En particular, en la localidad pakistaní de Nawabshah, los termómetros registraron 50.2 °C. Con toda probabilidad, esta temperatura es la más alta registrada en un mes de abril, en región alguna del mundo, desde que se cuenta con registros confiables de medición<sup>1</sup>.

Adicionalmente, se han alcanzado las mayores temperaturas en más de 70 años en diversos puntos de la Gran Bretaña<sup>2</sup>, tan sólo un mes después de que la llamada Bestia del Este generara fríos extremos relacionados con inestabilidades del vórtice polar, que a su vez se encuentran vinculadas con el derretimiento de hielo en el Ártico<sup>3</sup>.

La física del calentamiento global es accesible, y en principio debería formar parte de los conocimientos básicos de la sociedad en general. Se tiene completa certeza de que la luz proveniente del Sol dé lugar a radiación infrarroja emitida desde la superficie del planeta al alcanzarse un estado de equilibrio termodinámico local. La captura y emisión de fotones infrarrojos por parte de las moléculas de dióxido de carbono es un fenómeno que también se encuentra fuera de toda duda.

La retención de esta radiación en la atmósfera terrestre corresponde al llamado efecto invernadero y ha causado un aumento de la temperatura global en las últimas décadas. A mayores concentraciones de dióxido de carbono, hay mayor retención de radiación y, por tanto, mayor aumento de temperatura. El efecto invernadero es perfectamente reproducible en laboratorios, al igual que puede verificarse la oscilación de un péndulo o la caída libre de un objeto.

---

\* Publicado el 7 de mayo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/se-agudiza-fenomeno-del-calentamiento-global-frente-escepticismo-colectivo>.

Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado sustancialmente debido a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación antropogénica. Con ello hemos puesto en riesgo la viabilidad de la civilización, al punto de que grandes extensiones del planeta corren el riesgo de tornarse inhabitables en tan solo 80 años.

Desde el ámbito académico es necesario reflexionar las razones por las cuales la sociedad aún no se ha apropiado de la ciencia básica del calentamiento global, y en cambio aún parece asociarla con un cuento infantil del “coco” o el “hombre del costal”. Uno de los posibles factores es la ausencia de suficientes actividades experimentales en los niveles básicos escolares<sup>4</sup>.

Un segundo posible factor es la forma en que se ha conducido la “aristocracia académica” a nivel mundial a lo largo de las últimas décadas. El tecnicismo excesivo, orientado a imponer esquemas de control de plazas académicas, ha contribuido a crear torres de marfil en una etapa histórica en la que es imperativa una comunicación horizontal y clara de los fenómenos físicos. Un tercer factor, aún más alarmante, es la existencia de intereses económicos de corto plazo que en la práctica han favorecido el uso de tecnologías nocivas para el planeta.

Los graves escenarios previstos para fines del siglo XXI, en el caso de que no se sigan las rutas de reducción de emisiones incluidas en el Acuerdo de París, trascienden la expectativa de vida de la población económicamente activa de la actual generación. Pero es justo este núcleo poblacional el que lleva la responsabilidad de hacer efectivas las medidas que eviten una herencia ominosa e inmanejable para las generaciones venideras.

### Referencias

1. “Hottest April day ever recorded-maybe: UN weather watchdog”, *UN News*, 4 de mayo de 2018. <https://news.un.org/en/story/2018/05/100892>.
2. “Hottest April day in almost 70 years sparks marathon warning”, *The Guardian*, 19 de abril de 2018. <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/apr/19/uk-could-enjoy-hottest-april-day-in-almost-70-years>.
3. A. Sandoval-Villalbazo, “Debilitamiento del vórtice polar causa fríos extremos en Europa”, *Prensa Ibero*, 2 de marzo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-debilitamiento-del-vortice-polar-causa-frios-extremos-en-europa>.
4. A. Sandoval-Villalbazo, “Indiferencia social a la ciencia, obstáculo para el nuevo modelo educativo”, *Prensa Ibero*, 12 de junio de 2017. <http://www.ibero.mx/prensa/indiferencia-social-la-ciencia-obstaculo-para-nuevo-modelo-educativo>.



## Pierde NASA apoyo financiero para monitoreo de gases atmosféricos\*

172

*La medida afectará el seguimiento del Acuerdo de París, advierte experto de la Ibero*

La medición de concentraciones de gases de efecto invernadero es de vital importancia en la lucha contra el calentamiento global. Los trabajos originales de Charles Keeling, realizados hace más de medio siglo, han resultado cruciales para conocer la relación entre la acción humana, la presencia de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera y el aumento de la temperatura promedio del planeta.

Sin esta labor experimental hubiera sido imposible dimensionar de forma apropiada el problema del calentamiento global y muy probablemente los esfuerzos internacionales para atacar el problema hubieran resultado tardíos e insuficientes<sup>1</sup>.

En la actualidad, el éxito o el fracaso de las acciones para reducir las emisiones de dióxido de carbono y preservar los sumideros presentes en los bosques requiere del uso de tecnología de alta precisión.

Una importante contribución en esta vertiente ha sido desarrollada y aplicada por la NASA en las décadas más recientes. Sin embargo, el principal sistema de monitoreo de carbono de la agencia espacial estadounidense (CMS) se suspendió debido a que la administración Trump le retiró sus fondos de operación<sup>2</sup>.

De acuerdo con la revista *Science*, el financiamiento programado para CMS es de aproximadamente 10 millones de dólares anuales y, debido a que no se consideró prioritario, sólo recibirá apoyo para finalizar compromisos previamente contraídos. Los nuevos proyectos de investigación planeados por la NASA relacionados con el monitoreo de dióxido de carbono atmosférico no podrán llevarse a la práctica debido a la carencia de fondos.

Uno de los proyectos cancelados es el observatorio satelital de dióxido de carbono oco-3. Esta acción de la administración Trump la previeron varios analistas durante 2017, y es particularmente preocupante debido a que sin este observatorio se complicará el seguimiento del Acuerdo de París referente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>3</sup>. Para efectos de la ecología mundial, la suspensión de este tipo de mediciones es análoga a retirar el monitoreo de glucosa a una persona diabética.

---

\* Publicado el 14 de mayo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-pierde-nasa-apoyo-financiero-para-monitoreo-de-gases-atmosfericos>.

El resto de los países del mundo deberá absorber los costos de la falta de visión científica de parte de diversos sectores de la actual administración pública estadounidense. A pesar de ello, es previsible que la abrumadora evidencia en favor de la ciencia del calentamiento global haga posible que en el mediano plazo Estados Unidos reasuma el liderazgo ambiental que los caracterizó durante el periodo 2006-2014.

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Ciencia, antídoto para la desinformación sobre cambio climático". *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.
2. P. Voosen, "Trump White House quietly cancels NASA research verifying greenhouse gas cuts", *Science Magazine*, 9 de mayo de 2018. <https://www.sciencemag.org/news/2018/05/trump-white-house-quietly-cancels-nasa-research-verifying-greenhouse-gas-cuts>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Investigación sobre cambio climático, en peligro por efecto Trump", *Prensa Ibero*, 21 de marzo de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-investigacion-sobre-cambio-climatico-en-peligro-por-efecto-trump>.



# Huracanes, matemáticas y medios de comunicación\*

*La temporada de huracanes 2018 invita a reexaminar casos como los de Lidia, Patricia, Harvey y María*

174

El registro detallado de fenómenos atmosféricos ha hecho posible establecer métodos matemáticos capaces de prever las características generales de las temporadas de huracanes. Entre los elementos de análisis empleados se encuentran las llamadas distribuciones de Poisson, las cuales también se utilizan para anticipar las llegadas y tiempos de espera de clientes en bancos y restaurantes<sup>1</sup>.

Este tipo de herramienta estadística permitió anticipar que durante 2018 se formarían entre siete y 13 ciclones tropicales “con nombre” en el Atlántico del Norte, y alrededor de 15 en la parte este del océano Pacífico<sup>2</sup>. El término “ciclón tropical” abarca indistintamente a huracanes, tormentas y depresiones tropicales.

Un segundo nivel predictivo se da una vez que una estructura (depresión, tormenta tropical o huracán) ya se ha formado. En este punto es necesario que los protocolos de protección correspondientes se apliquen de manera precisa, y para ello es indispensable el apoyo eficiente de los medios de comunicación.

Es oportuno recordar que a pesar de que las poblaciones en riesgo han contado con avisos emitidos por autoridades y centros especializados en huracanes en años pasados, no siempre se han comunicado en tiempo y forma de manera exitosa.

El hecho de que cerca de 20 mil turistas hayan quedado varados en el área de Los Cabos, Baja California Sur, cuando se conocía la trayectoria y el potencial de la tormenta tropical *Lidia* (2017), hizo patente el desconocimiento de varias etapas del protocolo a seguir para enfrentar este tipo de eventos. Evidentemente, no puede haber cabida para realizar turismo en áreas declaradas como zonas de emergencia<sup>3</sup>.

Los fenómenos climatológicos continuamente están sujetos a cambios repentinos. Los huracanes no siguen guiones preestablecidos como ocurre en las telenovelas. Ejemplos de ello fueron los huracanes *Patricia* y *Harvey*.

*Patricia* fue un fenómeno muy violento de corta duración que sigue sorprendiendo a la comunidad científica y que por fortuna fue relativamente benévolo<sup>4</sup>. En contraste, *Harvey* actuó de manera semejante a un terrorista. Después de pasar desapercibido como un remanente de depresión tro-

---

\* Publicado el 21 de mayo de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-huracanes-matematicas-y-medios-de-comunicacion>.

pical adquirió una potencia inusitada en tan sólo 36 horas, impactando en una región que llevaba más de medio siglo sin ser afectada por huracanes de gran magnitud.

La comunicación preventiva sobre la gravedad del evento se quedó muy corta, pues miles de personas quedaron atrapadas en medio de una de las peores crisis por inundaciones en la historia de Estados Unidos.

La baja probabilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos extremos no es garantía de seguridad. De hecho, el calentamiento global antropogénico está aumentando los riesgos. En septiembre de 2017, dos huracanes de alta intensidad (*major hurricanes*) impactaron Puerto Rico en un lapso de apenas tres semanas. Esto jamás había ocurrido en la historia de esta isla.

El segundo de estos huracanes, *María*, fue especialmente destructivo. Meses después, los trabajos de reconstrucción de infraestructura básica seguían inconclusos y, dicho sea de paso, fueron objeto de indiferencia pública por parte de la administración Trump. Treinta mil puertorriqueños desplazados tuvieron que permanecer en Nueva Jersey por carecer de servicios de electricidad y agua potable en sus lugares de origen<sup>5</sup>.

En México, los documentos elaborados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) indican con claridad y certeza los pasos a seguir por parte de la población cuando se detecta un ciclón tropical potencialmente peligroso<sup>6</sup>. A pesar de ello, la variabilidad de este tipo de fenómenos sugiere que la aplicación de los protocolos correspondientes sólo tendrá garantía de éxito si existe una estrecha colaboración entre los medios de comunicación y los sectores científico y gubernamental.

Las ciencias físicas y el desarrollo tecnológico han proporcionado las herramientas necesarias para reformular los términos de la relación ciencia-sociedad ante catástrofes naturales. Sería un grave error no aprovechar en el futuro inmediato la totalidad de los recursos de prevención para superar exitosamente las emergencias derivadas de los fenómenos naturales extremos.



Figura 1: Trayectoria del huracán Lidia (2017)

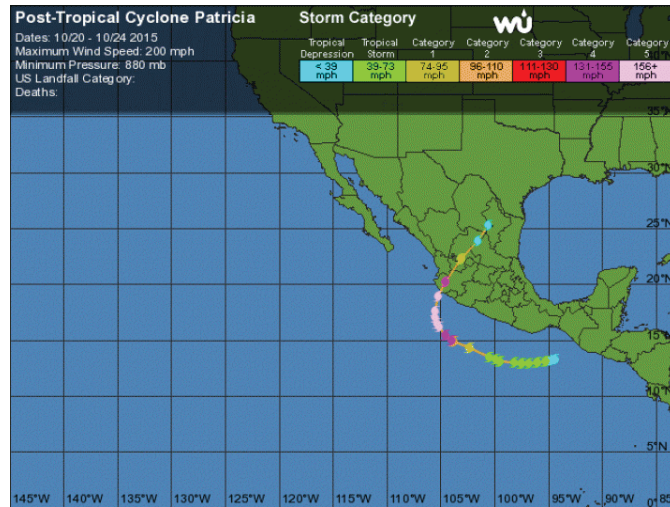


Figura 2: Trayectoria del huracán Patricia (2015)

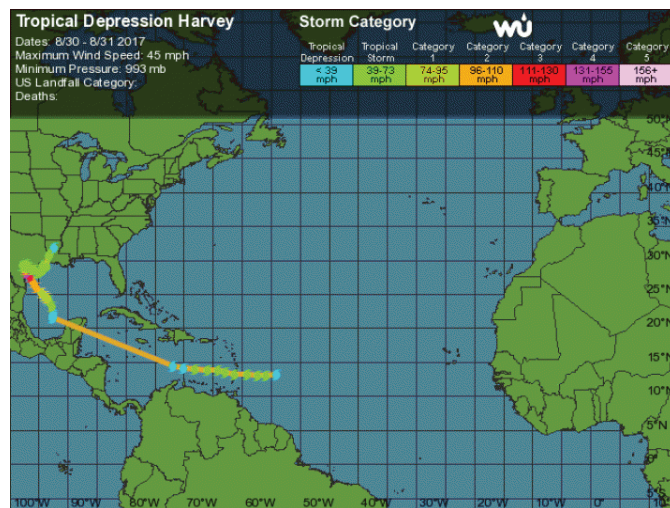


Figura 3: Trayectoria del huracán Harvey (2017)

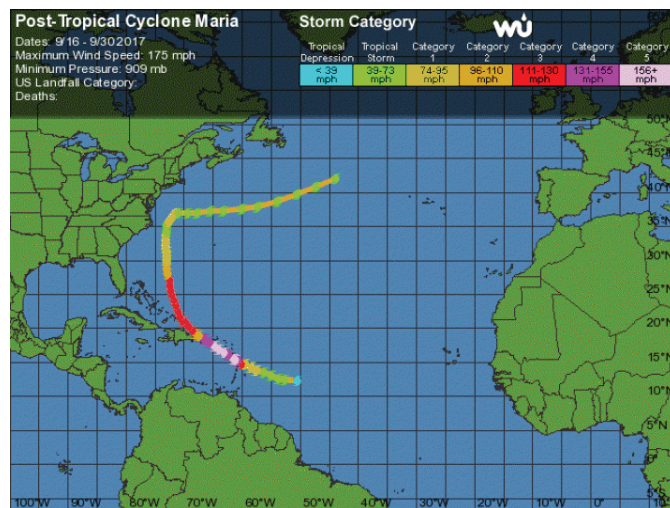


Figura 4: Trayectoria del huracán María (2017)



## Referencias

1. M. E. Kozar *et al.*, "Stratified statistical models of North Atlantic basin-wide and regional tropical cyclone counts", *Journal of Geophysical Research*, 117, D18203, 2012. [http://www.meteo.psu.edu/holocene/public\\_html/Mann/articles/articles/KozarEtAlJGR12.pdf](http://www.meteo.psu.edu/holocene/public_html/Mann/articles/articles/KozarEtAlJGR12.pdf).
2. Las estimaciones mencionadas pueden encontrarse en [http://www.essc.psu.edu/essc\\_web/research/Hurricane2018.html](http://www.essc.psu.edu/essc_web/research/Hurricane2018.html); <https://www.theweathernetwork.com/us/news/articles/2018-pacific-hurricane-season-outlook-number-of-named-storms-mexico-hawaii-baja>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Vital, renovar cultura ante emergencias derivadas del cambio climático," *Prensa Ibero*, 4 de septiembre de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/vital-renovar-cultura-ante-emergencias-derivadas-del-cambio-climatico-experto>.
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Patricia: el súper huracán que eludió todas las previsiones", *Lado B*, 26 de octubre de 2016. <https://ladobe.com.mx/2016/10/patricia-super-huracan-eludio-todas-previsiones>.
5. Notas periodísticas que describen la situación en Puerto Rico tras el paso de *Irma* y *María* pueden encontrarse en [https://elpais.com/internacional/2017/10/03/estados\\_unidos/1507056769\\_135455.html](https://elpais.com/internacional/2017/10/03/estados_unidos/1507056769_135455.html); [https://www.eldiario.es/sociedad/Anuncian-publicacion-Puerto-Rico-Maria\\_0\\_772722736.html](https://www.eldiario.es/sociedad/Anuncian-publicacion-Puerto-Rico-Maria_0_772722736.html).
6. "Ciclones tropicales", Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014. <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/129-folletociclonestropicales.pdf>.

177



## Ciencia, capaz de evitar pérdida de vidas por explosiones volcánicas

178

*Alta tecnología y cultura de prevención deben garantizar acciones oportunas en zonas de riesgo alrededor de volcanes*

Los desastres naturales, tales como terremotos y erupciones volcánicas, son terreno fértil para alimentar rumores y caos, pero también permiten valorar en su justa dimensión el desarrollo de la ciencia aplicada. La tragedia ocurrida en Guatemala derivada de la violenta erupción del Volcán de Fuego obliga a establecer comparaciones y a reflexionar sobre la posibilidad de que un escenario semejante se presente en México por la actividad del Popocatepetl<sup>1</sup>.

Al contrario de lo que ocurre con los terremotos, la inmensa mayoría de las erupciones volcánicas presentan señales (precursores) que permiten activar protocolos de evacuación oportunos. La capacidad de reacción ante una alerta sísmica convencional es de apenas 50 segundos.

En contraste, previsiones derivadas del trabajo científico en erupciones, como la del volcán Pinatubo en Filipinas, han logrado salvar la vida de miles de personas. En este caso una exitosa evacuación masiva de medio millón de habitantes se produjo días antes de una violenta explosión del volcán el 15 de junio de 1991<sup>2</sup>.

Un primer indicador de una erupción volcánica es su actividad sísmica. Ésta puede analizarse por medio de una red de sismógrafos de alta sensibilidad, como la que se encuentra instalada alrededor del Popocatepetl. Evidentemente, un sólo sismógrafo es insuficiente para anticipar con oportunidad este tipo de fenómeno destructivo<sup>3</sup>.

La vigilancia de Don Goyo también se realiza por medio de monitoreo geodésico, el cual detecta posibles "regiones infladas" a causa del aumento de presión interna del volcán (como en los tubos de papas fritas). Adicionalmente, debido a que la geografía del coloso es compleja, también se realizan estudios diarios de la composición de gases emitidos desde el cráter, lo cual permite anticipar con días las erupciones<sup>4</sup>.

Si bien el costo de adquisición y manutención de los equipos de monitoreo es significativo, es indispensable considerar su enorme valor en función de su capacidad de prevenir tragedias como la ocurrida en Guatemala. En el caso de México, las evacuaciones que anteriormente se han organizado en las faldas del Popocatepetl se han efectuado siempre que el riesgo ha comenzado a ser significativo, privilegiándose la seguridad física de la población<sup>5</sup>.

La cultura de manejo de catástrofes naturales trasciende a historias populares del tipo “Pedro y el Lobo”. El Pedro del cuento realizaba bromas malintencionadas; mientras que los responsables de los centros de prevención operan protocolos científicamente sustentados para enfrentar situaciones de vida o muerte.

Es decisión de cada gobierno reunir y utilizar toda la tecnología disponible para salvaguardar la integridad de su población, y también el aprovechar al máximo los medios de comunicación disponibles para que la ciudadanía aplique su conocimiento ante fenómenos naturales catastróficos.

179

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, “La actividad actual del Popocatepetl: certidumbres e incertidumbres”, *Prensa Ibero*, 2 de agosto de 2016. <http://ibero.mx/prensa/la-actividad-actual-del-popocatepetl-certidumbres-e-incertidumbres>.
2. Una descripción de los trabajos científicos y de evacuación del volcán Pinatubo puede encontrarse en Stephanie Pappas, “Pinatubo: Why the Biggest Volcanic Eruption Wasn't the Deadliest”, *Live Science*, 15 de junio de 2011. <https://www.livescience.com/14603-pinatubo-eruption-20-anniversary.html>.
3. N. Akpan, “What made Guatemala's Fuego Volcano eruption so deadly?”, *PBS Science*, 5 de junio de 2018. <https://www.pbs.org/newshour/science/what-made-guatemalas-fuego-volcano-eruption-so-deadly>.
4. El sistema de monitoreo del tipo de gases que emite el Popocatepetl se encuentra descrito en Nelly Acosta Vázquez, “Así vigila Gas-Man la actividad del venerable volcán Popocatepetl”, *Huffington Post*, 1 de junio de 2017. [https://www.huffingtonpost.com.mx/2017/06/01/asi-vigila-gas-man-la-actividad-del-venerable-volcan-popocatepetl\\_a\\_22121357](https://www.huffingtonpost.com.mx/2017/06/01/asi-vigila-gas-man-la-actividad-del-venerable-volcan-popocatepetl_a_22121357).
5. Para el caso del volcán Popocatepetl, la información de monitoreo y alerta está disponible en la dirección electrónica del Cenapred: <http://www.cenapred.gob.mx:8080/monitoreoPopocatepetl/> En este contexto, también puede consultarse <https://www.infobae.com/america/america-latina/2018/06/05/el-gobierno-de-guatemala-pudo-evacuar-la-zona-del-volcan-de-fuego-antes-del-desastre-pero-creyo-que-no-era-necesario-ya-hay-69-muertos>.



## ¿Qué ocurrió con el ozono en la Ciudad de México?\*

180

*En enero de 2018 se pronosticaron 10 contingencias ambientales; a la postre, sólo se registró una*

Desde hace varios años, la Ciudad de México se ha convertido en un inmenso laboratorio atmosférico. En particular, a partir de 2016 las altas concentraciones de ozono en el área metropolitana han generado situaciones de contingencia que han obligado a las autoridades a realizar registros detallados de numerosos parámetros ambientales y a tomar medidas extraordinarias para proteger a la población.

Altas concentraciones de ozono causan inflamación de vías respiratorias, incrementan la frecuencia de ataques de asma y disminuyen la capacidad pulmonar. Los sistemas de monitoreo atmosférico, combinados con modelos meteorológicos, pueden en principio utilizarse para estimar el número de contingencias ambientales debidas a este gas.

En enero de 2018 se pronosticaron oficialmente entre 10 y 15 eventos de este tipo para la Ciudad de México<sup>1</sup>. En la práctica, se decretó solamente una contingencia (6 de junio) y se levantó casi de manera inmediata.

En un comunicado publicado el 22 de junio de 2018, la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME) informó que “durante la Temporada de Ozono 2018, que abarcó del 15 de febrero al 15 de junio, las concentraciones de este contaminante se mantuvieron en los niveles más bajos de los últimos cuatro años como resultado de las medidas preventivas implementadas, así como por las condiciones meteorológicas favorables”<sup>2</sup>. En este contexto, es de interés estudiar con mayor detalle este escenario utilizando datos públicos referentes a parámetros atmosféricos y a niveles de precursores del ozono.

Si bien un análisis exhaustivo del tema podría ocupar cientos de páginas, el lector puede realizar ejercicios ilustrativos capaces de configurar un panorama general a partir de los datos disponibles en <http://www.aire.df.gob.mx>.

Es un hecho bien conocido que factores meteorológicos tales como la presencia de luz solar, las altas temperaturas, la baja humedad y las bajas velocidades de los vientos favorecen la presencia de altas concentraciones de ozono<sup>3</sup>. Al compararse los valores de estos parámetros atmosféricos en días específicos de mayo de 2017 y 2018 se encuentran resultados interesantes.

---

\* Publicado el 20 de agosto 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-que-ocurrio-con-el-ozono-en-la-ciudad-de-mexico>.

En el caso del 23 de mayo de 2017 (día de contingencia), la humedad relativa mínima registrada en varias estaciones del Valle de México fue del orden de 10%. En 2018, los valores mínimos de humedad relativa correspondientes a ese mismo día fueron del orden de 25%. Asimismo, los niveles máximos de dióxido de nitrógeno (producto de la combustión vehicular y precursor del ozono) registrados a lo largo del 23 de mayo de 2017 fueron inferiores a sus contrapartes de 2018 (ver Figuras 1-6).

El hecho de que los modelos meteorológicos para realizar las estimaciones publicadas en enero de 2018 sugirieran una mayor cantidad de contingencias ambientales que las que en realidad ocurrieron es una muestra de la complejidad inherente a los fenómenos atmosféricos. A *posteriori*, es posible realizar inferencias basadas en los datos obtenidos en el inmenso laboratorio en el que se ha convertido el Valle de México y con ello comprender a profundidad los resultados de estudios especializados. Este tipo de razonamiento crítico por parte de la ciudadanía es indispensable en el desarrollo del México del siglo XXI<sup>4</sup>.

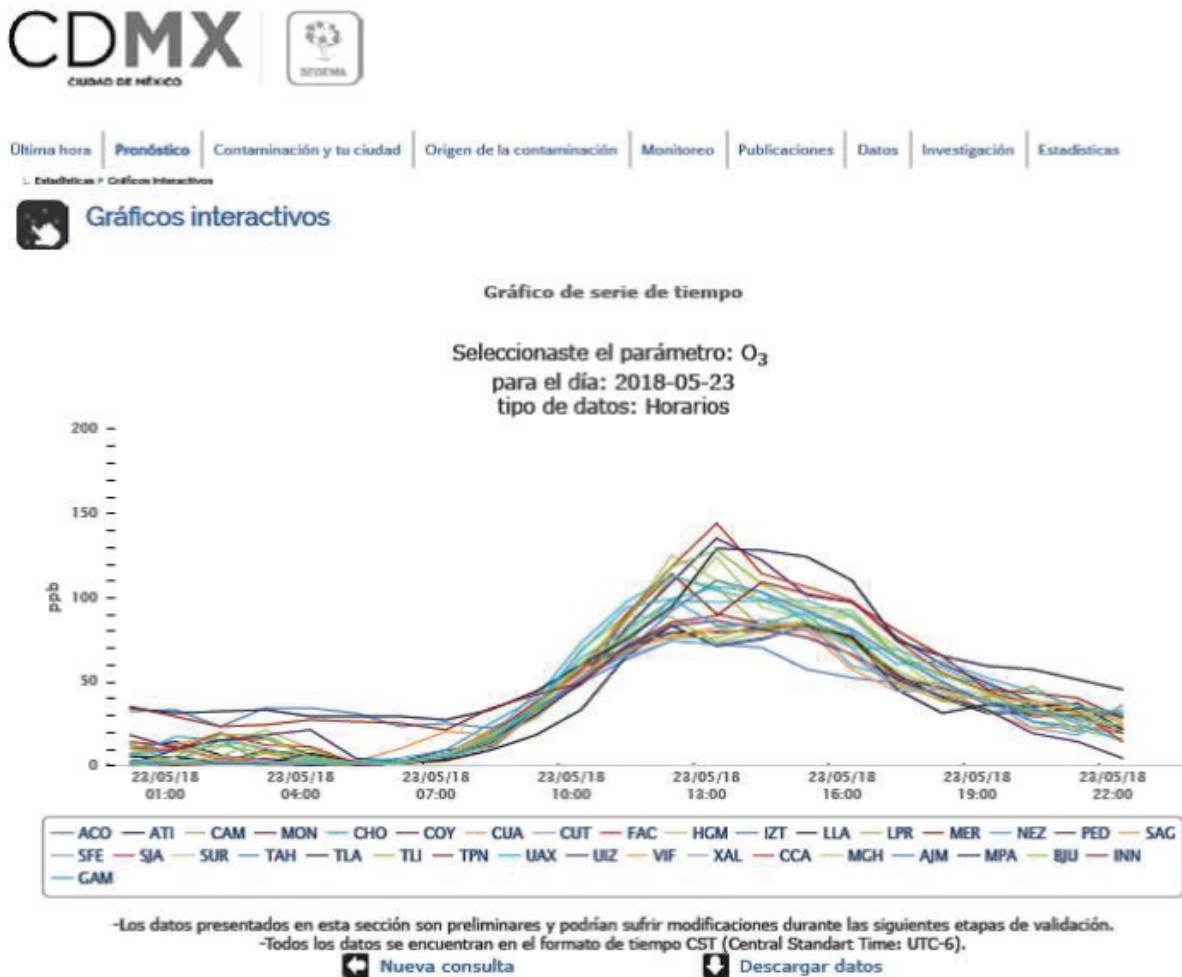


Figura 1: Concentraciones de ozono el 23 de mayo de 2018

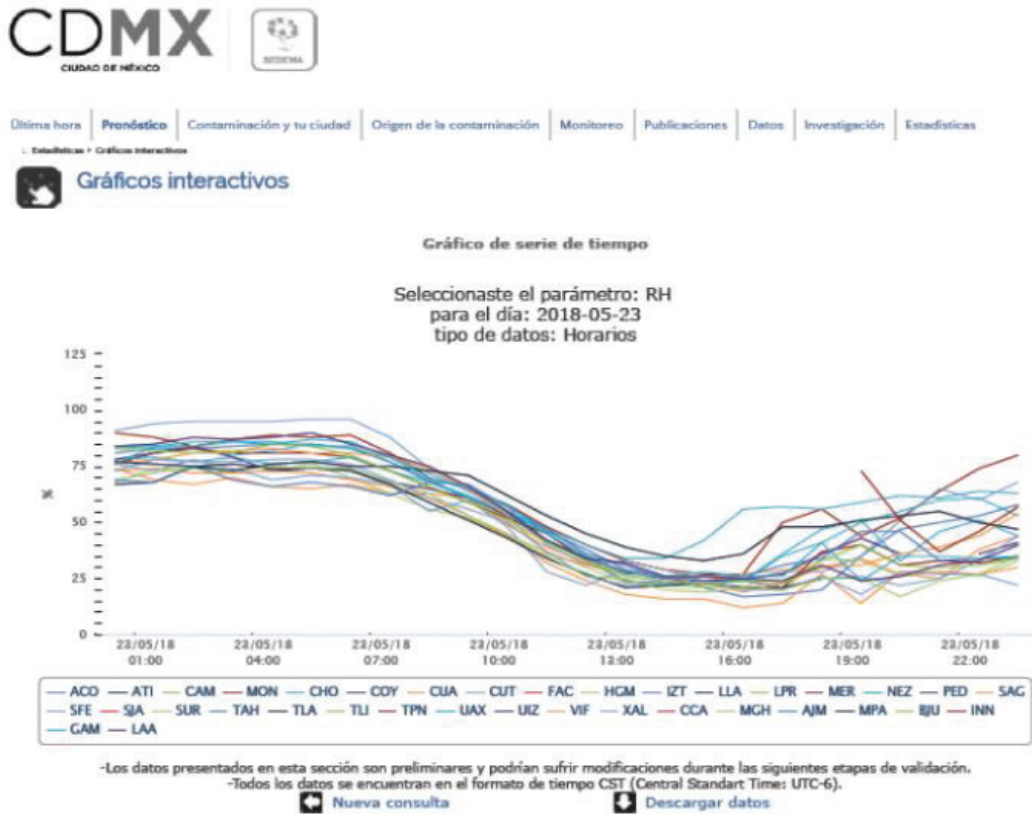


Figura 2: Humedad relativa el 23 de mayo de 2018

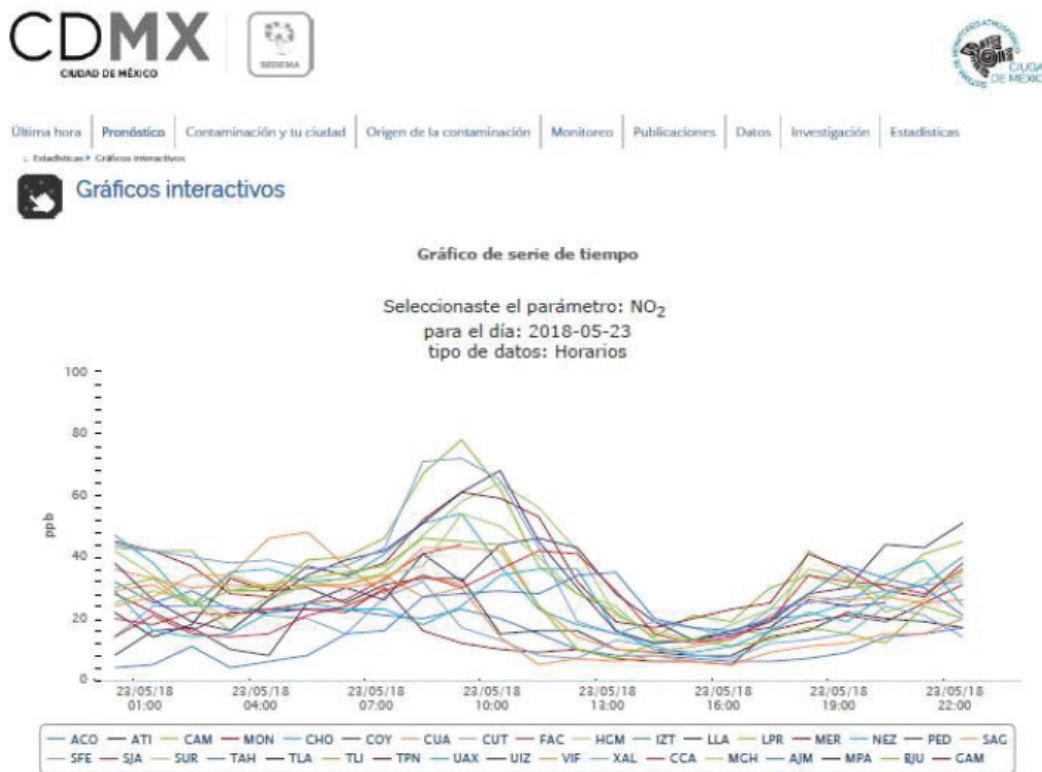


Figura 3: Concentraciones de dióxido de nitrógeno en la Ciudad de México, el 23 de mayo de 2018

 Gráficos interactivos

Gráfico de serie de tiempo

Seleccionaste el parámetro: RH  
para el día: 2017-05-23  
tipo de datos: Horarios

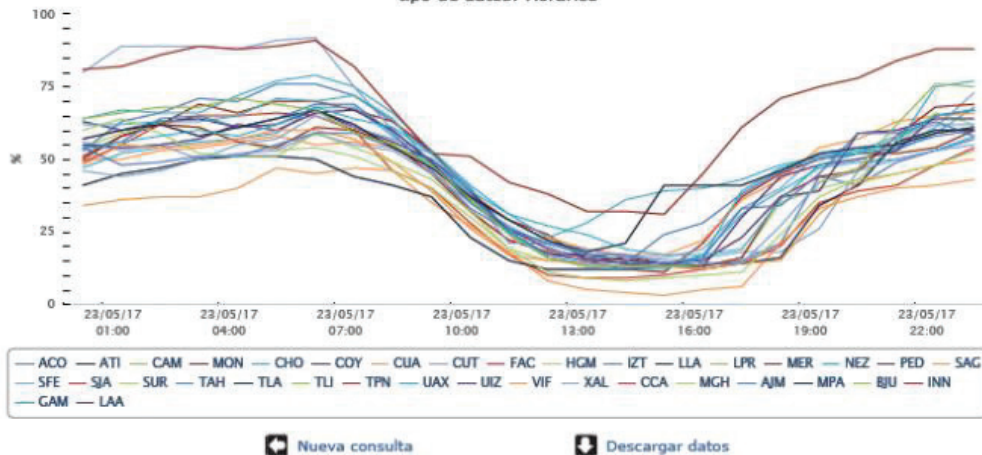


Figura 4: Humedad relativa en la Ciudad de México, el 23 de mayo de 2017

 Gráficos interactivos

Gráfico de serie de tiempo

Seleccionaste el parámetro: NO<sub>2</sub>  
para el día: 2017-05-23  
tipo de datos: Horarios

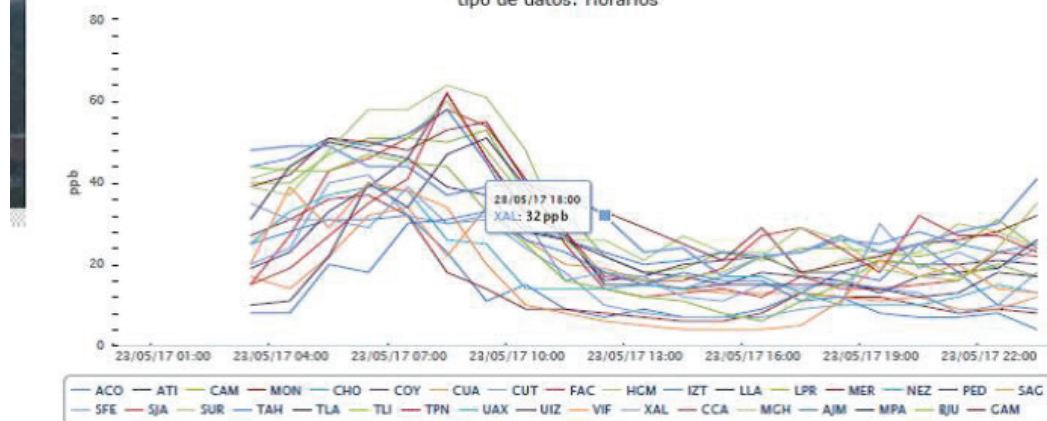


Figura 5: Concentraciones de dióxido de nitrógeno en la Ciudad de México, el 23 de mayo de 2017

## Referencias

1. Las estimaciones de los días de contingencias ambientales por ozono se encuentran en el Comunicado de Prensa 046-18, Ciudad de México, 23 de enero de 2018. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290656/Comunicado\\_de\\_Prensa\\_046-18.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290656/Comunicado_de_Prensa_046-18.pdf).
- 184** 2., "Temporada de ozono 2018 registra los niveles más bajos de los últimos cuatro años: CAME", Comunicado CAME 014/2018, <https://www.gob.mx/comisionambiental/prensa/temporada-de-ozono-2018-registra-los-niveles-mas-bajos-de-los-ultimos-cuatro-anos-came>.
3. A. Mariscal-Sánchez y A. Sandoval-Villalbazo, "Ozono y calor: análisis de factores meteorológicos primarios en el desarrollo de contingencias ambientales en el Valle de México", trabajo presentado en la sesión mural M4D-02, LIX Congreso Nacional de Física, León Guanajuato 2016.
4. A. Sandoval-Villalbazo, "Movilización internacional renueva la relación ciencia-sociedad", *Prensa Ibero*, 25 de abril de 2017. <http://www.iberomexico.mx/prensa/analisis-movilizacion-internacional-renueva-la-relacion-ciencia-sociedad>.





## ¿Está la CDMX agudizando sus propias tormentas?\*

*Bajo ciertas condiciones, la acción humana es causa del incremento en frecuencia e intensidad de las tormentas urbanas*

185

La semana transcurrida del 24 al 31 de agosto de 2018 fue especialmente complicada en el Valle de México debido a los efectos de las intensas lluvias. Diversas tormentas causaron el desprendimiento de cerros en las zonas de Bosques de las Lomas y Valle Dorado, que afectaron viviendas, dejaron bajo el agua a varios automóviles y causaron daños aún por cuantificarse en avenidas y áreas verdes en el sur de la megalópolis.

En este contexto, es importante considerar que este tipo de tormentas no solamente es producto de la variabilidad climática natural que acompaña a las ondas tropicales. Existe evidencia científica que indica que los microclimas urbanos están siendo afectados, desde hace décadas, por la acción humana.

Para analizar la actual temporada de lluvias en el área metropolitana, debe tenerse en consideración que la presencia de islas de calor urbanas, la humedad inherente a las ondas tropicales, las emisiones vehiculares y la presencia de edificaciones dan lugar a un coctel que incide en la formación súbita de tormentas.

Este tipo de fenómeno ha sido objeto de estudio durante más de 45 años, a partir del famoso proyecto Metropolitan Meteorological Experiment (Metromex), realizado en Saint Louis, Missouri, Estados Unidos, en 1971.

En la actualidad, los resultados de uno de los estudios más rigurosos en esta dirección fueron difundidos por la Real Sociedad Meteorológica de la Gran Bretaña, examinándose el caso de la ciudad estadounidense de Atlanta, Georgia, la cual se ubica en una región subtropical húmeda y se encuentra en constante crecimiento<sup>1</sup>. Los datos obtenidos con ayuda de radares a lo largo de más de 16 años de mediciones en dicha ciudad muestran que, bajo ciertas condiciones, la acción humana es causa del incremento en frecuencia e intensidad de las tormentas urbanas<sup>2</sup>.

La física del fenómeno se relaciona directamente con la transferencia de calor por convección. Las capas de aire caliente y húmedo presentes a poca altura del asfalto tienden a ascender rápidamente a través de la atmósfera favoreciendo la formación de granizo. A mayor temperatura superficial se tendrá un ascenso más drástico de las capas de aire húmedo. Cuando en su ascenso la masa de aire se enfría hasta alcanzar un valor crítico se produce la condensación.

---

\* Publicado el 3 de septiembre de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-esta-la-CDMX-agudizando-sus-propias-tormentas>.

En otras palabras, cuando la masa de aire húmedo se ha elevado lo suficiente para enfriarse hasta la temperatura del punto de rocío se crea una nube y se favorece la precipitación. A este tipo de evento se le conoce como iniciación convectiva aislada (ici, por sus siglas en inglés).

**186** Evidentemente, las altas temperaturas superficiales urbanas derivadas de la actividad humana contribuyen a que se alcancen estos valores críticos. En el caso de Atlanta ha quedado mostrado que el riesgo de ici se incrementa significativamente durante las tardes y durante los meses de julio y agosto, tal y como ha ocurrido en la CDMX.

Fenómenos tales como las tormentas y los huracanes no son causados por la acción directa del hombre, pero se debe tener presente que la actividad humana ha incrementado los escenarios de riesgo. La iniciación convectiva aislada de tormentas urbanas es un ejemplo de cómo una combinación de variables naturales y antropogénicas puede dar lugar a situaciones caóticas en las ciudades.

Estudios cuantitativos formales sobre iniciación convectiva forzada de tormentas en la Ciudad México, reportados en la literatura internacional especializada y difundidos a la población afectada, son prácticamente inexistentes. Este tipo de estudios será indispensable como insumo para la planeación de la megalópolis en los años subsecuentes.

El no contar con análisis de riesgos actualizados referentes a la posibilidad de pérdidas humanas, afectaciones a viviendas por deslaves y daños a vehículos en tránsito como los producidos en el Valle de México es altamente desaconsejable.

Hoy, las ciencias físicas proporcionan información suficiente para prevenir escenarios climáticos extremos vinculados con la acción humana. El conocimiento derivado de la observación sistemática de la naturaleza debe formar parte del acervo cultural de la ciudadanía, contribuyendo así a la seguridad y a la calidad de la vida de nuestras poblaciones<sup>3</sup>.

## Referencias

1. Stanley A. Changnon, Jr., Floyd A. Huff y Richard G. Semonin, "METROMEX: an investigation of inadvertent weather modification", 52-10 pp. 958-967, 10 de octubre de 1971. <https://bit.ly/2RJU3Gk>.
2. Alex M. Haberie, Walker S. Ashley y Thomas J. Pingelb, "The effect of urbanization on the climatology of thunderstorm Initiation", *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 141, pp. 663-675, abril de 2015. <https://rmetsonline.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.2499>. Este artículo incluye más de 50 referencias de estudios sobre la iniciación convectiva aislada de tormentas en distintas ciudades del mundo.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Necesario, reformular términos de diálogo entre ciencia y sociedad", *Prensa Ibero*, 9 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-t-rminos-de-di-logo-entre-ciencia-y-sociedad>.

# Huracán *Florence*, la ciencia frente a la tragedia\*

*Altas temperaturas oceánicas aumentan el potencial destructivo de los huracanes contemporáneos*

187

En la mañana del martes 4 de septiembre de 2018, el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos (NHC, por sus siglas en inglés) reportó la formación del huracán *Florence*. Este fenómeno meteorológico había comenzado a gestarse a manera de depresión tropical el 30 de agosto frente a costas africanas. Entre el lunes 10 y el martes 11 de septiembre, más de un millón de personas tendrían que ser evacuadas de manera obligatoria debido al peligro creado por el impresionante crecimiento del huracán.

A pesar de toda la capacidad predictiva asociada al monitoreo satelital, al uso de sensores de última generación y al desarrollo de supercómputo de alto rendimiento, el 4 de septiembre de 2018 el NHC hizo pública una proyección de la trayectoria de *Florence* que resultó equivocada.

Aquel día se pronosticó que este huracán se debilitaría rápidamente para entrar en fase de tormenta tropical y se trasladaría al este de las Islas Bermudas, muy lejos del territorio estadounidense (ver Figura 1). Tres días más tarde el NHC rectificaría y emitiría una alerta de riesgo máximo para los estados de Carolina del Norte y Carolina del Sur (ver Figura 2). Esta área se vio afectada por lluvias torrenciales comparables a las generadas por el huracán *Harvey*, el cual devastó a la ciudad de Houston en 2017.

Aunque los daños causados por *Florence* a Estados Unidos fueron de varios miles de millones de dólares, el fenómeno resultó relativamente benigno en el sentido de que la evacuación organizada por las autoridades estadounidenses evitó la pérdida de centenares de vidas.

La razón por la cual la primera estimación sobre *Florence* no fue acertada se encuentra vinculada a la física de los huracanes. La solución de las ecuaciones que permiten predecir el comportamiento de las propiedades de un huracán no corresponde a fórmulas simples como las que se utilizan para dar cuenta de la caída de los cuerpos o el movimiento de los planetas. Pequeños cambios en el entorno de un huracán pueden dar lugar a grandes cambios en su comportamiento.

Tal y como ocurrió con *Harvey*, la energía térmica asociada a las altas temperaturas del océano causó el incremento de la capacidad destructiva de *Florence* (ver Figura 3)<sup>1</sup>. La alta tasa de calentamiento del océano actual está vinculada con la emisión de gases de efecto invernadero producto de la actividad humana.

---

\* Publicado el 14 de septiembre de 2018. <http://ibero.mx/prensa/analisis-huracan-florence-la-ciencia-frente-la-tragedia>.

No obstante que la naturaleza de los fenómenos climáticos conlleva a predicciones de tipo probabilístico que continuamente deben revisarse, la evidencia científica muestra que el calentamiento global antropogénico está aumentando la frecuencia e intensidad de los huracanes, así como el nivel del mar en las costas.

**188** Si bien la ciencia climática no posee una capacidad predictiva ilimitada, ha sido fundamental para organizar a las poblaciones contra los huracanes y con ello preservar miles de vidas. En este contexto, es pertinente recordar que en 2012 Carolina del Norte aprobó una ley que impide utilizar evidencia basada en ciencia climática para establecer políticas públicas relacionadas con el aumento del nivel del mar en sus costas<sup>2</sup>.

Esa ley fue apoyada por poderosas inmobiliarias, las cuales han antepuesto intereses económicos a la seguridad de la población. El argumento utilizado por los promotores de dicha ley es precisamente la naturaleza esencialmente probabilística de las predicciones climáticas. Bajo esa lógica, áreas del conocimiento tales como el análisis de riesgos o la física cuántica acabarían siendo proscritas.

Los eventos climáticos extremos observados en 2017 y 2018 son una muestra de los efectos del calentamiento acelerado de los mares, fenómeno que a su vez está vinculado con las emisiones de dióxido de carbono antropogénicas.

Es indispensable multiplicar esfuerzos para estudiar con el mayor detalle posible las consecuencias de estos escenarios climáticos y preparar científicamente a las poblaciones para enfrentar los retos que se presentarán a lo largo de las próximas décadas. La ciencia básica es un antídoto contra la desinformación referente al cambio climático. Sólo con el desarrollo de una cultura científica-ambiental al alcance de la ciudadanía se podrá superar la crisis ambiental que se irá desarrollando a mediano plazo<sup>3</sup>.

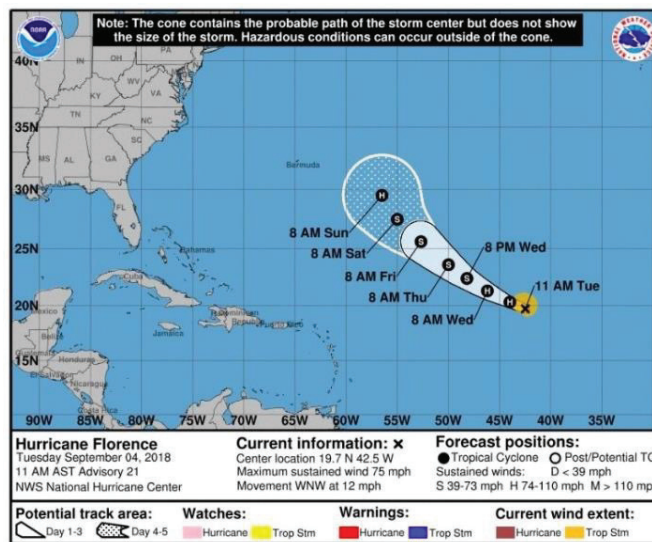


Figura 1: Inicialmente se estimó que *Florence* no impactaría sobre los Estados Unidos



Figura 2: Cambio de trayectoria del Huracán Florence

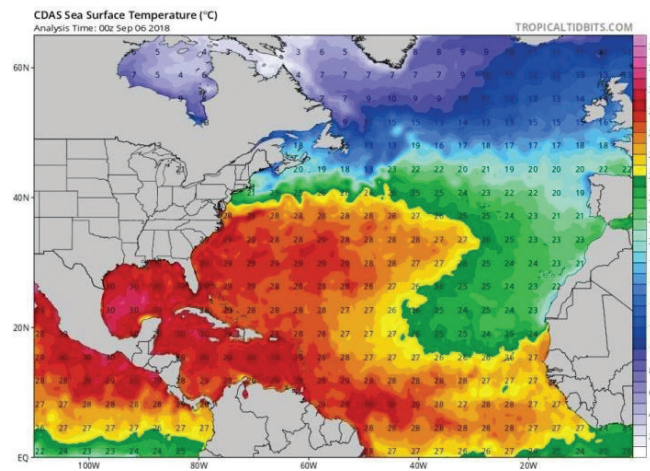


Figura 3: Las altas temperaturas del Atlántico incrementaron la potencia del Huracán Florence

## Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "Alta temperatura aumentó capacidad destructiva de Harvey", *Prensa Ibero*, 28 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-alta-temperatura-de-oceano-aumento-capacidad-destructiva-de-harvey>.
2. Una descripción de la ley en la cual se prohíbe establecer políticas públicas con base en resultados de estudios sobre el futuro aumento del nivel de los mares en Carolina del Norte se puede consultar en <https://www.reuters.com/article/us-usa-northcarolina/north-carolina-lawmakers-reject-sea-level-rise-predictions-idUSBRE86217120120703>. La nota menciona el derecho de veto a esa ley por parte de la gubernatura del estado, el cual no fue ejercido.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Ciencia, antídoto contra la desinformación sobre el cambio climático", *Prensa Ibero*, 8 de febrero de 2017. <http://iberomx.com/prensa/analisis-ciencia-antidoto-para-la-desinformacion-sobre-cambio-climatico>.

## ¿Cómo resolver el rompecabezas sísmico de la CDMX?\*

*Un centro de cultura sísmica permitiría hacer frente a futuros terremotos a través del análisis científico*

190

Las ondas sísmicas generadas durante el terremoto del 19 de septiembre de 2017 tardaron aproximadamente 15 segundos en recorrer la distancia entre el epicentro del terremoto y la Ciudad de México. En contraste, a este tipo de onda le tomó aproximadamente un minuto para recorrer los 390 kilómetros que separan el epicentro del terremoto del 19 de septiembre de 1985 de la megalópolis.

Si bien para terremotos como el de 1985 la alerta sísmica actual es pertinente y realista, este instrumento preventivo únicamente creará falsas expectativas para el caso de sismos de alta intensidad con epicentros cercanos a la capital del país, como el de 2017.

El tipo subsuelo de la Ciudad de México hace que las ondas sísmicas provenientes de los epicentros se amplifiquen. Este fenómeno provoca que se eleven significativamente los valores de las aceleraciones pico del suelo (*GPA*, por sus siglas en inglés).

El sismo del 19 de septiembre de 2017 tuvo una intensidad Richter de 7.1 grados, mientras que el de 1985 registró una magnitud de 8.1 grados en la misma escala. En ambos casos, los valores *GPA* alcanzaron 20% de la aceleración gravitacional. Un cuerpo que parte del reposo y se acelera durante medio minuto con este valor alcanzaría una velocidad superior a la que tienen los vientos presentes en un huracán categoría 1, de acuerdo con la escala Saffir-Simpson.

Una segunda alerta sísmica, con un tono especial para comunicar la cercanía del epicentro, sólo garantizaría una ventana del orden de 15 segundos para sismos como el ocurrido en 2017 y requeriría un tipo de simulacro completamente diferente al que opera actualmente en el Valle de México<sup>1</sup>. Este hecho corresponde a una pieza básica del rompecabezas sísmico de la megalópolis, expresión acuñada por Rafael Rodríguez Cortés, de *El Universal*, en septiembre de 2017.

Rodríguez Cortés ha descrito elementos adicionales de riesgo en el Valle de México, tales como el aumento de amplitud de oscilaciones derivada de la altura de las edificaciones (resonancia), y ha reflexionado sobre la necesidad de desarrollar políticas públicas rigurosas relacionadas con la construcción, la protección civil y el desarrollo urbano<sup>2</sup>. A más de un año del terremoto, se ha avanzado poco en esta dirección, pues en la actualidad la población de la megalópolis sigue igual de vulnerable a un sismo de este tipo.

---

\* Publicado el 24 de septiembre de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-como-resolver-el-rompecabezas-sismico-de-la-CDMX>.

El establecimiento de políticas públicas exitosas vinculadas con acciones de movilización ciudadana en momentos de contingencia únicamente puede realizarse si existe un consenso amplio del grupo poblacional directamente involucrado, sustentado por el conocimiento.

Hoy en día, la información referente a los aspectos fundamentales sobre el rompecabezas sísmico de la ciudad tales como los riesgos del fenómeno, el tipo de reacción apropiada de acuerdo con el evento, la calidad de las construcciones, el manejo de recursos para atender los desastres y la asistencia psicológica a damnificados se encuentra limitada o dispersa.

En particular, el tema relativo a cómo reaccionar ante sismos intensos con epicentro cercano y con valores  $GPA$  elevados requiere de experiencias vivenciales que trascienden a los simulacros realizados actualmente en escuelas y edificios públicos. Sin embargo, aunque el rompecabezas sísmico es complejo, admite una solución alcanzable a mediano plazo y con costos de inversión razonables.

La idea consiste en el establecimiento de un espacio físico específicamente dedicado a la cultura sísmica del Valle de México. En este hipotético espacio, se contaría con un par de secciones en las cuales podrán simular situaciones semejantes a los terremotos de 1985 y de 2017, diferenciando los tiempos de reacción inicial y los tipos de respuesta al término del evento, incorporando elementos aleatorios propios de la naturaleza de los sismos. Este tipo de actividades es recomendable para alumnos escolares y es muy difícil de coordinar directamente en los planteles<sup>3</sup>.

Este centro también contendría una memoria histórica-gráfica de ambos sismos, semejante a la que existe en los pisos superiores de la Torre Latinoamericana, pero en este nuevo espacio se aprovecharían las tecnologías multimedia contemporáneas. Adicionalmente, los visitantes podrían realizar experimentos para apropiarse de conceptos de física sísmica, tales como la resonancia mecánica, lo cual les permitiría visualizar la razón por la cual los sismos de 1985 y de 2017 causaron efectos diferentes de acuerdo con la altura de las construcciones.

La comprensión de la ciencia básica inherente a los desastres naturales es indispensable para minimizar pérdidas de vidas y superar los daños materiales derivados de eventos destructivos tales como los terremotos. En el desarrollo de este tipo de cultura se encuentra la clave de la solución del rompecabezas sísmico de la Ciudad de México.

## Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Terremotos plantean nuevos retos a los habitantes de la ", *Prensa Ibero*, 25 de septiembre 2017. <http://ibero.mx/prensa/terremotos-plantean-nuevos-retos-habitantes-de-la-cdmx>.
- 192 2. Raúl Rodríguez Cortés, "El rompecabezas sísmico de la ciudad de México", *El Universal*, 29 de septiembre de 2017. <http://www.eluniversal.com.mx/columna/raul-rodriguez-cortes/nacion/el-rompecabezas-sismico-de-mexico>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Catástrofes sugieren nuevos escenarios de enseñanza en escuelas primarias", *Prensa Ibero*, 3 de octubre de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-catastrofes-sugieren-nuevos-escenarios-de-ensenanza-en-primarias>.





III

**Astrofísica y astrobiología en el siglo XXI:  
ciencia y repercusiones sociales**

## Próxima B, un planeta semejante a la Tierra en nuestra galaxia\*

194

En agosto de 2016 se dio a conocer la confirmación de la existencia de Próxima B, un planeta de masa semejante a la Tierra, situado en una zona habitable<sup>1</sup>. Próxima B gira alrededor de Próxima Centauri, la estrella más cercana a nuestro Sol, ubicándose a 4.4 años luz de distancia de nuestro planeta.

Cuando emitimos luz, ésta es capaz de recorrer 300 mil kilómetros en un segundo. Un rayo de luz tarda un poco más de un segundo en trasladarse de la Tierra a la Luna, cerca de siete minutos en llegar del Sol a la Tierra y un poco más de dos millones de años de la Galaxia de Andrómeda hasta nosotros. Si hoy decidiéramos enviar señales inteligentes a Próxima B y éstas fueran procesadas de manera inmediata, recibiríamos las respuestas en menos de nueve años. Lo anterior lleva a plantearse viejos dilemas sociológicos y filosóficos referentes al contenido de los hipotéticos mensajes.

Además de luz visible, las estrellas emiten diversos tipos de partículas con carga eléctrica y otros tipos de radiación de alta energía. Próxima Centauri es una estrella más pequeña que nuestro Sol (15% de su radio) y principalmente emite luz roja. Este tipo de estrellas es muy común en nuestra galaxia y se les llama enanas rojas. Al igual que en el caso de nuestro Sol, las emisiones pueden afectar seriamente el desarrollo de la vida que conocemos.

En la Tierra contamos con una magnetósfera generada por las corrientes eléctricas en el interior del planeta y con una capa de ozono atmosférico ubicada a gran altura. Estos escudos evitan a diario la destrucción de nuestras especies.

Próxima B requeriría de elementos de defensa semejantes para posibilitar vida parecida a la nuestra en su superficie. En la actualidad no se tiene información debidamente validada sobre aspectos finos de Próxima B, tales como la rotación alrededor de su eje (día y noche), su posible atmósfera y su campo magnético. Sobra decir que numerosos observatorios alrededor del mundo dedicarán grandes esfuerzos para obtener información detallada sobre este planeta en poco tiempo.

Durante muchos años se había pensado que no existían planetas en zonas habitables alrededor de las estrellas cercanas a nuestro Sol. La habitabilidad de Próxima B nos remite a la posibilidad de apoyar el desarrollo de tecnología que permita viajar fuera del sistema solar.

Contrariamente a lo que se sugiere en películas de ciencia ficción, no son indispensables objetos astrofísicos exóticos tales como portales interdimensionales o agujeros de gusano para la realiza-

---

\* Publicado el 30 de agosto de 2016. <http://ibero.mx/prensa/pr-xima-b-un-planeta-semejante-la-tierra-en-nuestra-galaxia>.

ción de travesías interestelares. Por ejemplo, el dominio de nuevas tecnologías con base en fusión de hidrógeno daría lugar a la solución de las dificultades de producción de la energía en la Tierra, y posibilitaría la fabricación de vehículos capaces de alcanzar velocidades mucho mayores a las actuales<sup>2</sup>.

Otra posibilidad reciente la constituyen las micronaves de Hawking y Milner, las cuales tendrían el tamaño de un microchip (o inclusive menor) y alcanzarían velocidades cercanas a una quinta parte de la velocidad de la luz.

Un cálculo básico muestra que si una nave capaz de alojar astronautas viaja durante un año con una aceleración de  $9.8 \text{ m/s}^2$  (la aceleración con la que los objetos caen cerca de la superficie de la Tierra), ésta alcanzaría una velocidad cercana a siete décimas de la velocidad de la luz. En este caso, el viaje a Próxima B tardaría alrededor de una década, en contraste con los varios miles de años que duraría el trayecto con los sistemas de propulsión actuales.

El dominio de la producción de energía con base en sistemas de fusión de hidrógeno ha sido objeto de estudios teóricos y experimentales desde hace más de 60 años y a pesar de las dificultades se han registrado avances significativos en los últimos años. De manera similar, las micronaves Hawking-Milner sólo tardarían alrededor de tres décadas en llegar a Próxima B y tendrían posibilidades de enviarnos imágenes muy detalladas de dicho planeta. La propulsión de estas micronaves sería semejante a la de un velero, utilizándose láseres situados en la Tierra.

Desde hace varios siglos nuestra especie ha sido capaz de observar el cielo y preguntarse sobre su origen y destino. El ser humano no desarrolla ciencia simplemente para generar tecnologías redituables para algunos grupos poblacionales. Hoy todos recibimos con beneplácito este descubrimiento realizado por nuestros astrónomos contemporáneos, el cual nos acerca un poco más a la obtención de respuestas a preguntas fundamentales sobre nuestro lugar en el cosmos.

## Referencias

1. G. Anglada-Escudé *et al.* "A terrestrial planet candidate in a temperate orbit around Proxima Centauri", *Nature*, 536, pp. 437-440, 25 de agosto de 2016. <https://www.nature.com/articles/nature19106>.
2. M. Kaku, *Physics of the Impossible: A Scientific Exploration Into the World of Phasers, Force Fields, Teleportation, and Time Travel*, Nueva York, Doubleday, 2008.



## El origen de la vida en la Tierra: nuevos paradigmas\*

*Recientes hallazgos llevan al replanteo de ideas sobre la antigüedad y la adaptabilidad de la vida planetaria*

196

Después de 10 meses de riguroso arbitraje en la revista *Nature* se confirmó el hallazgo de evidencia sólida de que en la Tierra ha existido vida desde hace 3,700 millones de años<sup>1</sup>.

Si consideramos que nuestro planeta tiene una edad cercana a los cinco mil millones de años, el descubrimiento implica que el desarrollo de la vida terrestre comenzó bajo condiciones extremas sumamente hostiles. Recordemos que en aquellas épocas existía una enorme actividad volcánica y la temperatura superficial en numerosas regiones planetarias era cercana a los 550 °C.

El equipo de investigación que obtuvo los resultados pertenece a la relativamente desconocida universidad australiana de Wollongong. El grupo viajó a la inhóspita Groenlandia en busca de evidencia de vida bacteriana similar a la previamente hallada hace cerca de 25 años<sup>2</sup>.

Algunos grupos de investigación de famosas instituciones como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) han manifestado ciertas reservas sobre el reporte del equipo australiano<sup>3</sup>. Es importante recalcar que en estos casos el sistema de revisión de resultados es extraordinariamente estricto y que los puntos señalados por los críticos están apropiadamente abordados en el documento publicado en *Nature*.

El trabajo en cuestión se relaciona estrechamente con pequeños montículos de alturas cercanas a los cuatro centímetros, llamados estromatolitos<sup>4</sup>. Estos montículos se forman sobre las rocas debido a colonización bacteriana y dan lugar a particulares deformaciones. Lo anterior, añadido a la detección de trazas de materia orgánica y microfósiles, ha permitido establecer oficialmente el descubrimiento.

Las bacterias que dan lugar a los estromatolitos son extremos importantes para comprender la evolución de la vida como la conocemos. Este tipo de microbios es de tipo fotosintético, es decir, con capacidades de transformar bióxido de carbono en oxígeno. Este fenómeno hace posible la existencia de vegetación y de una atmósfera respirable para la fauna y la especie humana.

Hace algunas décadas existían posturas dominantes que concebían el surgimiento de la vida como un hecho fortuito acontecido cuando la Tierra se encontraba en condiciones de temperatura muy favorables para el desarrollo de especies.

---

\* Publicado el 5 de septiembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/el-origen-de-la-vida-en-la-tierra-nuevos-paradigmas>.

Los resultados de las investigaciones contemporáneas permiten establecer modelos más realistas en los cuales empieza a identificarse una especie de flecha o tendencia de vida que puede estar presente en diversos puntos del universo. Esto a pesar de que en principio existan condiciones inclementes e inapropiadas para ello.

A raíz de estos nuevos modelos se comienzan plantear interesantes posibilidades en los proyectos para buscar estromatolitos en muestras del planeta Marte, que en cerca de diez años se traerán a la Tierra. Ello abre una nueva etapa en la efervescente área interdisciplinar del conocimiento denominada astrobiología.

197

### Referencias

1. A. P. Nutman *et al.*, "Rapid emergence of life shown by the discovery of 3700 million-year-old microbial structures", *Nature*, 537, pp. 535-538, 22 de septiembre de 2016. <http://dx.doi.org/10.1038/nature19355>.
2. M. R. Walter, *et al.*, "Stromatolites 3400-3500 Myr old from the North Pole area, Western Australia", *Nature*, 284, pp. 443-445, 1980. <https://www.nature.com/articles/284443a0>.
3. A. Witze, "Claims of Earth's oldest fossils tantalize researchers", *Nature*, 31 de agosto de 2016. <https://www.nature.com/news/claims-of-earth-s-oldest-fossils-tantalize-researchers-1.20506>.
- 4 Una introducción a los estromatolitos y su importancia para la evolución de la vida puede encontrarse en <http://www.geologia.unam.mx:8080/igl/index.php/difusion-y-divulgacion/temas-seleccionados/571-estromatolitos>; ver también A. Witze, "NASA plans Mars sample-return rover", *Nature*, 509, p. 272, 13 de mayo de 2014.



## Trappist-1: un sistema solar con planetas habitables\*

*Existen miles de millones de sistemas solares girando alrededor de estrellas del tipo de Trappist-A*

198

A principios de 2017 se dio a conocer la confirmación de la existencia de Trappist-1, un sistema solar con siete planetas. Tres de estos planetas poseen dimensiones muy semejantes a la Tierra y se encuentran localizados en zonas habitables<sup>1</sup>. La estrella central del sistema es una enana roja llamada Trappist-A, la cual es de un tamaño similar a Júpiter y se ubica a 49 años luz de distancia de nuestro planeta. Si hoy se enviara una señal inteligente a este sistema y se respondiera de inmediato, conoceríamos la respuesta en el año 2115.

A pesar de que un viaje a Trappist-1 implica retos técnicos insuperables en el corto plazo, los instrumentos astronómicos actualmente disponibles son suficientes para responder importantes preguntas referentes a la posibilidad de encontrar vida fuera de la Tierra.

Un caso semejante se hizo conocido a nivel internacional en 2016, cuando un planeta localizado en zona habitable fue descubierto a tan sólo 4.4 años luz de nuestro sistema solar<sup>2</sup>.

El hallazgo de Trappist-1 resulta aún más impactante, puesto que la posibilidad de que en un futuro la humanidad encuentre destinos habitables alrededor de estrellas enanas rojas comienza a tomar forma. Trappist-A tiene una vida estable de millones de millones de años debido a que sus reacciones nucleares se desarrollan lentamente. En comparación, nuestro Sol entrará en una fase inestable dentro de unos cuantos miles de millones de años, se convertirá en una estrella gigante y consumirá a la Tierra de manera definitiva.

Los posibles viajes interplanetarios dentro del sistema Trappist-1 corresponden a escalas muy diferentes a las que estamos acostumbrados en la Tierra. Con la tecnología actual, una misión tripulada Tierra-Marte requerirá cerca de seis meses de travesía. En contraste, un viaje entre Trappist-D y Trappist-E (tercero y cuarto planetas del nuevo sistema), únicamente tomaría alrededor de 10 días, tiempo ligeramente superior al empleado en los viajes de la Tierra a la Luna realizados hace más de 40 años.

La cercanía entre planetas implica enormes facilidades para intercambiar recursos y adaptar mundos a las condiciones ambientales necesarias para su viabilidad. Es también interesante observar que, si los siete planetas se encontraran alineados en algún momento, la distancia entre ellos sería apenas de una décima parte de la distancia de la Tierra a Marte. En un poco más de un mes se podrían recorrer todos, un verdadero banquete para cualquier astronauta.

---

\* Publicado el 27 de febrero de 2017. <http://www.iberomex.mx/prensa/trappist-1-un-sistema-solar-con-planetas-habitables>.

Las enanas rojas son significativamente más comunes que las estrellas amarillas del tipo de nuestro Sol. La aritmética referente a las probabilidades de vida en nuestra galaxia ha debido de revisarse críticamente en virtud de las nuevas observaciones. Los cálculos actualizados conducen a la conclusión de que existen miles de millones de sistemas solares girando alrededor de estrellas del tipo de Trappist-A.

La capacidad de desarrollo de la vida en planetas cercanos a las enanas rojas es tema de un encendido debate. Al igual que en Próxima B, los planetas de este sistema solar requieren de elementos de defensa contra vientos solares y radiación ultravioleta semejantes a la capa de ozono y a la magnetósfera terrestres. Sin estos elementos sería imposible el desarrollo de vida parecida a la nuestra en sus superficies.

Numerosos observatorios dedican grandes esfuerzos para obtener información detallada sobre las características atmosféricas y geológicas de cada planeta en búsqueda de evidencias de habitabilidad y de posible vida. Muy probablemente tendremos datos decisivos sobre este punto antes de que finalice la presente década.

La observación de este sistema solar trascenderá al punto de ocupar un lugar de privilegio en las clases de ciencias naturales. Nuevos, estimulantes e imaginativos ejemplos podrán incluirse en los libros de física.

Cálculos representativos, útiles para establecer los órdenes de magnitud de cantidades tales como la temperatura y la duración del año en los planetas del sistema Trappist-1 serán realizados por estudiantes de preparatoria, y alentarán el estudio de problemas relacionados con la mecánica celeste fuera de nuestro sistema solar.

Los aspectos geológicos y evolutivos de los posibles ecosistemas darán material de análisis a generaciones enteras de futuros biólogos y exploradores espaciales<sup>3</sup>. El género humano ha vuelto a mirar hacia las estrellas, y comienza a establecer rutas certeras para alcanzar respuestas a preguntas fundamentales sobre su origen y destino.

#### Referencias

1. A. Witze, "These seven alien worlds could help explain how planets form", *Nature*, 22 de febrero de 2017. <http://www.nature.com/news/these-seven-alien-worlds-could-help-explain-how-planets-form-1.21512>.
2. A. Sandoval-Villalbazo, "Próxima B, un planeta semejante a la Tierra en nuestra galaxia", *Prensa Ibero*, 30 de agosto de 2016. <http://www.ibero.mx/prensa/pr-xima-b-un-planeta-semejante-la-tierra-en-nuestra-galaxia>.
3. G. Popkin, "What it would take to reach the stars", *Nature*, 1 de febrero de 2017. <http://www.nature.com/news/what-it-would-take-to-reach-the-stars-1.21402>.

## ¿Qué es la “firma de la vida” y cuál es su impacto científico?\*

*Nuevas evidencias científicas espaciales y geológicas demuestran  
existencia de seres vivos hace 3,700 millones de años*

200

Los recientes descubrimientos de nuevos planetas, los resultados derivados de proyectos de exploración espacial y los avances de la geología contemporánea han generado nuevos paradigmas referentes a los procesos inherentes a la evolución de la materia existente en el universo.

Los seres vivos generamos una signatura característica que ha sido identificada en muestras sumamente antiguas, superándose condiciones muy hostiles y dando lugar a los procesos de adaptación necesarios para comprender la diversidad biológica que se observa hoy en día.

El desarrollo tecnológico ha hecho posible establecer evidencias incontrovertibles referentes a aspectos fundamentales de la naturaleza. Hace apenas 150 años existía un aguerrido debate sobre la posible existencia de los átomos. A medida que se desarrolló la tecnología apropiada, bastaron unas cuantas décadas para que los experimentos desarrollados por Thomson y Rutherford permitieran la identificación de electrones y núcleos atómicos. Hoy en día, cualquier estudiante de secundaria conoce los elementos básicos de la teoría atómica y su relación con las propiedades de los materiales que existen a su alrededor.

La tecnología también ha dado lugar a descubrimientos relacionados con la vida en nuestro planeta. Todos los seres vivos generamos una signatura asociada a nuestros procesos vitales. Esta “firma de la vida” se encontró en 2016 en estructuras muy antiguas en Groenlandia<sup>1</sup>, y muy recientemente en microfósiles aún más antiguos ubicados en la región canadiense de Quebec. Estos microfósiles fueron descubiertos en rocas del cinturón Nuvvuagittuq (nuh-vu-ah-gi-tuk) en el noreste de Canadá.

En este último caso la técnica de espectroscopia Raman, derivada del conocimiento de la física cuántica, ha sido decisiva para establecer evidencia de que existió vida bacteriana en la Tierra hace aproximadamente 3,770 millones de años. Los autores del descubrimiento debieron superar un riguroso arbitraje en la revista *Nature* y aunque algunos detalles del hallazgo serán sujetos a escrutinio posterior, éste es un nuevo indicativo de la resistencia que las formas de vida pueden desarrollar ante escenarios claramente adversos<sup>2</sup>.

Algunos científicos de reconocida trayectoria, como el Premio Nobel Christian de Duve, han sugerido la existencia de un imperativo cósmico tendiente a favorecer la formación de estructuras

---

\* Publicado el 9 de marzo de 2017. <http://iberomx.com/prensa/analisis-que-es-la-firma-de-la-vida-y-cual-es-su-impacto-cientifico>



orgánicas en lo general, y al desarrollo de la vida en lo particular. Hace miles de millones de años las bacterias terrestres debieron resistir una etapa caótica caracterizada por un intenso bombardeo de cometas y asteroides. Aún en dichas condiciones, dichas bacterias exhibieron actividad fotosintética, sentando bases para la existencia de formas de vida más complejas. Los recientes hallazgos astronómicos apuntan a que este tipo de procesos pueden presentarse frecuentemente en el universo.

Áreas interdisciplinarias, tales como la espectroscopia de alta precisión, han dado lugar al inicio de una revolución en el conocimiento humano referente a la abundancia de las estructuras a lo largo de la historia cósmica. Éstas abarcan desde la más simple cadena de aminoácidos hasta nuevos sistemas planetarios potencialmente capaces de albergar vida<sup>3</sup>.

Los nuevos paradigmas derivados de esta revolución contribuirán a acercar al género humano a respuestas fundamentales sobre las posibilidades evolutivas de la vida dentro y fuera de la Tierra.

#### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "El origen de la vida en la Tierra, nuevos paradigmas", *Prensa Ibero*, 5 de septiembre de 2016. <http://www.iberomx.com/prensa/el-origen-de-la-vida-en-la-tierra-nuevos-paradigmas>.
2. M. S. Dodd *et al.* "Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates", *Nature*, 543, 60–64, 2 de marzo de 2017.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Trappist-1: un sistema solar con planetas potencialmente habitables", *Prensa Ibero*, 27 de febrero de 2017. <http://iberomx.com/prensa/trappist-1-un-sistema-solar-con-planetitas-habitables>.



## Prensa científica, a prueba con hallazgo de “barrio planetario”\*

202

*En impase, las observaciones astronómicas sobre la posibilidad de vida en Trappist-1*

La comunidad científica aún se encuentra asimilando el descubrimiento del sistema planetario Trappist-1<sup>1</sup>. Durante décadas existió cierta indiferencia entre los astrónomos por las estrellas enanas rojas. Desde finales del siglo xx, numerosos observatorios han contado con la tecnología necesaria para observar detenidamente a este tipo de estrellas; sin embargo, los tiempos de telescopio y los recursos financieros se habían orientado hacia proyectos más conservadores.

A pesar de que el descubrimiento de Trappist-1 fue anunciado por la NASA, el proyecto científico no lo ideó esta agencia, sino un grupo de trabajo adscrito a la pequeña Universidad de Lieja (ubicada en Bélgica). En su fase inicial, el equipo descubridor utilizó telescopios relativamente modestos situados en Chile, y sólo meses después de los primeros resultados tuvo acceso al poderoso telescopio espacial Spitzer.

Una muestra de lo poco preparado que se encontraba el *establishment* científico para dar seguimiento inmediato al descubrimiento, es la búsqueda de donativos desarrollada en el prestigiado Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para conseguir un telescopio apto para la observación del tránsito de planetas alrededor de enanas rojas<sup>2</sup>.

En este contexto, se ha programado un generoso tiempo de observación en el nuevo telescopio extraplanetario James Webb, cuyas operaciones iniciaron en octubre de 2018. El James Webb será capaz de proporcionar información confiable referente a la posibilidad de desarrollo de la vida en los planetas que rodean a Trappist-1 antes de que finalice la presente década. En tanto, la sociedad debe ser paciente. Mientras no se realicen las nuevas observaciones, se debe tomar una actitud de gran reserva sobre las notas de prensa que afirmen conclusiones en relación con las propiedades físicas detalladas del nuevo sistema.

La detección de Trappist-1 ha generado efectos agrídulces. Por un lado, se ha catalizado el trabajo científico y el interés general en áreas tales como la astrofísica y la astrobiología. En contraste, han comenzado a proliferar prácticas poco rigurosas en algunos medios de prensa que han dado como válidas varias afirmaciones que aún no han pasado por proceso alguno de arbitraje especializado y, por ende, no han llegado a ser publicadas en revistas indizadas.

---

\* Publicado el 27 de marzo de 2017. <http://www.iberomex.mx/prensa/prensa-cientifica-prueba-con-hallazgo-de-nuevo-barrio-planetario>.

Esta práctica genera confusión en la sociedad, dado que las investigaciones citadas aún se encuentran en etapa de validación y están sujetas a modificaciones por parte de los mismos autores<sup>3</sup>. No debe confundirse un reporte preliminar con un artículo validado por expertos que laboran para revistas formales. Este proceso es indispensable para forjar el acervo científico de la sociedad<sup>4</sup>.

El breve compás de espera mencionado es imperativo debido a la falta de datos observacionales, pero también motiva a reflexionar sobre ideas casi olvidadas. Es oportuno recordar que un mundo semejante al sistema Trappist-1 fue imaginado por el escritor Arthur C. Clarke en sus novelas *2010: odisea dos* y *2061: odisea tres*, secuelas de la clásica *2001: una odisea espacial* (llevada al cine por el director Stanley Kubrick en 1968).

En dichas obras se plantea el desarrollo de vida elemental en una de las lunas del planeta Júpiter, convertido (artificialmente) en una suerte de estrella enana. Las semejanzas entre el sistema propuesto por Clarke y su inesperada contraparte real son interesantes. Muchos aspectos referentes a la bioquímica de estos escenarios se abordan de manera seria e imaginativa por este autor.

El nuevo “barrio planetario” ha situado a la astrobiología en la etapa más importante de su historia. Con los nuevos paradigmas sustentados en las recientes observaciones astronómicas, la concepción del lugar del ser humano en el universo podría tener un vuelco muy semejante al generado por la revolución copernicana del siglo xvi.

#### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, “Trappist-1: un sistema solar con planetas habitables”, *Prensa Ibero*, 27 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/trappist-1-un-sistema-solar-con-planetras-habituables>. Este artículo también puede encontrarse en *Comunidad C+Ibero*, 204, p. 22, 21 de marzo de 2017.
2. Los detalles de la iniciativa del MIT para desarrollar un nuevo telescopio capaz de explorar el tránsito de planetas por enanas rojas puede encontrarse en <https://eapsweb.mit.edu/giving-alumni/new-worlds-new-priorities>.
3. Ejemplos de este tipo de publicaciones se encuentran en <https://arxiv.org/pdf/1703.05815> y <https://arxiv.org/pdf/1703.00878.pdf>.
4. A. Sandoval Villalbazo, “Necesario, reformular los términos del diálogo ciencia-sociedad”, *Prensa Ibero*, 9 de diciembre de 2016. <http://ibero.mx/prensa/necesario-reformular-t-rminos-de-di-lo-go-entre-ciencia-y-sociedad>.



## Identifican procesos de actividad bacteriana en luna de Saturno\*

204

*Nuevas ideas sobre el desarrollo de la vida fuera de nuestro planeta han surgido en virtud de observaciones realizadas en ciertas regiones de la Tierra*

Durante décadas se consideró que las bajas temperaturas y la ausencia de radiación solar eran factores determinantes para calificar como estériles a planetas y satélites situados más allá del cinturón de asteroides. Este panorama ha cambiado de manera radical. Nuevas ideas sobre el desarrollo de la vida fuera de nuestro planeta han surgido en virtud de observaciones realizadas en ciertas regiones de la Tierra<sup>1</sup>, y han sido fortalecidas por la detección de compuestos orgánicos en Encélado, una de las lunas de Saturno<sup>2</sup>.

En diversos lugares de la Tierra, y particularmente en las profundidades de la Antártida, se ha observado un tipo de actividad bacteriana llamada quimiolitótrofa. En estos hábitats, las bacterias no requieren de luz solar para subsistir, sino que obtienen su energía a partir del hidrógeno producido por reacciones químicas presentes en rocas marinas.

Los procesos metabólicos de estos organismos hacen uso de la unión de hidrógeno con dióxido de carbono, produciendo agua y metano (al fenómeno se le conoce como metanogénesis). De forma sorprendente, los datos obtenidos por la sonda espacial Cassini apuntan a que esta secuencia de reacciones actualmente ocurre en el mar ubicado en el hemisferio sur de Encélado. La difusión de estos resultados se realizó después de un riguroso arbitraje de casi siete meses en la prestigiosa revista *Science*. En la publicación se detalla la manera en que el hidrógeno fue detectado a partir de un sobrevuelo de la sonda sobre géiseres existentes en el satélite.

La actividad de los géiseres se realiza a través de fisuras en el hielo superficial que conectan al mar interior con el espacio exterior. Estas fisuras son conocidas coloquialmente como "rayas de tigre". El hecho de que este mar no sea ácido es otro indicativo favorable para su habitabilidad<sup>3</sup>. Con la publicación de este hallazgo se ha generado una gran efervescencia sobre la posibilidad de vida en Encélado. Dado que la sonda Cassini no fue equipada para la búsqueda directa de vida microbiana, no es posible resolver esta interrogante de manera inmediata. Es un hecho que los procesos termodinámicos identificados con Cassini son compatibles con actividad bacteriana quimiolitótrofa. En este sentido, la luna de Saturno podría ser "habitabile" por bacterias de este tipo muy particular, pero no necesariamente se encuentra "habitado".

---

\* Publicado el 18 de abril de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>.

Si transportáramos bacterias terrestres quimiolitótrofas apropiadamente seleccionadas y las sembráramos en el mar de Encélado, tal vez encontrarían fuentes de alimentación semejantes a las existentes en su hogar original. Observar de cerca la posible evolución de estos microorganismos fuera de la Tierra proporcionaría invaluable conocimientos orientados a una comprensión profunda del fenómeno de la vida.

#### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbazo, "¿Qué es la 'firma de la vida' y cuál es su impacto científico?", *Prensa Ibero*, 9 de marzo de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-que-es-la-firma-de-la-vida-y-cual-es-su-impacto-cientifico>.
2. J. Hunter Waite *et al.*, "Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: Evidence for hydrothermal processes", *Science*, 356, 155-159, 14 de abril de 2017.
3. C. R. Glein, J. A. Baross y J. Hunter Waite, "The pH of Enceladus' Ocean", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 162, pp 202-219, 1 de agosto de 2015.



## Enormes ciclones de Júpiter evocan a cuadros de Van Gogh\*

*La sonda espacial Juno capta nuevas imágenes del planeta más grande del sistema solar*

206

Durante décadas se creyó que el planeta más grande del sistema solar no contenía mayores secretos. Júpiter es un gigante gaseoso muy alejado del Sol y su superficie es poco semejante a la de la Tierra. A pesar de ello, es un fantástico mundo en el que los seres humanos podemos aprender aspectos fundamentales sobre cómo opera la naturaleza.

El conocimiento que se está generando con las recientes misiones espaciales a los planetas exteriores no sólo nos permite entender complejos fenómenos atmosféricos, sino también nos acerca a aspectos trascendentales sobre nuestros orígenes.

En fechas muy recientes, la sonda espacial Juno ha logrado acercamientos históricos a Júpiter<sup>1</sup>. Las observaciones muestran que numerosas ideas dominantes referentes a los procesos que ocurren en ese planeta son insostenibles. Un ejemplo de los retos derivados de los datos obtenidos por Juno es la comprensión del campo magnético joviano (término empleado para todo aquello referente a Júpiter).

En la Tierra, el magnetismo es esencial para garantizar la vida, ya que genera un escudo protector contra el viento solar. El campo magnético de Júpiter es casi diez veces mayor que en nuestro planeta y genera "auroras boreales inversas", pues en lugar de guiar partículas exteriores a los polos (como en la Tierra), expulsa flujos de carga a través de los mismos.

Juno también ha logrado transmitir imágenes de Júpiter que han resultado sorprendidas. La fotografía mostrada en la Figura 1 corresponde al Polo Norte del planeta, en ella se observan conjuntos de enormes ciclones que evocan a cuadros de Van Gogh. Este fenómeno atmosférico joviano presenta propiedades extremas que ponen a prueba a la física de fluidos que conocemos hasta ahora.

Ante la avalancha de información que está surgiendo a partir de los trabajos realizados por la misión espacial Juno, es importante reflexionar sobre las implicaciones de los nuevos descubrimientos. En primer término, se debe tener presente que muchos paradigmas sobre el sistema solar, que dominaron durante décadas, se están derrumbando.

Secciones enteras de los libros de divulgación con los que crecieron generaciones enteras deben reescribirse. A mediano plazo será necesario redimensionar la importancia que tiene el desarrollo de la astronomía para la sociedad en general.

---

\* Publicado el 29 de mayo de 2017. <http://www.iberomx/prensa/enormes-ciclones-de-jupiter-evocan-cuadros-de-van-gogh>.

El conocimiento detallado del sistema solar reviste una trascendencia que va mucho más allá de una interesante curiosidad. De todas las especies que habitan la Tierra, sólo la humana es capaz de mirar al cielo, y con ello reflexionar sobre su futuro y trascendencia.

En el siglo XXI, las misiones espaciales están proporcionando evidencia sólida que indica la posibilidad de existencia de ecosistemas fuera de la Tierra<sup>2</sup> y de patrones atmosféricos impresionantes muy semejantes a obras concebidas por grandes poetas y artistas.

207

Los estudios venideros prometen nuevos y más grandes descubrimientos, cuyas implicaciones sobre nuestro desarrollo como civilización son imprevisibles.

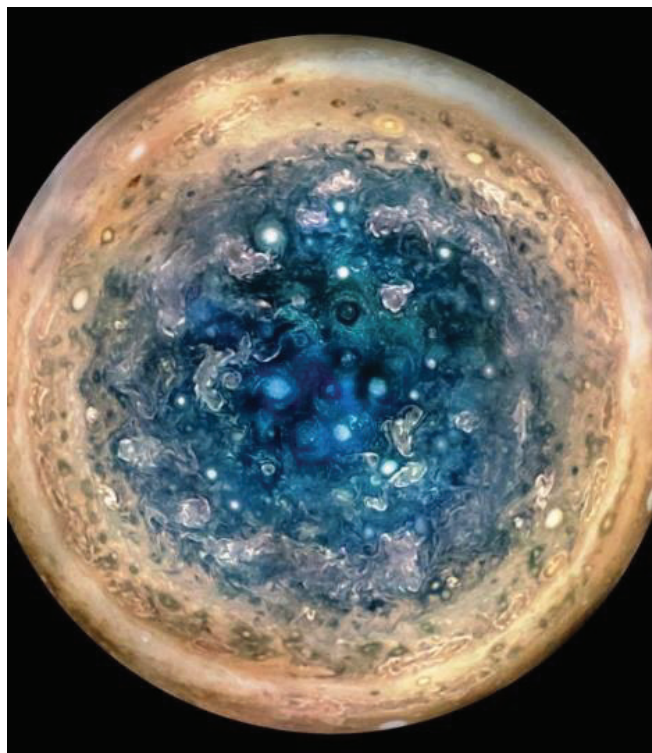


Figura 1: La sonda espacial *Juno* ha captado nuevas imágenes de Júpiter

#### Referencias

1. A. Witze, "Jupiter's secrets revealed by NASA probe", *Nature*, 25 de mayo de 2017. <http://www.nature.com/news/jupiter-s-secrets-revealed-by-nasa-probe-1.22027>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Identifican procesos compatibles con actividad bacteriana en luna de Saturno", *Prensa Ibero*, 18 de abril de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>; A. Witze, "Europa's peek-a-boo plumes confirmed: Watery jets could be tapping into a buried ocean with the potential to support life", *Nature*, 26 de septiembre de 2016. <http://www.nature.com/news/europa-s-peek-a-boo-plumes-confirmed-1.20685>.



## Telescopio extremadamente pequeño detecta estrella tan caliente como el Sol

208

*Situado a 650 millones de años luz, KELT-9b es hoy el gigante gaseoso más caliente detectado en la historia de la astronomía*

En *Starmaker (Hacedor de estrellas)*, el clásico libro de Olaf Stapledon, se describen ardientes tentáculos emanados de poderosas estrellas; estos tentáculos eran capaces de calcinar la superficie de varios planetas, destruyendo toda posibilidad de vida en ellos<sup>1</sup>. Ochenta años después de la primera publicación de esta propuesta literaria, un grupo de astrónomos ha descubierto algo muy semejante en un sistema situado a 650 millones de años luz de la Tierra, en la constelación del Cisne<sup>2</sup>.

La estrella KELT-9 tiene una temperatura superficial de aproximadamente 10,000 °C y emite una intensa radiación ultravioleta sobre la superficie del planeta KELT-9b. Esta radiación convierte a la atmósfera del planeta en un escenario dantesco, elevando su temperatura a más de 4,000 °C, lo que corresponde a una temperatura semejante a la que existe en la superficie de nuestro Sol.

A esta temperatura, los enlaces químicos entre átomos son imposibles, por lo que ni siquiera la química molecular más elemental puede presentarse en la atmósfera planetaria. En contraste, la atmósfera de Venus apenas alcanza los 400 °C, aproximadamente una décima parte de lo descubierto en KELT-9b.

En la astronomía del siglo xx predominaba la idea de que los gigantes gaseosos necesariamente serían fríos y se encontrarían en órbitas muy lejanas a sus respectivas estrellas. La creencia de que todos los sistemas planetarios deben ser semejantes al nuestro es un remanente del geocentrismo que aún prevalece en el inconsciente colectivo.

El planeta KELT-9b ha roto definitivamente con este modelo de manera contundente, puesto que es un gigante gaseoso que tiene más o menos el doble de la masa de Júpiter y se encuentra situado a menor distancia de su estrella que la correspondiente a Mercurio y nuestro Sol.

La observación de KELT-9b también rompe con la imagen mercadotécnica que sugiere como indispensables a telescopios de enorme tamaño (y costos multimillonarios) para realizar descubrimientos astronómicos de alta relevancia científica.

KELT corresponde por sus siglas en inglés a la expresión "telescopio extremadamente pequeño de miles de grados" (*kilodegree extremely little telescope*). Este tipo de telescopios es capaz de captar planetas gigantes que atraviesan la línea de visión entre una estrella y la Tierra<sup>3</sup>.



Los grandes telescopios terrestres son miles de veces más costosos que los telescopios KELT. Si se toma en cuenta que el descubrimiento inicial del sistema Trappist-1 también fue realizado con telescopios relativamente pequeños, resulta plausible afirmar que la astronomía observacional de alto impacto ya no es patrimonio exclusivo de agencias multimillonarias<sup>4</sup>.

El siglo *xxi* se ha caracterizado por avances impresionantes en las ciencias planetarias. Los descubrimientos relativos a KELT-9b invitan a continuar el estudio del cielo y a hermanar a la ciencia formal con la imaginación pura.

Mundos que parecían ser simples sueños de autores como Olaf Stapledon, Arthur C. Clarke, Ray Bradbury o Isaac Asimov comienzan a materializarse. Hoy más que nunca, la astronomía está dando pasos definitivos para reafirmar su camino hacia la trascendencia y renovar su relación con la sociedad.

#### Referencias

1. Olaf Stapledon, *Hacedor de estrellas*, Nota preliminar de Jorge Luis Borges, Buenos Aires, Minotauro, 1976. (Traducción del libro original de 1937.)
2. G. B. Scott *et al.*, "A giant planet undergoing extreme-ultraviolet irradiation by its hot massive-star host", *Nature*, junio de 2017. <https://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature22392.html>.
3. J. Pepper *et al.*, "The Kilodegree Extremely Little Telescope (KELT): A Small Robotic Telescope for Large-Area Synoptic Surveys", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 119: 923-935, 2007. [http://keltsouth.pbworks.com/f/KELT\\_Instrumentation.pdf](http://keltsouth.pbworks.com/f/KELT_Instrumentation.pdf).
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Trappist-1: un sistema solar con planetas habitables", *Prensa Ibero*, 27 de febrero de 2017. <http://ibero.mx/prensa/trappist-1-un-sistema-solar-con-planetas-habitables>.



## Sistema planetario Trappist-1, más antiguo que nuestro sistema solar\*

210

*Existe la posibilidad de detectar atmósferas semejantes  
a la de Venus a sólo 40 años luz de la Tierra*

En febrero de 2017 comenzó una nueva era en las ciencias planetarias al confirmarse la existencia de Trappist-1, un sistema con siete planetas semejantes a la Tierra, el cual se encuentra ubicado a 40 años luz de nuestro sistema solar. Tres de estos planetas se encuentran localizados en zonas con temperaturas moderadas, por lo que se les considera potencialmente habitables.

El "sol" del sistema es una estrella enana roja llamada Trappist-A, la cual tiene un tamaño similar a Júpiter y emite una gran cantidad de radiación sobre sus planetas. La determinación de la edad de esta estrella representó un importante reto para la astrofísica contemporánea<sup>1</sup>.

Un sistema planetario demasiado joven presenta diversos inconvenientes en la búsqueda de vida. Se requiere bastante tiempo para que la estrella central alcance el equilibrio necesario para que se adapten los posibles ecosistemas, y también para que los planetas posean estructuras y órbitas estables.

Nuestro propio sistema solar tuvo al menos un revés en este sentido: la existencia del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter permite inferir que no todas las estructuras planetarias prevalecen con el paso del tiempo. Significativamente, los siete planetas de Trappist-1 han transitado durante miles de millones de años sin colisionar, a pesar de que sus órbitas son tan cercanas que en algunos puntos llegan a superponerse.

Los trabajos de investigación sobre la edad de Trappist-A han generado nuevos y sorprendentes resultados. Al utilizarse la información disponible sobre la luminosidad de la estrella, la variación de sus concentraciones de litio, su gravedad superficial, sus velocidades de traslación y rotación, su metalicidad y sus llamaradas se ha logrado establecer que esta estrella es significativamente más antigua que nuestro Sol.

La edad calculada de esta singular enana roja es superior a los 7,500 millones de años. En contraste, nuestro astro rey apenas ha llegado a su cumpleaños número 4,500 millones<sup>2</sup>. Si el Sol fuera una persona de 20 años, Trappist-A contaría con 33 primaveras.

---

\* Publicado el 22 de agosto de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/sistema-planetario-trappist-1-mas-antiguo-que-nuestro-sistema-solar>.

La vida en la Tierra ha evolucionado durante miles de millones de años hasta llegar a su estado actual. Numerosos tipos de bacterias superaron (y aún superan) condiciones hostiles para lograr sobrevivir y perdurar. Paralelamente, nuestro planeta desarrolló una atmósfera capaz de proteger a sus habitantes de diversos tipos de radiación y crear ambientes adaptativos para las especies.

En este contexto, el tiempo de existencia de Trappist-1 sugiere dos posibles escenarios: o bien las atmósferas de los planetas han sido destruidas por la constante radiación recibida, o alternativamente se han generado gruesas atmósferas que protegen las superficies planetarias de la radiación. Este último caso ha ocurrido en nuestro vecino planeta Venus, en el que la atmósfera ha creado un efecto invernadero extremo que mantiene a su superficie a temperaturas muy elevadas.

Las observaciones del telescopio espacial James Webb han sido decisivas para establecer las propiedades de las atmósferas de los planetas pertenecientes al sistema Trappist-1. Aún en el caso de que se llegasen a detectar ambientes semejantes al de Venus, las posibilidades de vida en el sistema no estarían agotadas.

Es pertinente recordar que en nuestro propio "barrio planetario" se han identificado procesos compatibles con actividad bacteriana fuera de la Tierra, los cuales sugieren que la vida puede abrirse paso en ambientes extremadamente hostiles<sup>3</sup>. La confirmación de estos procesos evolutivos en otras regiones del Universo daría lugar a una revolución conceptual sobre el origen y destino de los seres vivos<sup>4</sup>.

#### Referencias

1. C. M. Carlisle, "Seven-Planet Star Hides Age, Might Be Deadly", *Sky and Telescope*, 6 de marzo de 2017. <https://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/seven-planet-star-ageless-may-be-deadly-0603201723>.
2. A. J. Burgasser y E. E. Mamajek, "On the Age of the Trappist-1 System", *Astrophysical Journal*, 845-2, p. 110, 2017. <http://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/aa7fea/pdf>.
3. Geoffrey A. Landis, "Astrobiology: The Case for Venus", NASA Report, NASA/TM-2003-212310, julio de 2003. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20030067857.pdf>;
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Identifican procesos de actividad bacteriana en luna de Saturno", *Prensa Ibero*, 18 de abril de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>.



## Astrónomos descubren que oro y platino tienen origen extraterrestre\*

212

*Colisión de estrellas de neutrones revela origen de ambos metales preciosos*

Hace mucho tiempo, dos estrellas chocaron con tanta fuerza que crearon un terremoto cósmico captado en una galaxia muy lejana... la nuestra. Del cataclismo de estos astros emergieron metales que nuestra civilización ha considerado preciosos durante miles de años y cuyo origen aún no había sido comprendido. Después de la colisión, los núcleos de estas estrellas crearon una gravedad tan intensa que su luz jamás volvería a ser captada directamente por ser alguno en el universo.

La galaxia NGC 4993 se encuentra situada a 130 millones de años luz de la Tierra, 32 millones de veces más lejos que Próxima Centauri, la estrella más cercana a nuestro Sol. Al mismo tiempo que los dinosaurios terrestres se extinguían, en NGC 4993 se generó el enorme impacto captado en agosto de 2017 por los modernos instrumentos terrestres. Después de que la observación fue cuidadosamente verificada por numerosos grupos de astrónomos (en los que colaboran varios mexicanos), el lunes 16 de octubre de 2017 se hizo público el espectacular evento<sup>1</sup>.

En la teoría general de la relatividad, se predicen fenómenos tales como la formación de agujeros negros y la emisión de ondas gravitacionales. Ambos eventos se han observado de manera directa en NGC 4993, confirmándose una vez más la teoría de gravitación de Einstein.

Durante décadas se ha debatido sobre el origen de metales como el oro y el platino. La energía presente en las estrellas no es lo suficientemente alta para que estos elementos sean "cocinados" en los hornos estelares ordinarios. Sin embargo, el encuentro de dos estrellas de muy alta densidad permite unir núcleos atómicos al punto de crear estos elementos. Los resultados derivados de los análisis tras el choque en NGC 4993 sugieren que la mayor parte del oro existente en el universo proviene de colisiones entre estrellas de neutrones.

Es interesante notar que las colisiones entre estrellas de neutrones son más frecuentes de lo que podría suponerse inicialmente. En la década de los setenta fue descubierto un sistema formado por dos de estas estrellas rotando alrededor de un centro común, perdiendo energía en forma de radiación gravitacional<sup>2</sup>. Transcurrido suficiente tiempo, las órbitas pierden estabilidad, produciéndose un violento choque. Es muy probable que buena parte de los metales más pesados que existen en la Tierra provengan de este tipo de evento.

---

\* Publicado el 18 de octubre de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/astronomos-descubren-que-oro-y-platino-tienen-origen-extraterrestre>.

La astronomía ha entrado en una nueva "edad de oro" gracias a la detección de ondas gravitacionales<sup>3</sup>. El hecho de que nuestros instrumentos sean capaces de captar colisiones de estrellas densas a millones de años luz de la Tierra permite abrigar nuevas esperanzas de responder preguntas sobre nuestros orígenes, nuestro rol en el cosmos y sobre los procesos fundamentales presentes en el universo.

### Referencias

1. D. Castelvecchi, "Colliding stars spark rush to solve cosmic mysteries", *Nature News*, 16 de octubre de 2016. <https://www.nature.com/news/colliding-stars-spark-rush-to-solve-cosmic-mysteries-1.22829>.
2. J. M. Weisberg, J. H. Taylor y L. A. Fowler, "Gravitational Waves from an Orbiting Pulsar", *Scientific American*, 245, pp. 74-82, octubre de 1981. <https://www.scientificamerican.com/article/gravitational-waves-from-an-orbitin>.
3. A. Sandoval-Villalbazo, "Premio Nobel de Física, ondas gravitacionales y cine", *Prensa Ibero*, 4 de octubre de 2017. <http://ibero.mx/prensa/asesor-cientifico-de-las-peliculas-contacto-e-interestelar-uno-de-los-ganadores-del-nobel-de-fisica>.



# A/2017 U1, la bala perdida que pasó cerca de la Tierra\*

*Es un asteroide con energía equivalente a 10 mil bombas atómicas*

214

El 19 de octubre de 2017 se observó un asteroide con dimensiones semejantes a las del Estadio Azteca. Semanas antes, este objeto había ingresado de manera inadvertida en nuestro sistema planetario. Este asteroide, hoy llamado A/2017 U1, es extremadamente veloz y pronto abandonará al sistema solar.

Cuando A/2017 U1 pasó cerca del Sol siguiendo una trayectoria en caída vertical, adquirió una rapidez cercana a los 88 km/s. Este valor es 7.8 veces superior a la rapidez que necesita un cohete para abandonar la Tierra. Un asteroide con estas características posee una energía equivalente a un poco más de diez mil bombas atómicas como la utilizada en Hiroshima.

El asteroide llegó a estar a una distancia de 0.1 unidades astronómicas de la Tierra, una unidad astronómica está definida como la distancia de la Tierra al Sol. Un cuerpo se considera potencialmente peligroso para el planeta cuando tiene su máximo acercamiento a la mitad de esta distancia, o sea 0.05 unidades astronómicas<sup>1</sup>. Debido a su sorpresiva aparición, a su ángulo de entrada al sistema solar, y a su gran velocidad, ha sido extremadamente difícil aprovechar la infraestructura astronómica disponible para realizar estudios detallados del evento.

A/2017 U1 se creó fuera del sistema solar<sup>2</sup>. Dado que la formación de un sistema planetario es un proceso extremadamente violento, no debe extrañarnos que existan balas perdidas que fueron disparadas con enormes velocidades y que pueden viajar durante millones de años a través del espacio profundo. Este tipo de asteroides es básicamente indetectable para nosotros hasta que se encuentran muy cercanos a la Tierra. Estas observaciones se complican aún más si los objetos ingresan al sistema solar de manera perpendicular al plano que forman el Sol y los planetas (ver Figura 1).

Es interesante observar que un pequeño desplazamiento en el ángulo de entrada al sistema solar por parte de A/2017 U1 hubiera sido causa de un evento altamente destructivo para alguna localidad en la Tierra.

El tiempo de organización para afrontar una eventualidad de este tipo hubiera sido semejante al que contó la población de Florida en el caso del huracán *Irma*. Sin embargo, en este caso una evacuación masiva hubiera sido insuficiente. La humanidad aún no cuenta con protocolos como los observados en la película *Impacto profundo* (Mimi Leder, 1998).

---

\* Publicado el 1 de noviembre de 2017. <http://www.iberomex.mx/prensa/analisis-a2017-u1-la-bala-perdida-que-paso-cerca-de-la-tierra>.

Si bien la mayor parte de los cuerpos riesgosos para la Tierra han sido clasificados y monitoreados por las agencias espaciales internacionales desde hace varios años, es prácticamente imposible anticipar la llegada de un asteroide interestelar con las características de A/2017 U1<sup>3</sup>.

El espectacular paso de este asteroide no debe ser reducido a una mera curiosidad científica. Luis Pasteur solía afirmar que el azar únicamente favorece a los espíritus preparados. Este singular evento astronómico, ciertamente aleatorio, debe orientar a reconsiderar numerosos aspectos sobre la relación entre la comunidad astronómica y la sociedad en general.

215

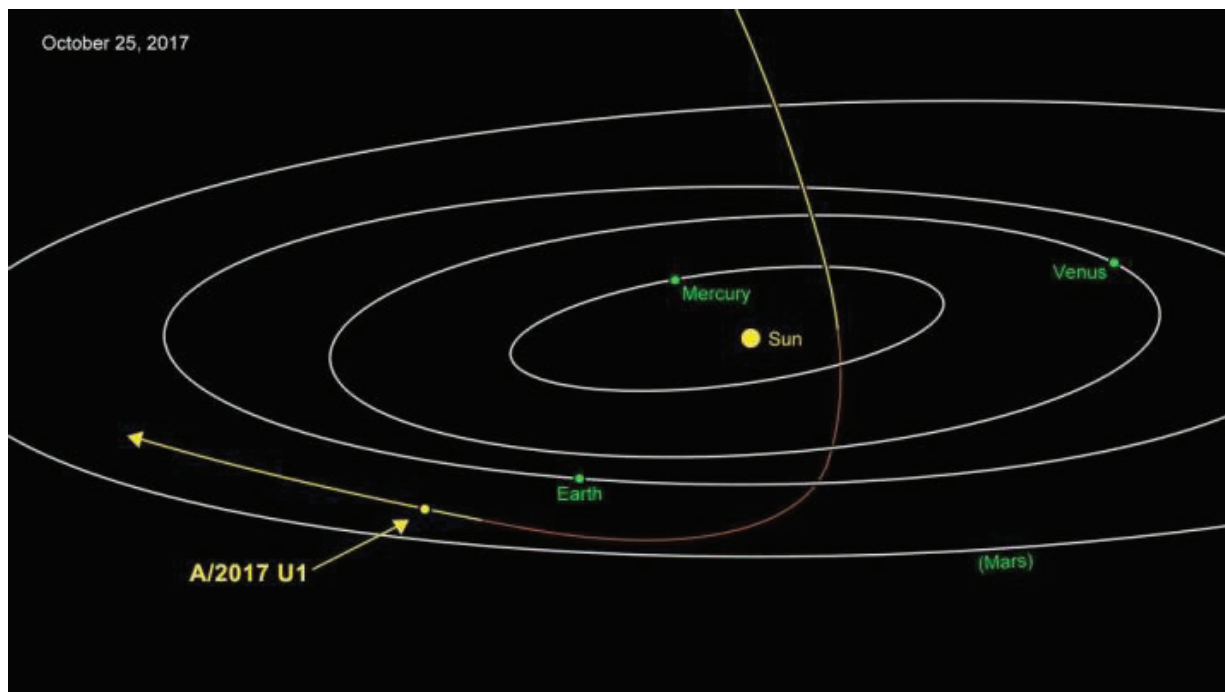


Figura 1: Trayectoria de A/2017/U1, conocido actualmente como Oumuamua

### Referencias

1. NASA Asteroid Fast Facts [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/asteroids/overview/fastfacts.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/overview/fastfacts.html).
2. M. Greshko, "First Rock From Outside the Solar System Sails Past Earth", *National Geographic*, 27 de octubre de 2017. <https://news.nationalgeographic.com/2017/10/interstellar-solar-system-asteroid-comet-space-science>.
3. A. Sandoval Villalbazo, "Asteroide Bennu: ¿El Armagedón de la Tierra del siglo XXII?", *Prensa Ibero*, 14 de septiembre de 2016. <http://www.iberomx.com/prensa/asteroide-bennu-el-armagedon-de-la-tierra-del-siglo-xxii>.

## Astrobiología: aumenta la fiebre por las enanas rojas\*

*Al igual que Próxima B y varios de los planetas del sistema Trappist-1,  
Ross 128 b es potencialmente habitable*

216

Hace un poco más de un año cambió radicalmente la forma de valorar a la estrella más cercana a nuestro Sol. Próxima Centauri, situada a tan sólo cuatro años luz de la Tierra, es una estrella enana roja que durante décadas careció de atención en la comunidad astronómica.

El espectacular descubrimiento de Próxima B, un planeta de dimensiones semejantes a la Tierra, cambió radicalmente este panorama. Este planeta se encuentra rotando alrededor de Próxima Centauri a una distancia apropiada para concebir el desarrollo de vida, aunque la radiación que afecta al planeta es demasiado intensa para considerar vida semejante a la existente en la Tierra<sup>1</sup>.

Unos meses más tarde, el mundo se impactó a raíz del descubrimiento de un sistema planetario girando alrededor de la estrella enana roja Trappist-1. Este sistema planetario tiene miles de millones de años de antigüedad y al menos tres de sus planetas se encuentran en una zona potencialmente habitable<sup>2</sup>. Numerosos telescopios de última generación se utilizarán para observar este sistema en búsqueda de atmósferas capaces de favorecer el desarrollo de formas de vida.

El escenario astrobiológico de los planetas del sistema Trappist es semejante al de Próxima B, en el sentido de que la intensa radiación proveniente de la estrella hace imposible vida semejante a la observada en la superficie de la Tierra.

La efervescencia derivada de este tipo de descubrimientos astronómicos se incrementó en noviembre de 2017 a partir del descubrimiento del planeta Ross 128 b. Este planeta gira alrededor de la estrella enana roja Ross 128, la cual está situada a sólo 11 años luz de la Tierra.

A diferencia de Próxima B y de los planetas del sistema Trappist, Ross 128 b es un mundo relativamente hospitalario dado que no es sujeto a un intenso bombardeo de radiación procedente de su estrella<sup>3</sup>. Adicionalmente, la temperatura superficial de este planeta se estima entre los 20 y 60 °C, por lo que en términos astrobiológicos se considera que su clima es templado.

Es pertinente recordar que la estrella Ross 128 adquirió interés a nivel mundial en julio de 2017 debido a la detección de señales de radio atípicas en apariencia procedentes de ésta<sup>4</sup>. Esta observación se realizó con meses de anticipación al descubrimiento del planeta y aunque no existe elemento alguno para vincular estos eventos, el sistema Ross se ha convertido en un escenario

---

\* Publicado el 21 de noviembre de 2017. <http://www.iberomex.com/prensa/astrobiologia-aumenta-la-fiebre-por-las-enanas-rojas>.



extraordinario para poner a prueba todo tipo de hipótesis relacionadas con el posible desarrollo de vida fuera de la Tierra.

La astrobiología de los sistemas de enanas rojas se encuentra en pleno desarrollo y promete generar nuevos y espectaculares resultados durante los siguientes años. Por cada estrella como nuestro Sol existen aproximadamente ocho estrellas enanas rojas en nuestra galaxia. Los descubrimientos por venir permiten avizorar un cambio en la comprensión de los procesos fundamentales de la naturaleza de proporciones semejantes a las de la revolución copernicana del siglo **xvi**.

**217**

### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Próxima B un planeta semejante a la Tierra en nuestra galaxia", *Prensa Ibero*, 30 de agosto de 2016. <http://www.iberomx.mx/prensa/pr-xima-b-un-planeta-semejante-la-tierra-en-nuestra-galaxia>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Sistema planetario Trappist-1, más antiguo que nuestro sistema solar", *Prensa Ibero*, 22 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.mx/prensa/sistema-planetario-trappist-1-mas-antiguo-que-nuestro-sistema-solar>.
3. J. Bochanski, "Planet Orbit Quiet Star 11 light-years away", *Sky and Telescope*, 15 de noviembre de 2017. <https://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/exoplanet-orbits-quiet-star-11-light-years-away>.
4. "La extraña señal procedente de Ross 128", *ABC Ciencia*, 17 de julio de 2017. [https://www.abc.es/ciencia/abci-extrana-senal-procedente-ross-5510129793001-20170717122542\\_video.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-extrana-senal-procedente-ross-5510129793001-20170717122542_video.html).



## Inteligencia artificial permite identificar sistema solar con ocho planetas\*

218

*Redes inteligentes también tienen aplicaciones interdisciplinarias*

En el periodo comprendido entre 2009 y 2013, la misión espacial Kepler recabó datos de luminosidad de cerca de 150 mil estrellas en la búsqueda de nuevos planetas. Cuando un planeta pasa a través de la línea de visión entre una estrella y un telescopio se registra un cambio de brillo; éste es extremadamente débil y en numerosas ocasiones puede pasar inadvertido o confundirse con algún otro efecto astrofísico.

Aunque la fase principal de la misión Kepler había finalizado desde hace algunos años, fue durante diciembre de 2017 cuando se logró el descubrimiento más importante derivado de las observaciones de esta misión.

Las redes neuronales modernas funcionan con base en inteligencia artificial y son capaces de aprender a identificar planetas situados a miles de años luz. Kepler-90 es un sistema solar con ocho planetas, situado a 2,500 años luz de la Tierra, descubierto gracias a una red neuronal con habilidades para rastrear y discernir entre pistas falsas y verdaderas<sup>1</sup>.

Los planetas de este sistema orbitan a una estrella que posee propiedades físicas muy semejantes a las del Sol. Si bien es muy improbable que en estos planetas se haya desarrollado vida semejante a la nuestra, el descubrimiento de Kepler-90 elimina la vieja idea de que nuestro sistema solar es el único en el cual existen ocho planetas moviéndose en torno de una estrella amarilla.

Es pertinente recordar que en el transcurso de 2017 también fue anunciado que el sistema Trappist-1 posee siete planetas girando alrededor de una estrella enana roja situada a tan sólo 40 años luz de la Tierra y que es miles de años más antigua que el Sol<sup>2</sup>.

El descubrimiento de Kepler-90 cerró de manera espectacular un año extraordinario para la astronomía contemporánea. Además de los descubrimientos de nuevos sistemas planetarios, durante 2017 se detectaron ondas gravitacionales procedentes de la colisión de dos estrellas de neutrones, se observó un asteroide interestelar y se identificaron procesos compatibles con actividad bacteriana en Encélado, una de las lunas de Saturno<sup>3</sup>.

Las "pruebas de verdad" aprendidas y ejecutadas por redes neuronales son también utilizadas en áreas tan diversas como la hidrología, la antropología y las ciencias políticas. La capacidad de

---

\* Publicado el 4 de enero de 2018. <http://www.iberomx/prensa/ciencia-inteligencia-artificial-permite-identificar-sistema-solar-con-8-planetas>.

analizar grandes cantidades de datos por parte de este tipo de redes constituye un recurso muy valioso para identificar estructuras que a primera vista suelen pasar inadvertidas. En esta vertiente se vislumbra una nueva oleada de descubrimientos que promete incidir de manera fundamental en el desarrollo del conocimiento humano.

### Referencias

1. C. J. Shallue y A. Vanderburg, "Identifying Exoplanets with Deep Learning: A Five Planet Resonant Chain around Kepler-80 and an Eighth Planet around Kepler-90". El artículo está aceptado para publicación en el *Astronomical Journal* y puede descargarse en <https://arxiv.org/pdf/1712.05044.pdf>.
2. A. Sandoval-Villalbaz, "Sistema planetario Trappist-1, más antiguo que nuestro sistema solar", *Prensa Ibero*, 22 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.mx/prensa/sistema-planetario-trappist-1-mas-antiguo-que-nuestro-sistema-solar>.
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Identifican procesos bacterianos en luna de Saturno", *Prensa Ibero*, 18 de abril de 2017. <http://iberomx.mx/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>.



## Aumentan posibilidades de habitabilidad del sistema Trappist-1\*

220

*Estudios muestran que la temperatura promedio del planeta Trappist-d es de 15 °C*

El sistema planetario Trappist-1 continúa impresionando a la comunidad astronómica mundial<sup>1</sup>. Después del anuncio de su descubrimiento en mayo de 2016 se han realizado cientos de estudios para conocer las propiedades de los siete planetas que giran alrededor de la estrella enana roja central y para examinar las posibilidades de desarrollo de vida en los mismos. El más reciente sugiere la habitabilidad en al menos dos de ellos.

Una de las propiedades físicas que permiten el desarrollo de vida en la Tierra es su temperatura templada. La radiación solar, combinada con un efecto invernadero moderado, da lugar a climas templados.

En este contexto, se ha descubierto que la temperatura media del planeta Trappist-d es aproximadamente de 15 °C<sup>2</sup>. En este caso, el calor derivado de la radiación procedente de la estrella es complementado por la fricción asociada a las llamadas "fuerzas de marea". Adicionalmente, el planeta Trappist-e registra temperaturas semejantes a las existentes en la Antártida, por lo que el desarrollo y la adaptación de vida derivada de una posible panspermia (teoría que sostiene que el origen de la vida en la Tierra es extraterrestre) es viable<sup>3</sup>.

La intensidad del campo gravitacional que actúa sobre la superficie de un planeta depende de la distancia entre ésta y el cuerpo causante del campo. Cuando la Luna se encuentra más cerca de una cara de la Tierra que de la otra, el "jalón gravitacional" propicia un aumento del nivel del océano en la cara cercana y lo disminuye en la opuesta. En el caso del sistema Trappist-1, la fricción provocada por la excentricidad de las órbitas elípticas genera un calentamiento que da lugar a las temperaturas moderadas mencionadas.

El calentamiento por fuerzas de marea también se encuentra presente en Encélado, un satélite de Saturno que posee un mar interior muy cálido. Es interesante observar que en Encélado existen géiseres en los cuales se ha detectado metano, el cual puede ser producto de actividad bacteriana quimiolitótrofa semejante a la existente en el fondo de los océanos terrestres<sup>4</sup>.

Las observaciones de exoplanetas realizadas en el siglo XXI permiten considerar cada vez más improbable que la Tierra monopolice la vida en el universo. Veinte de las treinta estrellas más cercanas a la Tierra son enanas rojas.

---

\* Publicado el 29 de enero de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-aumentan-posibilidades-de-habitabilidad-del-sistema-trappist-1>.

Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol, también posee un planeta ubicado en una zona templada en el que existe la posibilidad de vida bacteriana quimiolitótrofa; esto a pesar de la intensa radiación ultravioleta recibida por la actividad de su estrella.

Este tipo de radiación también es emitida por la estrella Trappist-1, por lo que a menos de que exista una magnetósfera muy poderosa en sus planetas, una ecología semejante a la existente en la superficie de la Tierra se considera extremadamente improbable.

La cosmología moderna se basa en el principio de que a gran escala todas las regiones del universo son esencialmente equivalentes. En la misma línea de pensamiento, es natural considerar que los procesos físico-químicos que conducen a la vida no se limitan a un minúsculo planeta que gira alrededor de una de miles de millones de estrellas, presente en una de miles de millones de galaxias.

Los nuevos escenarios astrobiológicos deben analizarse con una mezcla apropiada de escepticismo y de capacidad de superar dogmas. El aprendizaje derivado de la fisicoquímica exoplanetaria impactará en la forma de comprender el equilibrio ecológico en el cual se desarrolla la vida en general, y deberá ser un insumo valioso para afrontar crisis ambientales, presentes y futuras, capaces de poner en riesgo la viabilidad de la especie humana<sup>5</sup>.

#### Referencias

1. A. Sandoval-Villalbaz, "Sistema planetario Trappist-1, más antiguo que nuestro sistema solar", *Prensa Ibero*, 22 de agosto de 2017. <http://www.iberomx.mx/prensa/sistema-planetario-trappist-1-mas-antiguo-que-nuestro-sistema-solar>.
2. A. C. Barr, V. Dobos y L. L. Kiss, "Interior structures and tidal heating in the Trappist-1 Planets", *Astronomy and Astrophysics*, 2018, en prensa. Una versión gratuita del artículo se encuentra en <https://arxiv.org/pdf/1712.05641.pdf>.
3. M. Lingman y A. Loeb, "Enhanced interplanetary panspermia in the Trappist-1 system", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114-26, 6689-6693, 27 de junio de 2017. <http://www.pnas.org/content/pnas/114/26/6689.full.pdf>.
4. A. Sandoval-Villalbaz, "Identifican procesos de actividad bacteriana en luna de Saturno". *Prensa Ibero*, 18 de abril de 2017. <http://iberomx.mx/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>.
5. A. Sandoval-Villalbaz, "¿Por qué se está perdiendo la batalla contra el calentamiento global?", *Prensa Ibero*, 22 de enero de 2018. <http://iberomx.mx/prensa/ciencia-por-que-se-esta-perdiendo-la-batalla-contra-el-calentamiento-global>.



# Entusiasmo, posibilidad de desarrollo de vida en luna de Saturno\*

*Datos obtenidos por la sonda Cassini revelan la presencia de compuestos orgánicos complejos en Encélado*

222

En abril de 2017 se identificaron diversos procesos fisicoquímicos que apuntan a la posibilidad de desarrollo de vida bacteriana bajo las capas de hielo que cubren la superficie de Encélado, la sexta luna de Saturno<sup>1</sup>.

Desde entonces, los análisis de los datos obtenidos por la sonda Cassini se han multiplicado, dándose un paso decisivo en la ruta hacia la comprensión del desarrollo de la vida en nuestro sistema solar. En la estructura de los géiseres que comunican al mar de Encélado con el espacio exterior se han hallado compuestos orgánicos complejos. De acuerdo con la información publicada en la revista *Nature* sobre este hallazgo, esta luna de Saturno cumple con las condiciones críticas requeridas para el desarrollo de vida<sup>2</sup>.

Bastará una sola misión a Encélado, con características de navegación espacial idénticas a las de la sonda Cassini, pero equipada con instrumentos espectroscópicos de nueva generación, para averiguar de manera definitiva si actualmente existe vida bacteriana en este satélite. Además, el estudio del material orgánico presente en los gases emitidos por los géiseres permitirá establecer estrategias de colonización bacteriana en Encélado, aun en el caso de que no fuera detectada vida en la futura misión.

La enorme distancia que separa a Encélado del Sol no impide que exista un mar cálido y afín a la vida bacteriana por debajo de la superficie gélida del satélite. Las fuerzas de marea presentes entre Saturno y Encélado generan, por fricción, el calor necesario para la existencia de agua líquida y para el desarrollo de procesos hidrotermales que favorecen a la vida.

La idea de la posible existencia de bacterias alimentadas por productos de reacciones químicas en Encélado parte del hecho de que en la Tierra existe una actividad bacteriana de este tipo (esta clase de bacterias es conocida como quimiolitótrofa). En nuestro planeta existen ecosistemas que se desarrollan alrededor de respiraderos calientes presentes en aguas profundas aun en ausencia de luz solar. Estos ecosistemas utilizan el carbono fijado por los microorganismos quimiolitótrofos para su desarrollo.

La probable identificación formal de la firma de la vida en Encélado está a un sólo viaje interplanetario de distancia, el cual posiblemente tenga costos monetarios equiparables a los de la

---

\* Publicado el 6 de julio de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-entusiasmo-posibilidad-de-desarrollo-de-vida-en-luna-de-saturno>.

misión Cassini, efectuada entre los años 1997 y 2017 (alrededor de 3,200 millones de dólares). La sonda Cassini tardó aproximadamente seis años y nueve meses para llegar a Saturno, a partir de su lanzamiento efectuado el 15 de octubre de 1997.

Si bien aún no existe una formalización de la misión espacial *Enceladus Life Finder* (Buscador de Vida en Encélado), es esperable que la efervescencia generada por el descubrimiento de compuestos orgánicos complejos en el satélite catalice el desarrollo de la iniciativa en el corto plazo<sup>3</sup>. Entre tanto, la humanidad deberá considerar seriamente cómo asimilar una probable revolución copernicana de corte biológico.

Más que nunca en la historia universal se tienen evidencias empíricas que sugieren que las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida no son patrimonio exclusivo de la Tierra.

### Referencias

1. J. Hunter Waite *et al.*, "Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: Evidence for hydrothermal processes", *Science*, 356, 155-159, 2017; A. Sandoval-Villalbaz, "Identifican procesos compatibles con actividad bacteriana en luna de Saturno", *Prensa Ibero*, 18 de abril de 2017. <http://ibero.mx/prensa/analisis-identifican-procesos-de-actividad-bacteriana-en-luna-de-saturno>.
2. F. Postberg *et al.*, "Macromolecular organic compounds from the depths of Enceladus", *Nature*, 558, 564-568, 2018. <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0246-4>.
3. El contenido de la misión Enceladus Life Finder (ELF) se encuentra descrito en [https://www.lpi.usra.edu/opag/feb2015/presentations/18\\_OPAG\\_2015\\_Lunine.pdf](https://www.lpi.usra.edu/opag/feb2015/presentations/18_OPAG_2015_Lunine.pdf).



## Destacan hallazgo de agua líquida en abundancia en polo marciano\*

224

*El hallazgo abre nuevas perspectivas para la búsqueda de vida en el sistema solar*

En el libro clásico de ciencia ficción *2001: una odisea espacial*, una misión de reconocimiento identifica un punto singular en la superficie lunar en el cual eventualmente se realiza una excavación. Como resultado, se hace posible un hallazgo que cambia el derrotero de la especie humana.

El año 2018 marca en la vida real la confirmación de la primera fase de un descubrimiento que presenta semejanzas al imaginado por Arthur C. Clarke en 1968. En este caso, ha sido la sonda Mars Express la que, por medio de radar, ha permitido lograr un descubrimiento histórico. Hoy se sabe con certeza científica que existe agua líquida en abundancia en el polo sur de Marte<sup>1</sup>.

A una profundidad aproximada de 1,500 metros debajo del casquete polar marciano, las temperaturas son cercanas a los 70 °C bajo cero<sup>2</sup>. A pesar de ello, el hielo derretido de los polos puede dar lugar a agua líquida estable debido a la presencia de sales en el subsuelo del planeta rojo.

Un sencillo experimento casero permite ilustrar este hecho. Imaginemos dos caballitos tequileros que se llenan con agua, pero en uno de ellos se coloca sal casera a la mitad de su capacidad. El resultado obtenido al introducir a ambos en un congelador ordinario durante 25 minutos es interesante. El agua en el caballito sin sal se encuentra completamente congelada, mientras que el caballito salado posee sólo una delgada capa de hielo superficial y una importante cantidad de agua líquida debajo de ella.

Marte no es el único objeto celeste fuera de la Tierra que posee agua líquida en el sistema solar. Debajo del hielo del polo sur de Encélado, la cuarta luna de Saturno, se encuentra un mar cálido que posee una temperatura aproximada de 90 °C.

El vapor emitido a través de las rayas de tigre de Encélado fue analizado por la sonda Cassini. Dichos análisis han revelado la presencia de moléculas orgánicas complejas compatibles con la existencia de actividad bacteriana<sup>3</sup>. Adicionalmente, Europa, el sexto satélite de Júpiter, posee un enorme océano del orden de 100 kilómetros de profundidad debajo de una muy agrietada superficie gélida que será objeto de exploraciones espaciales en las próximas décadas.

---

\* Publicado el 6 de agosto de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-destacan-hallazgo-de-agua-liquida-en-abundancia-en-polo-marciano>.



La región superficial identificada por *Mars Express* tiene una longitud aproximada de 20 kilómetros. Para llegar a la parte líquida se requiere una perforación en hielo de más de 1,500 metros, el espesor de la región líquida es del orden de un metro. No existe una razón física que impida la existencia de más agua líquida en Marte, y posiblemente más accesible. Es muy probable que se desarrollen más misiones de estudio semejantes a *Mars Express* antes de que se tome la decisión de perforar el hielo del planeta rojo para examinar el agua líquida existente en él.

Es importante recordar que en la Tierra ya han sido identificadas formas de vida bacteriana de tipo extremófilo (capaces de desarrollarse en ambientes extremos). Algunas de estas bacterias son la base de ecosistemas existentes en ambientes muy fríos y salinos ubicados debajo de los casquetes polares terrestres.

El desarrollo de la vida extremófila no requiere de la luz solar ni de temperaturas templadas, aunque sí requiere de agua líquida. El descubrimiento de *Mars Express* ha abierto nuevos escenarios en la búsqueda de vida en el sistema solar, sugiriendo alternativas para que a largo plazo sea posible el desarrollo de la vida humana más allá de nuestro planeta.



Figura 1: Experimento casero muestra que el agua salada tarda más en congelarse que el agua dulce. Este fenómeno ocurre unos cuantos metros por debajo de la superficie del polo sur de Marte

#### Referencias

1. R. Orosei *et al.*, "Radar evidence of subglacial liquid water on Mars ", *Science Magazine* 25 de julio de 2018. <http://science.sciencemag.org/content/early/2018/07/24/science.aar7268>.
2. Anja Diez, "Liquid water on Mars", *Science Magazine*, 25 de julio de 2018. <http://science.sciencemag.org/content/361/6401/448?>
3. A. Sandoval-Villalbaz, "Entusiasmo, posibilidad de desarrollo de vida en luna de Saturno", *Prensa Ibero*, 6 de julio de 2018. <http://ibero.mx/prensa/ciencia-entusiasmo-posibilidad-de-desarrollo-de-vida-en-luna-de-saturno>.

## Misión de la NASA se aproxima a asteroide potencialmente destructivo\*

*La nave OSIRIS-REx determinará propiedades físicas de Bennu, lo cual permitirá precisar su peligrosidad y establecer estrategias de defensa en caso necesario*

226

Hace 66 millones de años, un meteoro impactó sobre la superficie de la Tierra, liberando una energía equivalente a diez mil millones de bombas atómicas como la que devastó Hiroshima al término de la Segunda Guerra Mundial. Como consecuencia de esa colisión se generó una extinción masiva de especies que incluyó a los dinosaurios, que en esa época dominaban la superficie del planeta.

En la actualidad, únicamente la especie humana posee la capacidad de reflexionar sobre este hecho y de desarrollar conocimiento y tecnología para superar un nuevo evento de esta naturaleza.

Un meteoro (asteroide o cometa) se considera potencialmente peligroso para la Tierra si su máximo acercamiento es menor o igual a 0.05 unidades astronómicas (UA)<sup>1</sup>. Una UA corresponde a la distancia entre la Tierra y el Sol y equivale a 150 millones de kilómetros.

En septiembre de 2135, el asteroide Bennu se ubicará a una distancia de entre 0.0007 y 0.002 UA de nuestro planeta. Si se toma en cuenta que la separación Tierra-Luna es de 0.025 UA, resulta que este asteroide podría acercarse a menos de la tercera parte de la distancia que nos separa de nuestro satélite natural (ver Figura 1). Si bien no existirá una colisión Bennu-Tierra en 2135, existe el riesgo de que la órbita del asteroide se modifique de forma tal que en algún acercamiento posterior se produzca un impacto<sup>2</sup>.

Los efectos destructivos de un encuentro con Bennu serían significativamente menores que los causados por el meteoro que exterminó a los dinosaurios, pero los daños derivados de un hipotético choque Bennu-Tierra tampoco serían ignorables. Por su masa y velocidad, Bennu impactaría a la Tierra liberando aproximadamente 1,200 megatonnes de energía, lo cual equivale a 75 mil bombas atómicas de Hiroshima. Evidentemente este suceso causaría enormes pérdidas humanas y materiales, aunque no exterminaría la totalidad de la vida en el planeta.

Por iniciativa de la NASA, y con un costo aproximado de 800 millones de dólares, OSIRIS-REx inició su viaje en septiembre de 2016 y ya se encuentra en las cercanías de Bennu. En diciembre de 2018 comenzará a orbitar alrededor de este asteroide para realizar estudios detallados referentes a la geografía y composición del mismo. La nave debe regresar a la Tierra en 2023 con una muestra tomada de la superficie de este objeto astronómico.

---

\* Publicado el 27 de agosto de 2018. <http://iberomx.com/prensa/mision-de-la-nasa-se-aproxima-asteroide-potencialmente-destructivo>.

Una de las labores más importantes de esta misión espacial consiste en determinar si el llamado efecto Yarkovsky alterará la ruta del asteroide de forma riesgosa para la Tierra. Este efecto corresponde a un empuje sobre el meteoro debido a enfriamientos y calentamientos asimétricos del asteroide causados por la radiación solar<sup>3</sup>. La medición precisa de este fenómeno no puede realizarse desde la Tierra, pero *OSIRIS-REx* obtendrá la información deseada al orbitar alrededor del meteoro a tan sólo 700 metros de distancia de éste.

A pesar de que existe un extenso catálogo de asteroides y cometas que sugiere que no existen riesgos a corto plazo de colisiones tipo Armagedón para la Tierra, debe considerarse la posibilidad de que algún objeto pudiera ingresar de manera sorpresiva en el sistema solar por el plano vertical a las órbitas planetarias. Tal fue el caso de A/2017 U1, posteriormente conocido como *OUMUAMUA*, detectado por el sistema de respuesta rápida Pan-Starrs el 19 de octubre de 2017<sup>3</sup>. Si esta bala pérdida su hubiera dirigido hacia la Tierra, el margen de maniobra para alertar y organizar a las poblaciones afectadas hubiera sido del orden de una semana (ver Figura 2).

Hace 66 millones de años no existía en la Tierra especie alguna con la inteligencia suficientemente desarrollada para mirar al cielo y oponerse con éxito a la extinción de especies por causa del impacto de meteoros provenientes del espacio exterior. Parte de la prevalencia de la especie humana en el planeta se debe al uso de este tipo de inteligencia, la cual irónicamente también ha puesto en riesgo la viabilidad de la civilización. La misión de *OSIRIS-REx* hacia Bennu permite revalorar el papel del ser humano en la Tierra y su responsabilidad para preservar y enriquecer la vida en ella.

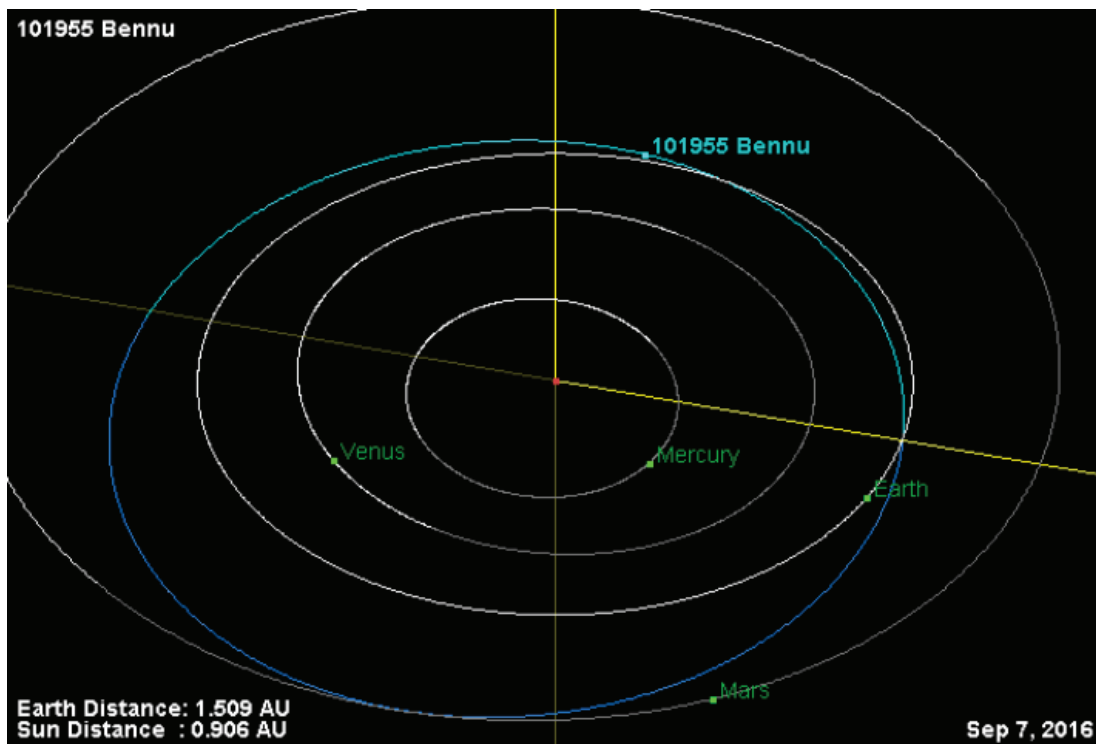
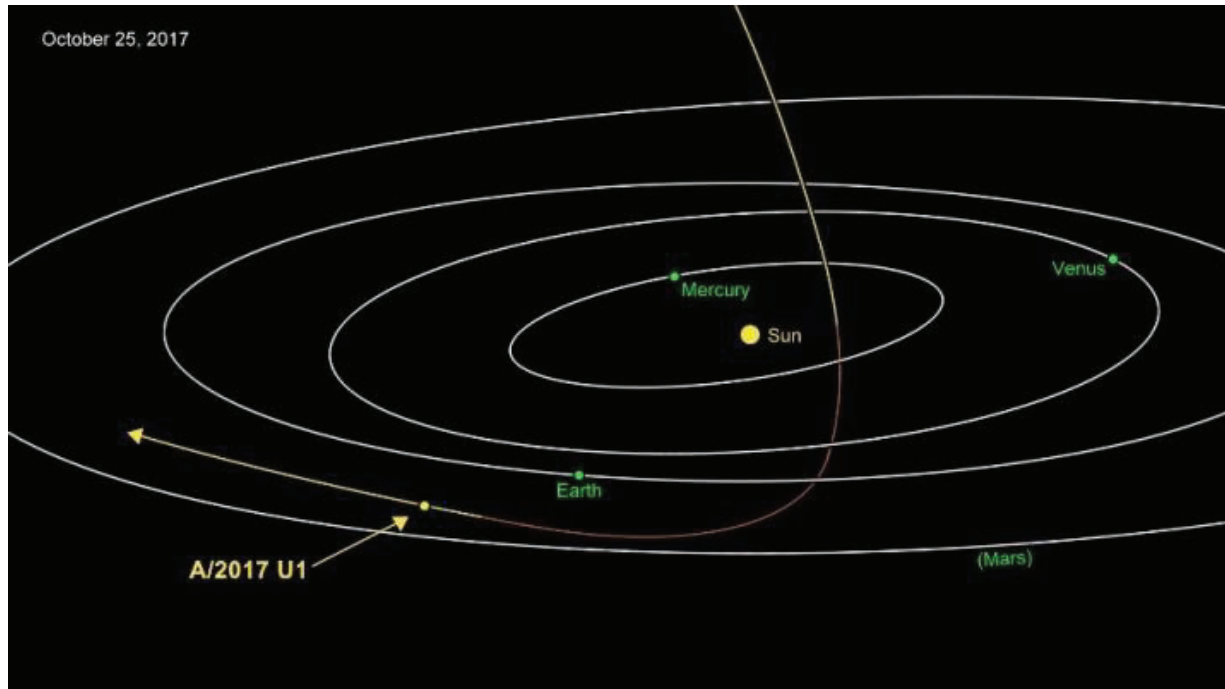


Figura 1: Trayectoria del asteroide



Trayectoria del objeto extrasolar Oumuamua (2017)

### Referencias

1. NASA Asteroid Fast Facts. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/asteroids/overview/fastfacts.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/overview/fastfacts.html).
2. "¿Por qué a Bennu se le conoce como el asteroide de la muerte?", *BBC Mundo, Redacción*, 1 de agosto de 2016. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-36941679>.
3. A. Sandoval Villalbaz, "Asteroide Bennu: ¿El Armagedón de la Tierra del siglo XXII?", *Prensa Ibero*, 14 de septiembre de 2016. <http://www.iberomx.com/prensa/asteroide-bennu-el-armagedon-de-la-tierra-del-siglo-xxii>. A. Sandoval Villalbaz, "A/2017 U1, la bala perdida que pasó cerca de la Tierra", *Prensa Ibero*, 1 de noviembre de 2017. <http://www.iberomx.com/prensa/asteroide-bennu-el-armagedon-de-la-tierra-del-siglo-xxii>.



