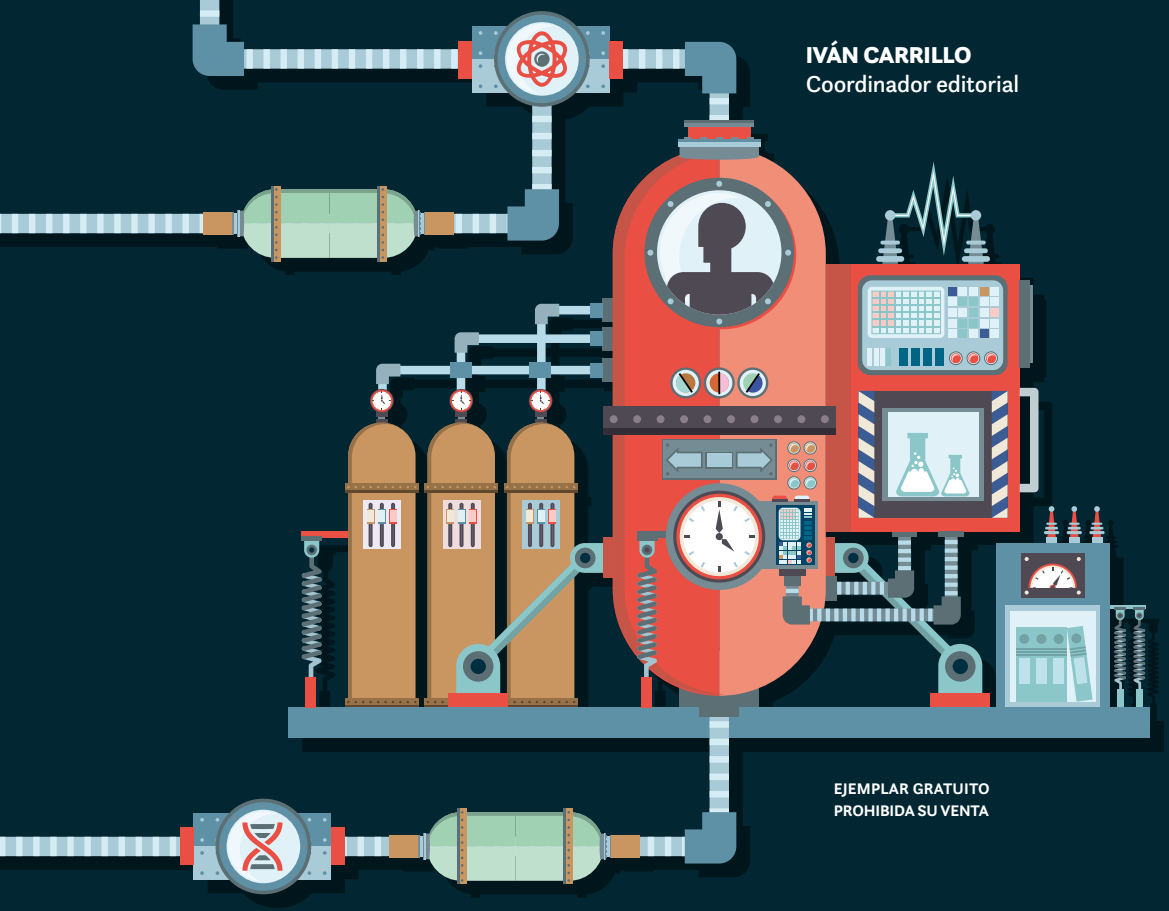
Presente, pasado y futuro de la CIENCIA

(vista por el periodismo)

IVÁN CARRILLO
Coordinador editorial



EJEMPLAR GRATUITO
PROHIBIDA SU VENTA

CONACYT
FORDECyT

CCyTEM
CONSEJO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA DEL
ESTADO DE MORELOS

Presente, pasado y futuro de la CIENCIA

(vista por el periodismo)

CCyTEM
CONSEJO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA DEL
ESTADO DE MORELOS

MORELOS
2018 - 2024

CONACYT
FORDECyT

Tangible
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DIRECTORIO

Cuauhtémoc Blanco Bravo
Gobernador Constitucional del Estado
de Morelos

Ana Cecilia Rodríguez González
Secretaria de Desarrollo Económico
y del Trabajo

José Francisco Pulido Macías
Director General del Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado de Morelos

EDITORIAL

José Francisco Pulido Macías
Director General del Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado de Morelos (CCyTEM)
Jose.pulido@morelos.gob.mx

Iván Manuel Carrillo Pérez
Coordinación editorial

José Blenda Ahumada
Dirección de arte y diseño

Raquel Villanueva Juárez
Corrección de estilo

Luis Miguel Cruz Ceballos
Infografías y diagramas

LEGALES

D.R. © CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE MORELOS (CCYTEM)
Calle la Ronda #13, Colonia Acapantzingo,
C.P. 62440, Cuernavaca, Morelos, México.

© Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos
Presente, pasado y futuro de la ciencia (vista por el periodismo)
Primera edición, noviembre 2019.

Derechos reservados conforme a la Ley
ISBN: En trámite

Consta de un tiraje de 2000 ejemplares.

Se permite la reproducción total o parcial por cualquier sistema o método, incluyendo electrónicos o magnéticos, de los contenidos e imágenes, siempre y cuando contenga la cita explícita (fuente) y se notifique a la editora.

Imprenta por: IMPRENTA ZODIACO, Calle Tauro No. 904, Col. Zodiaco, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62380. Este número se terminó de imprimir el 30 de noviembre de 2019, con un tiraje de 2,000 ejemplares.

Impreso Hecho en México

La publicación “Presente, pasado y futuro de la ciencia (vista por el periodismo)”, es una publicación de material de divulgación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos, organismo descentralizado del poder ejecutivo del Estado de Morelos, en el marco del convenio de asignación de recursos del proyecto estratégico “Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación”, (FORDECyT); para el desarrollo del proyecto “Estrategia Nacional para Fomentar y Fortalecer la Comunicación Pública de las Humanidades, Ciencias y Tecnologías en las Entidades Federativas: Morelos 2019.

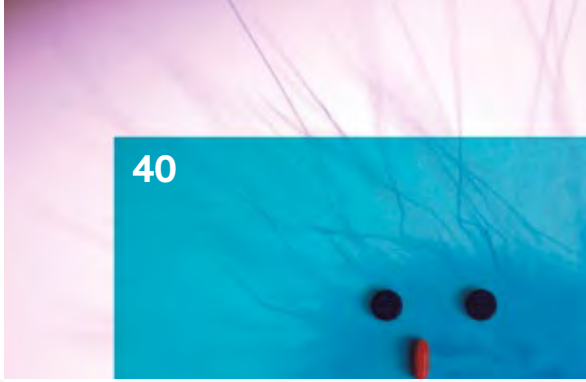
PRESENTACIÓN

Vivimos en la era del conocimiento y la información. Las tecnologías digitales han servido como un gran organizador y divulgador de un corpus de conocimiento científico y tecnológico desarrollado sistemática, pero especialmente, durante los últimos siglos. En este contexto, el papel de la comunicación, la difusión y la divulgación han sido fundamentales para que las sociedades conozcan, hagan suyo y realicen un uso más amplio, profundo y eficaz de los resultados de la investigación científica. La divulgación de la ciencia y el periodismo especializado en esta actividad son dos grandes herramientas que permiten tender puentes entre diversos sectores sociales —gobierno, academia, empresarios, organizaciones ciudadanas— y crear dinámicas productivas que redunden en una sociedad con bases más democráticas y con mayores elementos para ejercer el derecho a decidir responsable y sustentablemente sobre el presente y el futuro.

El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos ha establecido como uno de sus puntos más relevantes de la misión promover la cultura científica y la apropiación del conocimiento para impulsar el bienestar social y la equidad tan urgentes en nuestro país. Con la presente edición avanzamos en ese sentido al ofrecer una antología de textos que -de manera importante y lúcida- reflejan desde el periodismo y la divulgación una realidad del presente, pasado y futuro de la investigación científica y el impacto que ha tenido, tiene o puede llegar a tener en nuestras vidas.

Como titular del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos me enorgullece presentar esta obra para que los lectores de Morelos y de todo México conozcan otros horizontes y, deseablemente, encuentren en ella un punto de partida de sus aspiraciones como futuros investigadores, científicos, desarrolladores de tecnología, comunicadores de la ciencia o emprendedores que con sus ideas transformen la realidad de una manera positiva, equitativa y beneficiosa para el conjunto de la sociedad mexicana.

José Francisco Pulido Macías
Director General
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos



03 **Presentación**

06 **Introducción**

Presente

10 **Antropoceno. La época en que transformamos para siempre el planeta**
Federico Kukso

18 **Los invisibles hilos que unen la Antártida con los trópicos**
Angela Posada - Swafford

24 **Cuando dejas de ver, empiezas a ver**
Mall Caro. U. Becerro

26 **El resonante fraude de la tecnología de resonancia cuántica**
Luis Javier Plata Rosas

Pasado

50 **El experimento más largo de la historia**
Gerardo Herrera Corral

52 **¿Física elemental? Las calificaciones del joven Einstein**
Valeria Román

56 **Viaje al inframundo prehispánico**
Iván Carrillo

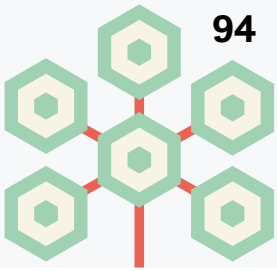
62 **La enigmática sonrisa de la Gioconda**
Luis Javier Plata Rosas

Futuro

86 **Hidrógeno metálico. El material del futuro**
Gerardo Herrera Corral

88 **El próximo terremoto: ¿Somos vulnerables?**
Iván Carrillo

94 **El "Google maps" de nuestro cuerpo**
Federico Kukso

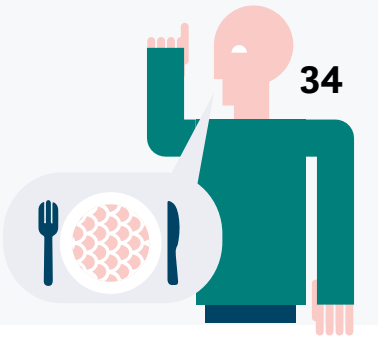


34 **¿Has comido tiburón?**
Susan Irais

36 **¿El gato o la vida?**
Tigram Contreras

40 **El tsunami silencioso**
Enrique Anzures

44 **Cultivos espaciales**
Berenice González Durand

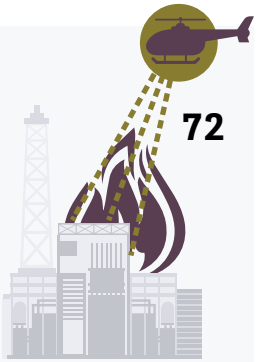


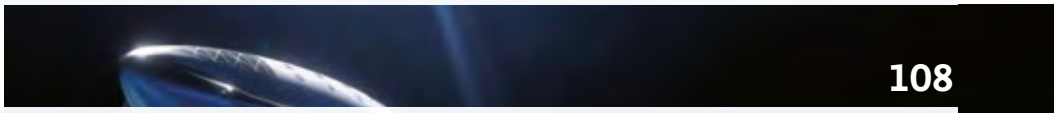
66 **Homo Luzonensis: Bienvenido a la familia humana**
Carmina de la Luz

72 **Chernobyl, paraíso natural radioactivo**
Berenice González Durand

78 **Pioneros No humanos. El espacio visto por los perros**
Ana Cristina Olvera

82 **Cuando el humano creó el mundo**
Plinio Sosa





102 **Robots con sangre, piel y músculos**
Berenice González Durand

108 **2069: Así celebrarán los 100 años de la conquista lunar**
Federico Kukso

116 **El infinito número de infinitos dentro de una nuez**
Javier Elizondo Huerta

Periodismo y divulgación en la era del conocimiento

Si súbitamente desapareciera todo aquello cuya manufactura, proceso, producción o resultado implica la investigación científica y la tecnología, nos encontraríamos de pronto desnudos, sin techo donde refugiarnos ni alimentos para comer. Imaginemos, además, que todo el saber humano es borrado de nuestras memorias y archivos. Sin transportes, ni medios de producción y medicamentos comenzaríamos a caer enfermos como moscas, hambrientos y desesperados. Los sobrevivientes se refugiarían en las fuentes de vida naturales como los bosques, las riberas de los ríos o los lagos. Se formarían hordas para protegerse e iniciarían guerras por los escasos recursos. Se tendría que volver a aprender a hacer fuego, cazar y curtir la piel de los animales para vestirnos y alimentarnos, a distinguir en el entorno los nutrientes de los venenos y se voltearía al cielo para pedir ayuda y respuestas sobre nuestra presencia en este mundo.

La adversidad —y nuestro bien entrenado cerebro— nos llevaría posiblemente por el mismo camino que hemos recorrido durante miles de años. Desarrollaríamos el lenguaje, las herramientas y las armas y acudiríamos a nuestro entorno natural en busca de sustancias que aliviaran las enfermedades cuando nos percatáramos que los rituales no bastan para salvar vidas. El conocimiento y el resultado de la innovación se acumularían como lo hacen los sedimentos marinos para mover la rueda de la evolución cultural. Aprenderíamos, otra vez, a proyectar nuestros anhelos hacia el futuro con la creación de modelos predictivos, conceptos y utensilios.

El conocimiento ha sido una estrategia de supervivencia del ser humano. Nuestro cableado neurológico fundado en la necesidad nos ha permitido encarar de manera efectiva eso que llamamos realidad y nos ha llevado a convertirnos en la especie dominante del planeta Tierra, aunque todavía estamos lejos siquiera de igualar el tiempo de dominio y permanencia de otras especies como los dinosaurios.

En esta aventura milenaria, el pensamiento científico es una coronación de la búsqueda de la verdad frente a la irracionalidad y las supersticiones. Se trata de una actividad humana y, por lo tanto, falible. Pero su mecanismo de pensamiento escéptico y contraintuitivo, y su metodología de experimentación y comprobación ha sido, como demuestra escrupulosamente Steven Pinker en su obra *En defensa de la Ilustración*, el camino más efectivo para mejorar la calidad de vida humana y lograr sociedades más armoniosas y justas. Es, también, la mejor herramienta para encarar la pobreza, la seguridad alimentaria, el cambio climático y la degradación de la naturaleza, entre otras afrontas.

LA PINZA DE LA COMUNICACIÓN

Para que esta herramienta sea utilizada de manera adecuada no le basta con existir, requiere formar parte del bagaje cultural de la humanidad. Es lo que el fisiólogo molecular Marcelino Cereijido ha llamado la construcción de una cultura acorde a la ciencia y la tecnología.

En este sentido, el periodismo y la divulgación de la ciencia forman la pinza de la comunicación que las sociedades del siglo XXI —inmersas hasta el cuello en los productos de la ciencia y la tecnología— requieren para abastecerse de datos, conceptos e información en una era donde la calidad y la cantidad informativa propiciada por la digitalización no está garantizada sin la presencia de agentes (periodistas y divulgadores) y medios especializados que sean capaces de seleccionar, editar, corroborar, vigilar, denunciar y difundir de manera efectiva, creativa y rigurosa los resultados de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

Por un lado, la divulgación de la ciencia, como su enunciado indica (del latín *divulgatio*: propagar o expandir algo entre el vulgo) tiene como fin explicar y difundir el conocimiento de la actividad científica a un nivel comprensible para que el público en general o ciertos sectores específicos

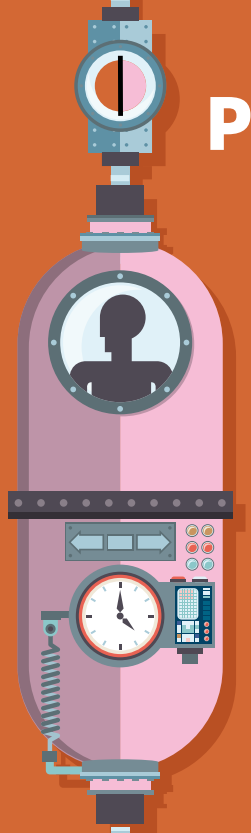
asimilen de mejor manera los métodos, mecanismos, resultados e implicaciones de la investigación. Con una vocación eminentemente educativa, esta especialidad es el motor para que las sociedades se apropien, exigan, pongan en práctica y reciban los beneficios de la ciencia que muchas veces es financiada con recursos públicos. Es decir, que nos pertenecen a todos.

Por otro lado, el periodismo especializado en ciencia informa a la sociedad a la que sirve. Informar implica dar a conocer un suceso de forma rápida y eficaz -según definición de Alberto Dallal- a través de los géneros que determinan la actividad periodística: desde la nota informativa y el artículo de opinión, pasando por la crónica, la entrevista y el reportaje. Además, una labor importante del periodismo de ciencia consiste en indagar las implicaciones científicas que suceden en el acontecer noticioso para ofrecer perspectivas nutridas que faciliten la comprensión y análisis de los sucesos. En su práctica ideal, el periodismo de ciencia otorga elementos para la conversación social, motiva el debate, esclarece y aporta perspectivas y contribuye con información de calidad a nutrir la opinión general y motivar la planeación y promulgación de las políticas públicas a partir de información rigurosa y pertinente.

Presente, pasado y futuro de la ciencia (vista desde el periodismo) compila textos tanto del sitio *Tangible* de *El Universal* utilizados durante el taller de Periodismo y Divulgación de Ciencia impartido en la sede del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos (CCyTEM) y con el apoyo del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT), así como trabajos de los participantes del mismo taller. Esta selección se presenta como una pequeña ventana del gran universo de la búsqueda del conocimiento humano. Espero que los morelenses y los mexicanos encuentren en ellos fascinación e inspiración para adentrarse aun más en él.

Iván Carrillo
Editor

Presente



A N T R

La época en que transformamos para siempre el planeta.

POR FEDERICO KUKSO

El concepto tiene muchas implicaciones y resistencias en la comunidad científica, pero su uso se extiende cada vez más para nombrar la alteración implacable del planeta Tierra por parte de la humanidad.

O P O
C E N O

Muy pocos recuerdan su nombre pero seguro alguna vez usamos su creación. Era 1952, la Guerra Fría comenzaba y era imperioso mapear los distintos actores de la contienda. Alfred Sauvy fue uno de los que se atrevió a hacerlo.

Llamado el "Balzac de la economía" por su obra prolífica, el erudito francés que detestaba los automóviles pero defendía la industrialización dividió a las naciones en categorías. Y en un artículo de 1952 titulado "Tres mundos, un planeta", acuñó el penoso término "Tercer Mundo" para referirse a los países de África, Oriente Medio, Asia y América Latina que no estaban activamente alineados con los protagonistas del conflicto: el "Primer Mundo" (Estados Unidos y sus aliados capitalistas en Europa Occidental, Japón y Australia) y el "Segundo Mundo" (la Unión Soviética comunista y sus satélites de Europa del Este).

Con el tiempo, el Muro de Berlín cayó y estas referencias ingresaron en el olvido. Sin embargo, la infame expresión inventada por Sauvy se las ingenió para sobrevivir desde la negatividad: empezó a ser asociada con el nivel de desarrollo de una nación y desde entonces se usa de manera peyorativa. La denominación "países tercermundistas" perpetúa la idea de que existen países de primera y países de tercera categorías. Las palabras importan en la política, en la economía, en la historia, en las ciencias, en la vida cotidiana. Son tan cruciales que desde hace casi 20 años un debate sacude a la comunidad científica. Impulsada por la ansiedad flotante sobre el cambio climático y las transformaciones a escala planetaria de los últimos 150 años, una pregunta genera fricciones, alianzas, enemistades: "¿En qué era vivimos?".

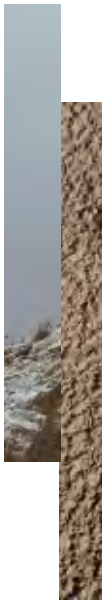
UN TIEMPO TURBULENTO

Así como fraccionamos nuestros días en horas, minutos y segundos, dividimos el tiempo geológico en "períodos", que duran decenas de millones de años; "eras", que abarcan varios períodos; y finalmente, las divisiones de tiempo más grandes, los "eones". En la biografía de nuestro planeta, que se extiende 4530 millones de años, hasta ahora solo ha habido cuatro: Eón Hádico o Hadeano -los primeros 500 millones de años cuando el planeta era un infierno puro de fuego y azufre-; el eón Arcaico -marcado por el comienzo y origen de la vida-; eón Proterozoico -cuando el oxígeno de la fotosíntesis comenzó a acumularse en la atmósfera, generando el Gran Evento de Oxigenación-; y el eón Fanerozoico, desde hace 541 millones de años hasta el presente, caracterizado por una abundante vida animal y vegetal.

Nadie pensó seriamente en redefinir el tiempo en el que vivimos hasta febrero del año 2000 cuando el científico atmosférico Paul Crutzen se hartó. En una conferencia en Cuernavaca, México, mientras se discutía sobre la intensidad del impacto humano en el planeta, este ganador del Premio Nobel interrumpió a un colega y exclamó:

"Deja de usar la palabra Holoceno. Ya no estamos en el Holoceno. ¡Ahora estamos en el Antropoceno!"

En su libro de 2014 *El Antropoceno*, Christian Schwägerl describe cómo la sala quedó en silencio y después la palabra -acuñada por el ecologista Eugene Stoermer en la década de 1980- se ubicó en el



Página anterior: Buzz Andersen, Pawel Nolbert / UNSPLASH

TWENTY20, Roberto Miata / UNSPLASH

El término *Antropoceno* define las repercusiones humanas en el clima y la biodiversidad. ¿Se puede usar este vocablo para definir una nueva época geológica?

centro de la conversación. En un artículo publicado en *Nature,* el investigador amplió: "Durante los últimos tres siglos, los efectos de los humanos en el medio ambiente mundial se han intensificado. Debido a estas emisiones antropogénicas de dióxido de carbono, el clima global puede apartarse significativamente del comportamiento natural durante muchos milenios por venir. Parece apropiado asignar el término *Antropoceno* al presente, una época geológica dominada por los humanos que suplanta al Holoceno, el período cálido de los últimos 10-12 milenios". A partir de entonces, el término se extendió fuera de la comunidad científica.

TIEMPOS IMPREDECIBLES

En verdad, la idea no era completamente nueva. En 1864, el ecologista estadounidense George Perkins Marsh ya había detallado el poder transformador de los seres humanos en la morfología de la superficie terrestre. En 1873, el geólogo italiano Antonio Stoppani usó la palabra "antropozoico" para hablar sobre la era moderna dominada por la humanidad, "una nueva fuerza telúrica comparada en poder y universalidad con las mayores fuerzas de la tierra".

En 1913, el geoquímico ruso Vladimir Vernadsky subrayó el papel de los seres humanos como una "fuerza geológica significativa" y usó el término noósfera -"mundo de pensamiento"- para marcar el crecimiento del papel del poder cerebral humano en la configuración de su propio futuro y entorno. Pero fue Paul

Crutzen, que ganó el Nobel por ayudar a identificar la amenaza que representaban ciertos químicos sintéticos para la capa de ozono del planeta, quien logró mover el avispero e instalar su propuesta aún en discusión.

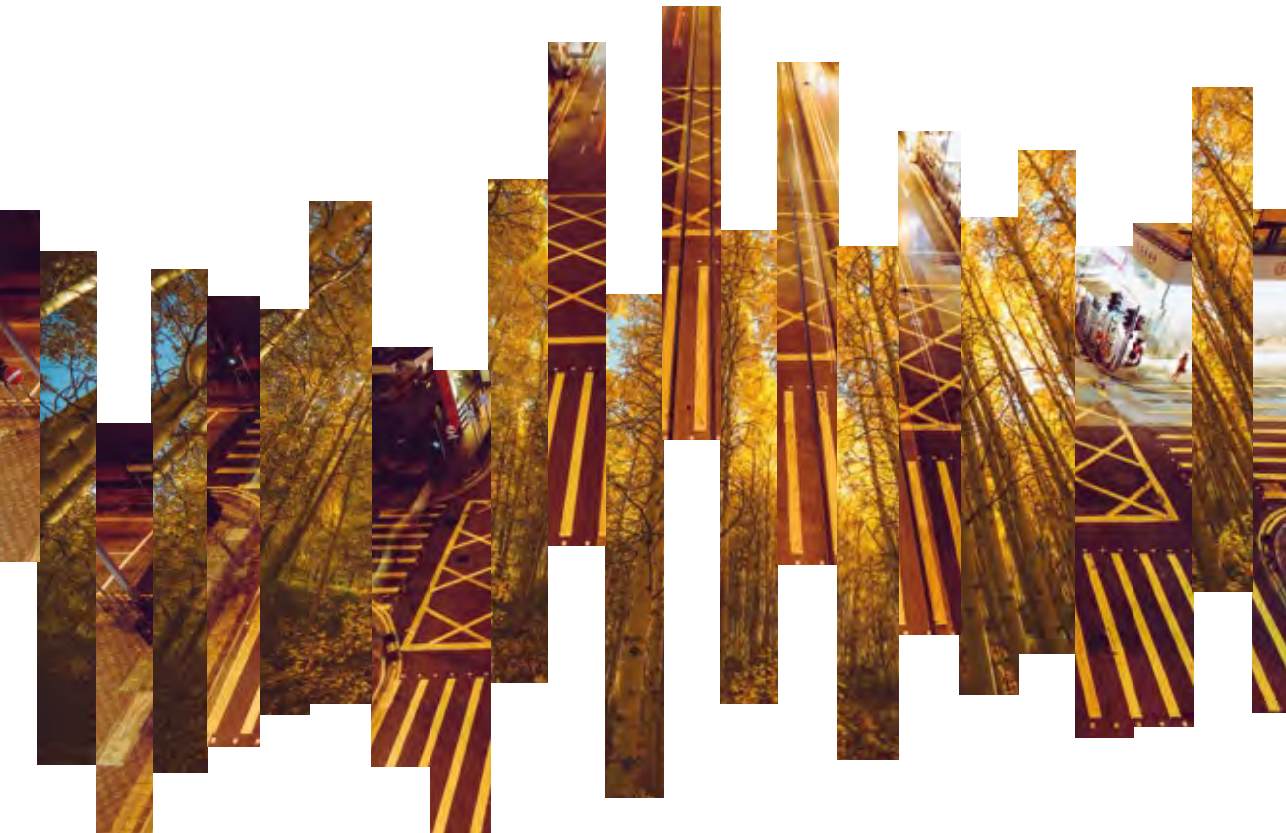
EL FIN DE LA INOCENCIA

Durante los últimos 11.700 años hemos estado viviendo en el Holoceno, del griego "totalmente nuevo". Fue el paleontólogo francés Paul Gervais quien en 1867 lo bautizó de esta manera, si bien se formalizó en el Tercer Congreso Geológico Internacional en Bolonia en 1885 y tuvieron que pasar 84 años para que la Comisión Internacional de Estratigrafía -el órgano de gobierno que nombra formalmente las eras geológicas- aprobara el término en 1969.

Se dice que es un período interglacial, marcado por temperaturas más altas y por la elevación del nivel del mar, en el que pasamos de casi un millón de seres humanos a los actuales 7.500 millones.

Pero, según detalló Crutzen, en el siglo XVIII algo ocurrió: para la misma fecha en la que hizo su debut la máquina de vapor de James Watt, las concentraciones de dióxido de carbono y metano comenzaron a ascender notoriamente.

No hay lugar ni cosa viviente que no hayamos alterado. La población de ganado productor de metano ha aumentado a 1.400 millones. Alrededor del 50 por ciento de la superficie terrestre del planeta es explotada por humanos. Las selvas tropicales desaparecen a un ritmo acelerado. Según las estimaciones más conservadoras, la tasa de extinción actual es cien veces mayor que la existente antes de que el *Homo sapiens* apareciera en el planeta.



Por primera vez desde que la vida existe sobre la Tierra, la humanidad es la primera especie que se ha transformado en una fuerza geológica global, como los volcanes y las placas tectónicas.

El registro de nuestra presencia podría estar escrito en sedimentos mezclados con productos químicos y plásticos desconocidos previamente y no depositados por ríos o presas naturales. "Pensar en la nueva época -indica el astrobiólogo David Grinspoon-, nos reta a mirarnos en el espejo del tiempo profundo, medido no en siglos o incluso en milenios, sino en millones y miles de millones de años. Clasificar nuestra época como Antropoceno implica reconocer lo que le estamos haciendo a este mundo. Es el fin de nuestra inocencia". Los geógrafos Erle Ellis y Navin Ramankutty sostienen de hecho que ya no estamos alterando los ecosistemas naturales. En cambio, ahora vivimos en "sistemas humanos con ecosistemas naturales incrustados en ellos". Lo que estamos observando así son los efectos no solo de una nueva fuerza geológica, sino de un nuevo tipo: nunca antes ha habido una fuerza geológica consciente de sus propias acciones.

Florian Wehde, Andrew Preble / UNSPLASH

Historiadores y antropólogos se preguntan sobre la referencia al *anthropos*, pues define al ser humano genérico, cuando el responsable podría ser un sistema económico.

UN BAUTISMO LLENO DE VANIDAD

La idea ha generado un intenso debate dentro de la comunidad científica en los últimos años. No solo por el nombre en sí sino por su momento de inicio: ¿hace 50.000 años cuando los mamuts lanudos, rinocerontes o perezosos gigantes terrestres comenzaron a desaparecer? ¿Hace seis mil años con la tala de bosques? ¿El 16 de julio de 1945 cuando se produjo la primera explosión nuclear del dispositivo "Trinity" en Alamogordo, Nuevo México, y la ráfaga de posteriores explosiones de pruebas termonucleares dejaron una firma de radionúclidos con una vida media de 24.110 años? ¿O tal vez, durante el período posterior a la Segunda Guerra Mundial conocido como la "Gran Aceleración", cuando los países de todo el mundo se industrializaron y enormes cantidades de gases de efecto invernadero comenzaron a fluir a la atmósfera cada año?

En mayo, un panel interdisciplinario de investigadores de geología, derecho, antropología e historia votó justamente designar *Antropoceno* a esta nueva época geológica para marcar las formas profundas en que los humanos han alterado el planeta. Este

grupo planea presentar una propuesta formal en 2021 ante la Comisión Internacional de Estratigrafía.

Muchos especialistas, sin embargo, han expresado un profundo escepticismo sobre este nombre. Y en especial, sobre la autoridad de la actual generación para imponerlo. Los estratigráficos Whitney Autin de la Universidad Estatal de Nueva York y John Holbrook de la Universidad Cristiana de Texas, por ejemplo, afirman que el trabajo de clasificar esta época debería recaer en los geólogos del año 3000 o 4000. Otros críticos ven el concepto como un exabrupto de arrogancia. Se preguntan si, en el inmenso telón de fondo de la historia de la Tierra, la humanidad es realmente tan importante. En términos geológicos, toda la historia humana registrada es irrelevante.

Como destaca Peter Brannen, autor de *The Ends of the World: Volcanic Apocalypses, Lethal Oceans, and Our Quest to Understand Earth›s Past Mass Extinctions:* "Muy poco de nuestro trabajo sobrevivirá a la destrucción de los siglos. La idea del Antropoceno sirve para inflar el legado de la humanidad en un planeta en constante movimiento que destruirá rápidamente, u ocultará para siempre, incluso nuestras creaciones más increíbles".

O sea, según estos autores, la idea del Antropoceno agranda nuestra propio ego al prometer vida geológica eterna a nuestras creaciones. La evidencia muestra lo contrario: las áreas abandonadas de Nueva Orleans volvieron a ser una jungla subtropical a los siete años de la devastadora llegada del huracán Katrina. Por eso Brannen repite que más que una época los humanos constituimos en la larga historia terrestre un evento equivalente a un meteorito.

"Debemos usar las palabras con cautela. Las palabras son poderosas, mágicas, imposibles de controlar", dice la filósofa Kathleen Dean Moore.

"Antropoceno" confunde completamente el mensaje. No nombramos nuevas épocas a partir de las fuerzas destructivas que terminaron con la época anterior. El Comité Internacional de Estratigrafía no nombró el Período Terciario "Asteroide".

BATALLA DE PALABRAS

El término *Antropoceno* en sí es espinoso, además de reflotar aquella idea bastante occidental de que los humanos estamos separados de la naturaleza. "El concepto de Antropoceno tiene buena mercadotecnia", asegura el ambientalista Brad Allenby. "Pero es engañoso y corre el riesgo de hacernos sentir demasiado cómodos, ya que sugiere largos períodos de estabilidad". Antropólogos cuestionan la denominación, en especial porque *anthropos* interpela a toda la humanidad cuando sólo pequeños grupos de personas en los países industriales son los verdaderos responsables de los problemas ambientales de la modernidad.

Es decir, el término, como criticaron el ecólogo sueco Andreas Malm y el antropólogo cultural Alf Hornborg, oscurece la responsabilidad: "El proceso de cambio climático mundial refleja relaciones de poder, de intercambio y de distribución inequitativas en la sociedad mundial. Al decir que esta es la época de los humanos, estamos sugiriendo que todos los humanos son la causa. En otras palabras, que hay algo intrínsecamente malo en los humanos".

El nombre *Antropoceno* tiene una carga política. De ahí que en oposición hayan surgido conceptos alternativos. James W. Moore, profesor de historia ambiental, defiende un término completamente diferente: el "Capitaloceno" o la era geológica del capitalismo. Según esta concepción, no es debido a la máquina de vapor que hemos visto un uso sin precedentes de combustibles fósiles, sino al sistema de gobernanza y organización social.

¿EL NOVACENO?

Identificar las causas del cambio climático impulsado por el ser humano implica no solo estudiar aumentos de temperaturas, crecimiento de población, deshielos de glaciares o deforestación sino en particular comprender la forma en que históricamente el progreso tecnológico ha sido impulsado por relaciones desiguales de poder. Así el verdadero responsable de la degradación ambiental y social no sería la especie *per se* sino una pequeña élite acomodada y el poder político que impulsa la desigualdad y atenta contra la naturaleza.

Donna Haraway, profesora emérita de Historia de la Conciencia y Estudios Feministas de la Universidad de California, por su parte, propone *Chthuluceno* para hablar de la simbiosis entre humanos y no humanos en un planeta dañado. Y el centenario James Lovelock -creador de la hipótesis de Gaia y el mayor pensador ambiental de nuestro tiempo- va más allá y argumenta que el Antropoceno está llegando a su fin después de 300 años. Según este químico, una nueva era, el "Novaceno", ya ha comenzado: un tiempo en el que los robots pueden pensar 10.000 veces más rápido que nosotros, y en el que se programarán a sí mismos y sus descendientes en formas que estarán más allá de toda comprensión humana, para entonces vernos como nosotros hoy vemos a las plantas. "Debemos abandonar la idea de que el Antropoceno es un gran crimen contra la naturaleza", dice en su reciente libro *Novacene: The Coming Age of Hyperintelligence*. "La verdad es que, a pesar de estar asociado con cosas mecánicas, es una consecuencia de la vida en la Tierra. Es un producto de la evolución; es una expresión de la naturaleza".

Dada su relevancia, el sociólogo francés Bruno Latour señala que el Antropoceno es el concepto filosófico, antropológico y político más decisivo producido hasta el momento como una alternativa a las nociones mismas de "moderno" y "modernidad". Como muchos activistas saben, el cambio climático es también un campo de batalla de palabras donde se pelea la concepción del futuro. "Imagina a nuestros descendientes en el año 2200 o 2500", sugiere Paul Crutzen. "Podrían recordarnos como bárbaros que saquearon su propia casa. Vivir de acuerdo con el Antropoceno significa construir una cultura que crezca con la riqueza biológica de la Tierra en lugar de agotarla. Recuerda, en esta nueva era, la naturaleza somos nosotros".

Los invisibles hilos que unen la Antártida con los

POR ÁNGELA POSADA-SWAFFORD

trópicos

La Antártida podrá estar lejana geográficamente de la mayoría de los ciudadanos del mundo, pero en realidad está a la vuelta de la esquina, presidiendo nuestra existencia con sus poderosas corrientes de agua y aire.

Estrecho de Gerlache, Península Antártica. Un viento frío se levanta de repente y en cuestión de minutos la superficie tranquila del agua queda cubierta por trozos de hielo desprendidos de la costa y los témpanos. Sus bordes son afilados y compactos como escalpelos y rasguñan el casco de nuestro bote, recordándonos que cualquiera de ellos es capaz de perforar el caucho del Zodiac. El biólogo marino Diego Mojica se apresura a sacar del agua su fina red recolectora de zooplancton. Llevamos dos meses de expedición a bordo del buque de la Armada colombiana ARC 20 de Julio, recogiendo larvas de pequeños animales en varias latitudes durante nuestra navegación a lo largo de la costa suramericana desde el Canal de Panamá. Los investigadores quieren ver el rango de distribución de los diminutos organismos que flotan en la columna de agua, y entender cómo les está afectando el cambio climático desde los trópicos hasta los polos. Ahora, en la Antártida, la red está capturándolos a las puertas del Canal de Lemaire, uno de los puntos más alucinantes de todo el continente blanco.

Estamos rodeados de escarpadas montañas que emergen verticalmente del agua gélida.

Liam Quinn / FLICKR

Prácticamente en cualquier dirección donde uno mire hay picos agresivos de hielo y roca negra que no tienen nombre y que nadie ha hollado, sus laderas como caras de diamante anunciando la presencia de un paisaje donde un accidente mortal es una posibilidad bastante real.

Nadando contra las paredes del recipiente en la punta de la red de Mojica hay plancton de diversas especies, pero el que interesa a los investigadores esta tarde es el krill: un crustáceo de tres centímetros de largo similar a un langostino. Cautivos en su propia tormenta, hay varios de ellos en el recipiente, sus patitas transparentes batiendo el agua desesperadamente, mientras el biólogo los lleva al laboratorio del buque y los transfiere a una botella para su preservación. Flotando dentro del etano, las criaturas tienen información que sólo pueden entregar en forma póstuma.

EL PESO DE LA HUMANIDAD

Según la ciencia, la biomasa del krill equivale al peso de los seres humanos –aunque un experto en insectos podría no estar de acuerdo. El punto es que el 70 por ciento de esa biomasa está en la Península. De ahí que este sea el lugar donde las ballenas vienen a comer.

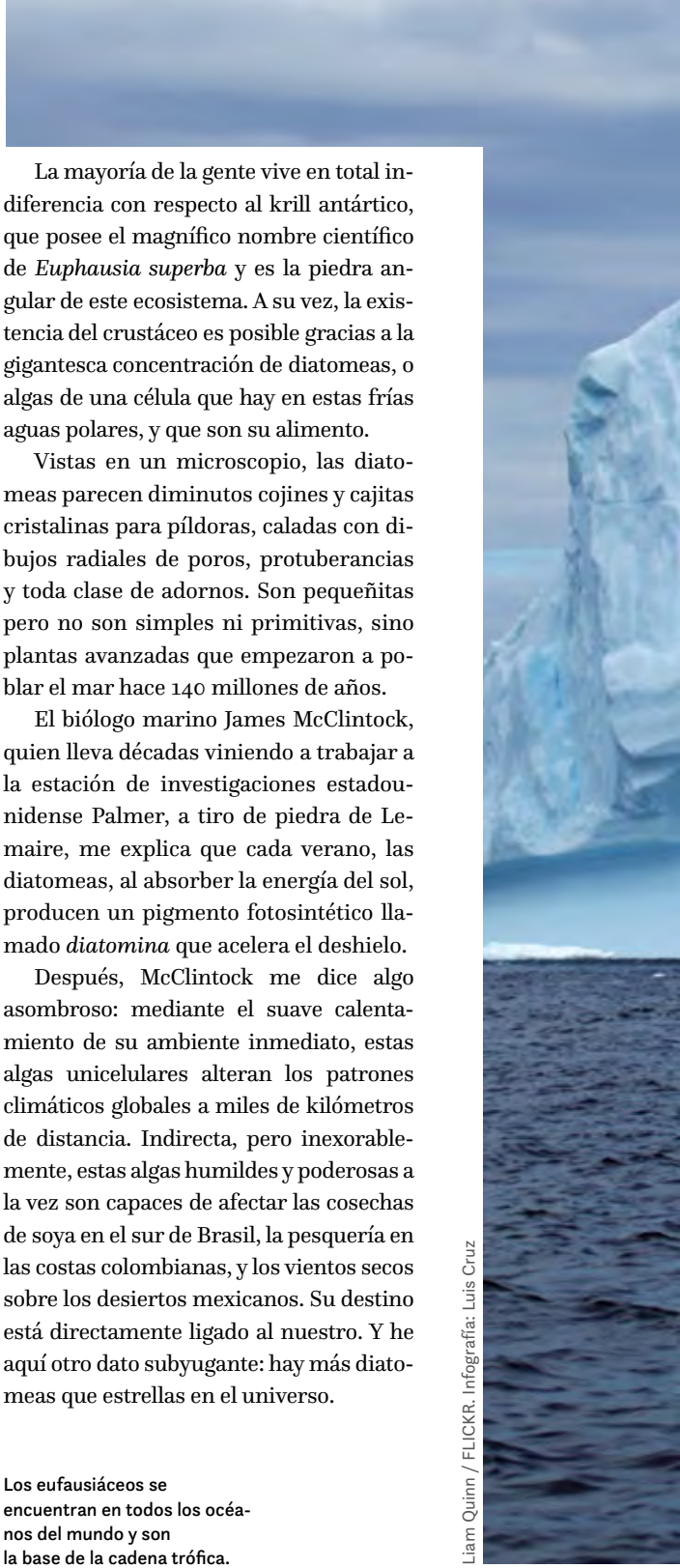
SHUTTERSTOCK

La mayoría de la gente vive en total indiferencia con respecto al krill antártico, que posee el magnífico nombre científico de *Euphausia superba* y es la piedra angular de este ecosistema. A su vez, la existencia del crustáceo es posible gracias a la gigantesca concentración de diatomeas, o algas de una célula que hay en estas frías aguas polares, y que son su alimento.

Vistas en un microscopio, las diatomeas parecen diminutos cojines y cajitas cristalinas para píldoras, caladas con dibujos radiales de poros, protuberancias y toda clase de adornos. Son pequeñitas pero no son simples ni primitivas, sino plantas avanzadas que empezaron a poblar el mar hace 140 millones de años.

El biólogo marino James McClintock, quien lleva décadas viniendo a trabajar a la estación de investigaciones estadounidense Palmer, a tiro de piedra de Lemaire, me explica que cada verano, las diatomeas, al absorber la energía del sol, producen un pigmento fotosintético llamado *diatomina* que acelera el deshielo.

Después, McClintock me dice algo asombroso: mediante el suave calentamiento de su ambiente inmediato, estas algas unicelulares alteran los patrones climáticos globales a miles de kilómetros de distancia. Indirecta, pero inexorablemente, estas algas humildes y poderosas a la vez son capaces de afectar las cosechas de soya en el sur de Brasil, la pesquería en las costas colombianas, y los vientos secos sobre los desiertos mexicanos. Su destino está directamente ligado al nuestro. Y he aquí otro dato subyugante: hay más diatomeas que estrellas en el universo.

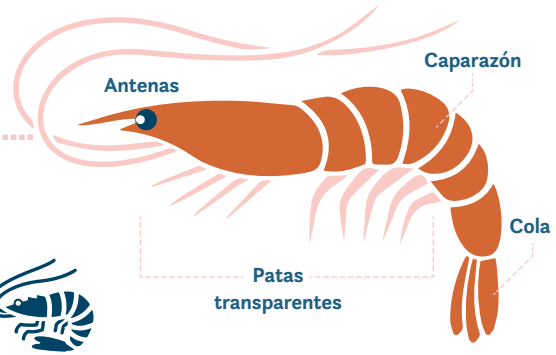


Los eufausiáceos se encuentran en todos los océanos del mundo y son la base de la cadena trófica.

Liam Quinn / FLICKR. Infografía: Luis Cruz

KRILL
(EUPHAUSIA SUPERBA):

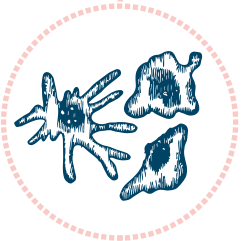
Crustáceo de tres centímetros de largo similar a un langostino.



Durante el invierno, se encogen dentro de su caparazón, cesan de alimentarse y usan sus reservas de energía.

La biomasa del krill equivale a casi todo el peso de los seres humanos en el planeta.

70 por ciento de esa biomasa está en el Estrecho de Gerlache.



Se alimenta de **diatomeas,** una especie de alga unicelular que empezó a poblar el mar hace **140 millones de años.**

El krill ayuda a la disminución de nuestras emisiones de gases tipo invernadero:

Las algas diatomeas absorben el dióxido de carbono de la atmósfera.

El krill se las come, defeca y produce heces de tamaño significativo.

Las heces están llenas del carbono y se hunden hasta el lecho marino, donde el frío, captura estas cantidades industriales de carbono en las profundidades.

LA ANTÁRTIDA EN NÚMEROS

13.5 millones
Cantidad estimada de pingüinos en la Antártida.

2 especies de pingüinos que habitan únicamente en el continente antártico.

183 mil millones de toneladas
Cantidad de hielo que se derrite cada año a causa del calentamiento global; la tasa de derretimiento más grande en los últimos 1,500 años. **Desde 2007, la tasa del derretimiento se ha triplicado.**

1,000 A 5,000
Científicos y personal de apoyo en las bases y buques de investigaciones internacionales. El número varía en las temporadas de verano e invierno.

45,000
Turistas anuales en cruceros y aumentando un 15% cada año.

35% Del total de visitantes proveniente de China.

45 Estaciones de investigaciones tiempo completo, y al menos otras 35 de verano.

23 Aeropuertos con pistas de hielo y sin pavimentar.

53 Helipuertos.

Pingüinos, focas y ballenas se alimentan de krill. ¿Es innagotable el recurso?

Liam Quinn / FLICKR

ELLOS HIBERNAN COMO LOS OSOS

Bajo el microscopio de Mojica, a bordo del buque, hay un ejemplar de krill aún vivo. Sus patas parecen hechas de cristal hilado, y refractan la luz cada vez que se mueven. El cuerpo tiene una caparazón dura que deja ver visos rojos, azules y naranja, y un corazón traslúcido, que late a toda velocidad.

"El krill antártico es uno de los pocos animales capaces de reducir su tamaño", ilustra McClintock. "Durante los meses de invierno, cuando la luz escasea y por lo tanto las diatomeas, ellos se encogen dentro de su caparazón, cesan de alimentarse y usan sus reservas de energía. En otras palabras, el krill hiberna como los osos polares".

Si algo le llegara a suceder a este minúsculo crustáceo, tendría repercusiones no solo en las ballenas, sino en focas, pingüinos, peces y calamares. Porque aquí toda la cadena alimentaria se basa en el krill. Es el único eslabón entre la diatomea y una ballena azul de cien toneladas, es decir, entre un alga unicelular y el más grande de todos los animales.

Y los números son asombrosos: una ballena azul adulta come hasta tres toneladas de krill al día durante los cuatro meses que dura el verano antártico. Las ballenas jorobadas, cuyos números se están recuperando gracias a la protección internacional, consumen unos 400 kilos diarios. Hasta hace poco se decía despreocupadamente que existe krill suficiente para satisfacer el apetito no solo de las ballenas, sino el de otras criaturas como los pingüinos y las focas.

Pero ahora que el krill se explota comercialmente en la Antártida surge la importante necesidad de tener cuidado con el recurso. Su carne tiene un diez por ciento de proteínas, y desde los años 70 los rusos han agregado su harina al pan diario de los trabajadores. Se dice que es la panacea en materia de proteínas para los pueblos del sub-Sahara africano, y adorna las galletas de arroz japonesas. Y ¿quién no ha oído hablar del krill como fuente de Omega-3?

¿Podrían una explotación masiva, junto con los cambios en la temperatura y la química del agua llegar a afectar la densidad y distribución del krill antártico, con todas sus consecuencias?

CONTRA LA CONTAMINACIÓN

Dos años después, durante mi segunda expedición con el Programa Antártico Colombiano en 2017, noto algo muy extraño: en todo el mes, prácticamente no vi krill. Pregunto en todas las estaciones de investigaciones. Ellos tampoco. Quizás estaría más hondo en el agua, quizás este año su ciclo de vida se retrasó por cambios en el clima. O quizás es que simplemente está declinando. Solo sabemos que ese año vimos pingüinos que en lugar de krill están comiendo una criatura gelatinosa llamada salpa, que no tiene valor nutricional. Lo cual es trágico porque además de todos los beneficios de ese animalillo, no hace mucho, los científicos aprendieron otro más: el krill es clave a la hora de sacar de circulación al elemento carbono, que es el culpable de nuestro calentamiento global. Funciona así: las algas diatomeas absorben el dióxido de carbono de la atmósfera. El krill se las come. El krill defeca y produce heces de tamaño significativo. Las heces están llenas del carbono y se hunden hasta el lecho marino, donde hay tanto frío, que cantidades industriales de carbono quedan "secuestradas" durante siglos... un sistema anticontaminación altamente eficiente... siempre y cuando el mar no se caliente.

CUANDO DEJAS DE VER EMPIEZAS A VER

POR MALLI CAROL U. BECERRO

Quienes sufren pérdida de visión total o parcial se enfrentan a un reto personal que puede abrir nuevas perspectivas de la vida.

Nunca imaginó que esa noche mientras dormía, su vida cambiaba radicalmente. Al despertar escuchó los sonidos del amanecer. Abrió los ojos, pero parecía que la noche aún la acompañaba. En penumbra, intentó llegar a la ventana y fue el cantar de las aves lo que le indicó que esa oscuridad ya le pertenecía para siempre. Ahora era ciega.

Guadalupe recibió un golpe en la frente mientras jugaba futbol americano. El impacto desprendió la retina de sus ojos; lo que siguió fue el principio de una nueva vida.

CEGUERA POR TRAUMAS

Aunque la incidencia de ceguera por traumas oculares es de un 15%, la realidad es que únicamente del uno al dos por ciento de los casos ocasiona desprendimiento de retina y por consiguiente la pérdida visual. La lesión es más propensa si se cuenta con antecedentes de lesiones o defectos refractivos en el ojo, como la miopía, afirma Samuel Josué Ávalos Lara, cirujano oftalmólogo de la Fundación Hospital Nuestra Señora de la Luz de la Ciudad de México.

No obstante existen otras causas mucho más comunes por las que se pierde la vista. Según una investigación publicada en *Lancet Global Health* en la actualidad 36 millones de personas padecen esta condición. Las razones están estrechamente relacionadas con el envejecimiento de la población y defectos refractivos como el glaucoma, las cataratas, y la retinopatía diabética, entre otros. El número de pacientes ciegos se elevará los 115 millones para el año 2050.

UN ESTIGMA ANTIGUO

La ceguera se consideraba una de las peores enfermedades que podían padecerse. Privadas de la vista, a las personas invidentes se les consideraba eternas discapacitadas condenadas a mendigar y a permanecer en la ignorancia, según menciona Manuel Rivera Cambas en el libro *México pintoresco, artístico y monumental.*

Actualmente, las personas con discapacidad visual aprenden a ser independientes con el apoyo de instituciones como la escuela Nacional para Ciegos, fundada en el 1870. Además, los desarrollos digitales proporcionan herramientas de navegación, lectura y ubicación espacial que auxilian a este segmento de la población.

Guadalupe Peláez Salmerón dice que para ella, ser ciega representó la oportunidad de empezar de cero. La arquitecta egresada del Instituto Politécnico Nacional cuenta que cada día aprende algo nuevo y, como cuando era niña, se rebela y persiste cada vez que alguien le dice que no puede.

Para ella, lo complejo de una discapacidad no es aceptarte con ella, sino lograr que la sociedad no te haga invisible o te discrimine. Desde una coladera indebidamente colocada que hace que pierda el equilibrio hasta los procesos burocráticos que no son incluyentes y limitan su desempeño académico o, peor aún, durante una emergencia o desastre natural pues durante la evacuación de inmuebles se tienen que enfrentar las anomalías de infraestructura con su única armadura (un bastón, una silla de ruedas, unas muletas o, incluso, una gorra que limite golpes cuando estás ciego).

"Cuando ves, dejas de ver. Cuando dejas de ver, empiezas a ver", dice esta joven de sonrisa franca que gusta de hacer un ejercicio de sensibilización y empatía con quien le pregunta sobre su ceguera:

Cierra los ojos, imagina que estás ciego. En esa total oscuridad, pregúntate lo siguiente: ¿qué fue lo último que viste?, ¿qué te gustaría volver a ver si pudieras recuperar la vista? y ¿qué es lo que más amas ver, cada día?"

Rene Bohmer / UNSPLASH

El resonante fraude de la tecnología de resonancia cuántica

POR LUIS JAVIER PLATA ROSAS

No hay evidencia científica que soporte los supuestos beneficios de esta "tecnología", pero eso no impide que promuevan sus productos con frases grandilocuentes para enganchar a miles de clientes.

¿Átomos energéticos operando a frecuencias específicas? La pseudociencia usa el lenguaje a su favor.

Una posible ley empírica, obtenida a partir de observaciones en las páginas dentro y fuera de la red de los fanáticos del New Age, y que las generaciones d.E. (después de Einstein) podrían poner a prueba, es: "La espiritualidad de una cita en la que aparece el término 'energía' se incrementa exponencialmente toda vez que es atribuida a Einstein".

Como corolario tenemos que, si descubrimos que el autor de la frase motivacional no es el mismo que aquel a quien debemos la teoría de la relatividad, la veneración con la que en un inicio vibramos ante palabras tan enérgicas como energizantes desaparecerá más pronto que si se hallase en la vecindad de un hoyo negro. Por ejemplo:

"Todo es energía y es todo lo que hay acerca de ella. Iguala la frecuencia de realidad que deseas y no podrás evitar más que obtener esa realidad. No puede ser de otra manera. Esto no es filosofía. Esto es física".

Y esto, por más que añadan al final el nombre del famosísimo nobel, no lo dijo él, sino Bashar, un extraterrestre multidimensional (que en esto se parece a Mr. Mxyzptlk, el enemigo pentadimensional de Superman) del futuro que es canalizado por un terrícola de nombre Darryl Anka. O al menos de eso están convencidos (o dicen estarlo) tanto Anka como su círculo de seguidores desde hace tres décadas.

ENERGÍA VS. CHI

Todo esto viene a cuento porque existe una confusión entre la energía como concepto indispensable y nada espiritual en física, y la misteriosa e inexistente energía vital o *chi* que pasa por igualmente inexistentes "líneas de corriente" llamadas meridianos por nuestro cuerpo.

En sus lecciones de física universitaria, Richard Feynman (colega de Einstein y también Nobel de Física) explicaba que "... existe una cierta cantidad, que llamaremos energía, que no cambia en los múltiples cambios que experimenta la naturaleza. Esta es sobre todo una idea abstracta, porque es un principio matemático; lo que dice es que hay una cantidad numérica que no cambia cuando algo ocurre. No es una descripción de un mecanismo ni nada en concreto..." Esto tampoco impide, faltaba más, que compañías como Aegea construyan por completo su línea de productos Energentics™ a partir de su libre interpretación de que "Todo es energía, declaró Einstein".

Fundada por el exmarine John G. Prosser II y el director de marketing Jeff Cohen, Aegea considera -al igual que muchos dentro del movimiento New Age- que, dado que toda la materia está hecha de "átomos energéticos que producen, emiten y reciben energía operando a frecuencias específicas", y dado que nuestras células, tejidos y órganos "tienen sus propios campos electromagnéticos", si usamos una "tecnología de resonancia cuántica" podemos "sintonizar" nuestro cuerpo a una frecuencia "saludable". A pesar de que en ninguna parte del sitio en red de esta empresa explican qué quieren decir con "resonancia cuántica", compañías similares en China y otros países y otras páginas promotoras de productos New Age usan el término para referirse a cualquier cosa, animal (humanos incluidos) o espíritu que mediante acupuntura, ayurveda, reiki o un simple acto de voluntad pueda alterar la "frecuencia energética" con la que vibramos para así alcanzar el nirvana o, como mínimo, sanarnos de todo mal.

Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20

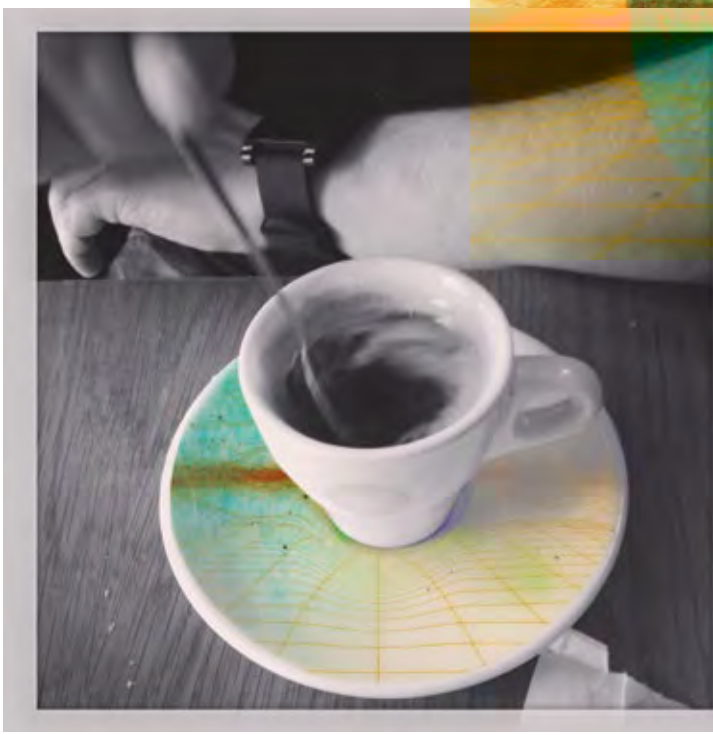
Prosser y asociados presumen de haber patentado este sinsentido en Estados Unidos, aunque en la oficina de patentes de ese país lo que más se acerca a tan milagrosa invención es un "Sistema, proceso, y dispositivo para la emisión o incremento de energía que afecta al cuerpo humano" (patentado en 2018), y que es un chip que, en contacto con la piel, genera campos electromagnéticos. Hassler, Hassler & Hassler son los inventores y, a pesar de que dos de ellos son también responsables de una segunda invención también promovida por Aegea, no aparecen como parte del "Equipo Cuántico" (según la compañía) y ni siquiera en algún minúsculo rincón del sito en red.

CAFÉ "TESLA"

Pero veamos las maravillas que nos ofrece la línea Energentics, comenzando por su producto estrella: café tostado oscuro colombiano. NO ES UN SIMPLE CAFÉ: Es la sinergia de café + innovación energética. Además de estar en el "top 1% de los mejores granos de café del mundo", además de añadírsele vitamina D y todo el complejo B, té verde, dopamina, aminoácidos, ginseng, cocoa, glucosamina, canela y colágeno, además de todo ello... ¡contiene "nuestra avanzada ciencia y nuestra firma patentada de Energía Tesla"! Sea lo que sea esto, pues nadie se tomó la molestia de inventar una explicación. ¿Es, tal vez, la energía almacenada en cada grano de café como resultado de hacerlo vibrar con la tecnología de la maravillosa resonancia cuántica?

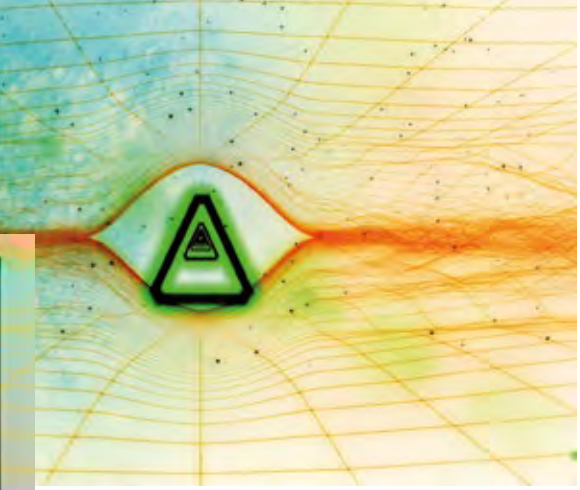
Acompaña al supercafé una infografía que nos indica que esta mágica infusión contiene potenciadores del humor, del cerebro, de la concentración, de la vitalidad y el zen, del metabolismo, de la belleza, del desempeño y -no podía faltar- de la energía. Tampoco nos emocionemos tanto, porque en letras pequeñas leemos que nada de lo que Aegea ha dicho ha sido evaluado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos y que el café no sirve para diagnosticar, tratar, curar ni prevenir ninguna enfermedad, lo que demuestra que, por muy convencidos que estén de la magia de sus productos, en Aegea tampoco son estúpidos.

Quienes no toman café (sí, existen adultos así) pueden optar por una Energy Card. Como el abanico de papel que vendía Don Gato, anunciado en las caricaturas como un "sistema portátil



¿Café con energía Tesla? ¿Por qué nadie se toma la molestia de explicar qué es esto?

Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20



de refrigeración" que había que usar mientras repetíamos "adentro el aire bueno, afuera el aire malo", mientras portamos lo que parece una vulgar tarjeta de crédito y gracias a la resonancia cuántica que genera de la nada y con la pura proximidad con nuestro cuerpo, sentiremos que la

"energía benéfica y saludable, las frecuencias y las longitudes que onda que penetran la piel y las células del cuerpo enriquecen la oxigenación celular, la circulación y ayudan a proceso de sanación y de salud".

Qué lástima que la buena vibra no se mantenga por culpa de la misma advertencia descrita en el párrafo anterior y que vuelve a aparecer al final de la página en línea.

BUENAS Y MALAS VIBRAS

Hablando de buenas y malas vibras, ¿no tendrán tarjetas para protegernos de todas las que nos llegan vía celular? ¡Alabada sea Aegea! ¡Sí! Para ello crearon hologramas Energentics EMF, que "protegen al cuerpo de los efectos negativos de los campos electromagnéticos". Añaden: "El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer clasifica a las frecuencias electromagnéticas como posibles carcinogénicos en humanos". Es verdad, al igual que al papel carbón, a las monedas de níquel, al talco y más de 260 sustancias que están en la categoría 2B, lo que no significa que haya evidencia de que produzcan cáncer.

Si lo que queremos es que la tecnología de resonancia cuántica nos ayude a conservar frescas por más tiempo nuestras verduras, tenemos la Energentics Freshness Card (la segunda patente de dos del trío de Hassler, que ganó un premio Edison, otorgado no por científicos sino en reconocimiento al "desarrollo, marketing y lanzamiento de nuevos productos y servicios. No hay ningún estudio que indique que funcione).

Animalistas como ninguno, en Aegea no olvidan a las mascotas y venden también tarjetas para nuestras mascotas (Energentics Pet).

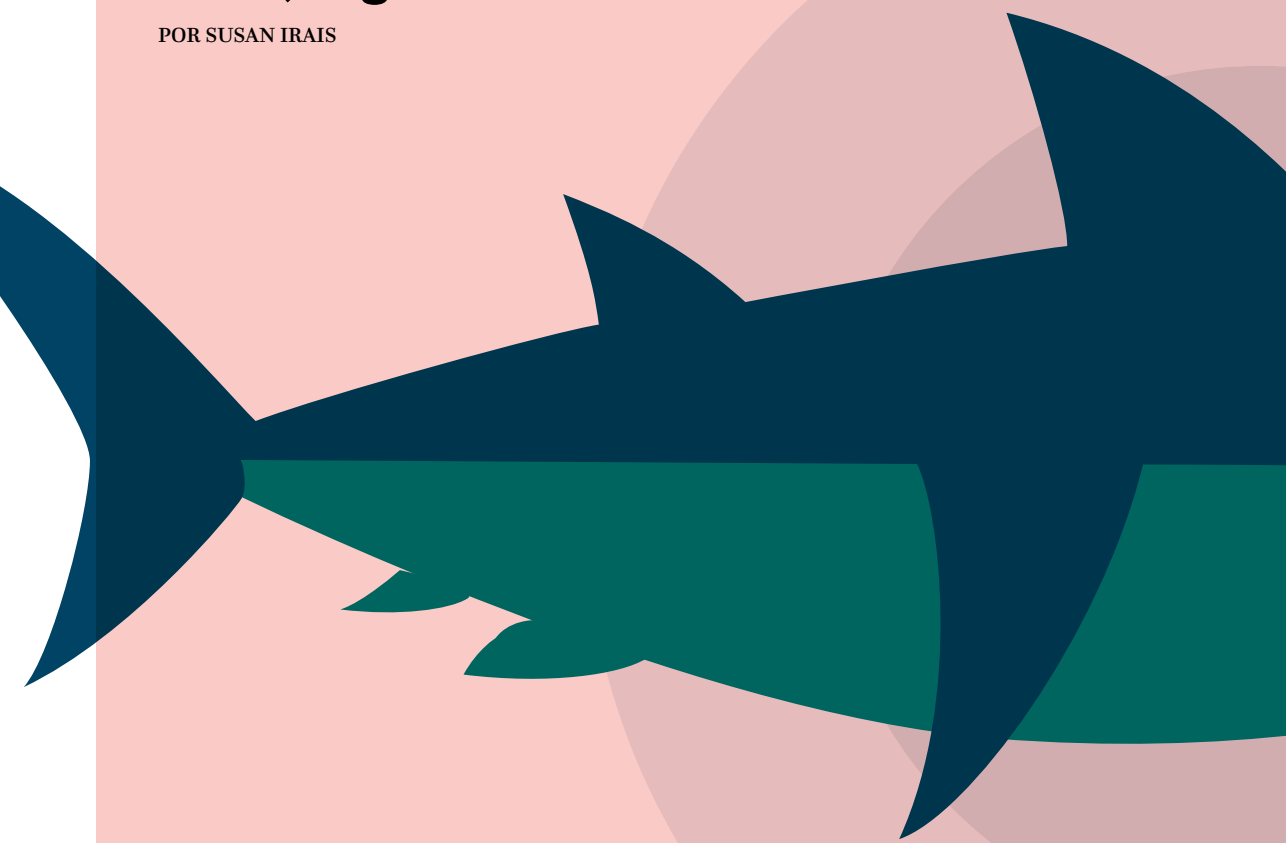
A todos los interesados en estos productos cuánticos que, como bien menciona la compañía, "caben en un sobre" y pueden enviarse con un máximo de utilidad (para la empresa) a cualquier parte del mundo, si nada de lo hasta aquí expuesto ha despertado su escepticismo porque "también se burlaron de Tesla", "no saben nada sobre ciencia de frontera" o (sin)razones similares, puede que encuentren mejores motivos para dudar al saber que Aegea trabaja con el socorrido esquema -más bien estafa- piramidal, en el que comienzan como vendedores Bronce y terminan, en el séptimo nivel o círculo del infierno, como vendedores Élite Platinum.

Por mi parte, en vez de enrolarme y aunque no lo dijera Einstein, prefiero seguir otro de los aforismos de Bashar, mi marciano favorito: "Si tienes bloqueo de escritor, escribe sobre tener bloqueo de escritor y no lo tendrás más".

¿HAS COMIDO TIBURÓN?

Contrario a lo que crees, seguramente sí.

POR SUSAN IRAIS



Casi la tercera parte de los pescados consumidos en México son sustituidos por especies diferentes, la mayoría de las veces por productos de mucha menor calidad y precio.

Inicia la cuaresma y el tiempo de comer pescado. ¿Qué tal unas ricas tostadas de marlin? Después de escudriñar el menú te percatas que son la más caras. Pero qué más da. Hoy es día de antojos y, además, las acompañará con una deliciosa copa de vino blanco.

Nada puede echar a perder una situación tan especial, salvo el hecho de saber que muy probablemente acabas de ser engañado y lo que es peor aún, has atentado contra la salud del ambiente. En pocas palabras, te han dado gato por liebre.

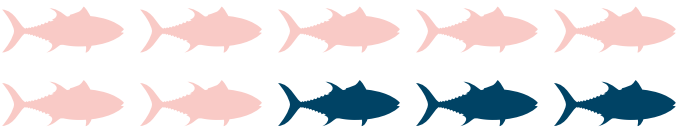
FRAUDE Y SUSTITUCIÓN

Este es el nombre del estudio realizado por Oceana, una organización internacional dedicada a la protección de los océanos que ha desenmascarado el fraude y sustitución de especies en la comida del mar en nuestro país.

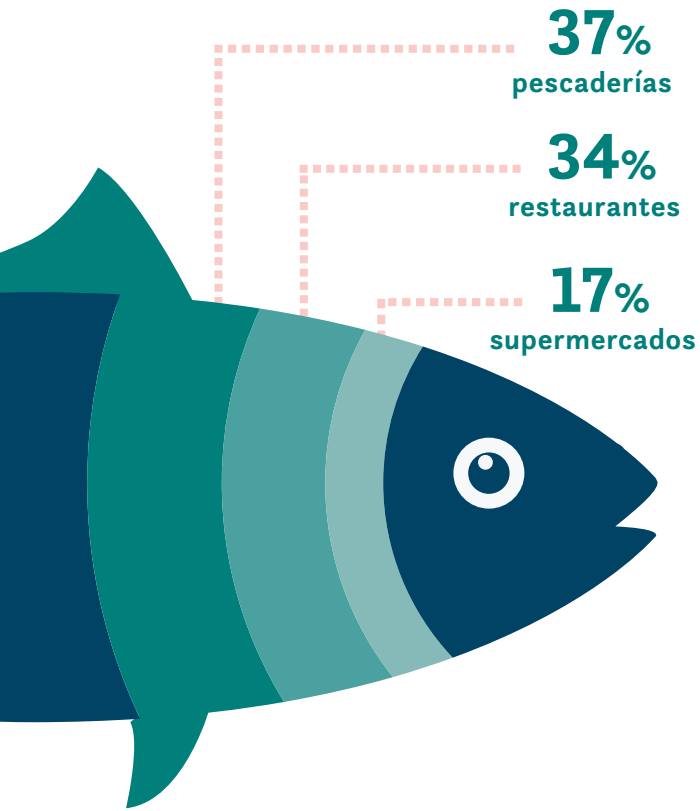
Según la investigación, el marlin es sustituido hasta 95% de las veces por tiburón sedoso y tiburón zorro, una especie que —por si no bastara— figura en la lista roja de La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UNILA).

Lo peor es que no se trata de un caso aislado. Miles de comensales que ordenan un tipo de pescado o lo compran en el mercado son engañados por inocencia o ignorancia o con dolo todos los días. La investigación realizó pruebas genéticas en casi 400 muestras de pescado tomadas en 133 establecimientos (pescaderías, supermercados y restaurantes) de tres ciudades: Ciudad de México, Cancún y Mazatlán. El objetivo era determinar si la especie que se vendía correspondía al nombre comercial con el que se ofrecía. A continuación se presentan los vergonzosos resultados de una realidad actual.

De cada **10 pescados**
que consumimos **tres son sustituidos**



En los tres **puntos de distribución** los porcentajes de sustitución son:



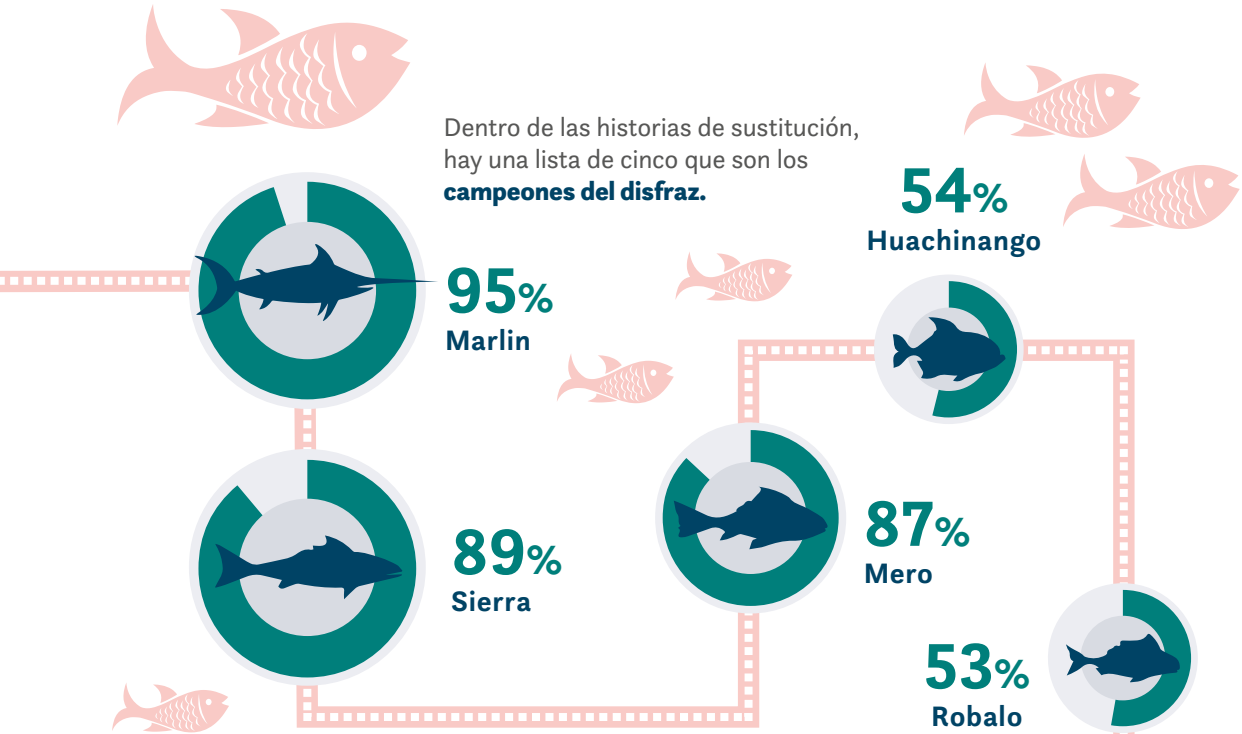
Al mirar los porcentajes, se puede inferir que el mejor lugar para adquirir productos del mar son los supermercados, pero no hay que adelantar conclusiones, pues existen diversas formas de sustitución.

La primera forma de recibir "gato por liebre" es la "inocente". Por ejemplo, a un restaurantero le vendían filetes de tiburón por marlin. El restaurantero fue engañado y vendía el producto sin saber que era otra especie la que estaba dando a sus clientes.

Otra forma es la "consciente". La cuál representa un fraude con intención. Por ejemplo, en una muestra que se analizó de uno de los supermercados que se seleccionaron para el estudio, "vendían atún pintando de rosa por salmón, esta es la sustitución más dolosa, el atún cuesta 400 y el salmón 600, están engañando a su cliente y ahorrando dinero", dice Renata Terrazas directora de campañas de transparencia de Oceana México.

Y por último, se enlista la sustitución "justa". Esta es una sustitución donde hay un intercambio de especies "similares". Por ejemplo, en una pescadería donde no había sierra, pero el cliente lo pedía, se le vendió una especie del mismo costo y calidad, pero desconocida como el conejo.

Infografía: Luis Cruz



LA NUEVA VIGA

Otro dato relevante es que más de la mitad de las especies fueron sustituidas por productos de menor precio, por pescados de acuacultura, o por basa vietnamita (de mucha menor calidad y precio). Una situación que se agrava cuando se considera que en México está el segundo mercado más grande de peces del mundo, La Nueva Viga.

"Es alarmante porque este mercado surte al 44% de los estados. Si aquí hay sustitución, en los demás estados la historia es la misma. No sabemos cuánto basa está sustituyendo al producto nacional, no sabemos cuál es ilegal. No es posible cuidar las pesquerías, ni a los pescadores si no sabemos qué está pasando", dice Renata Terrazas de Oceana.

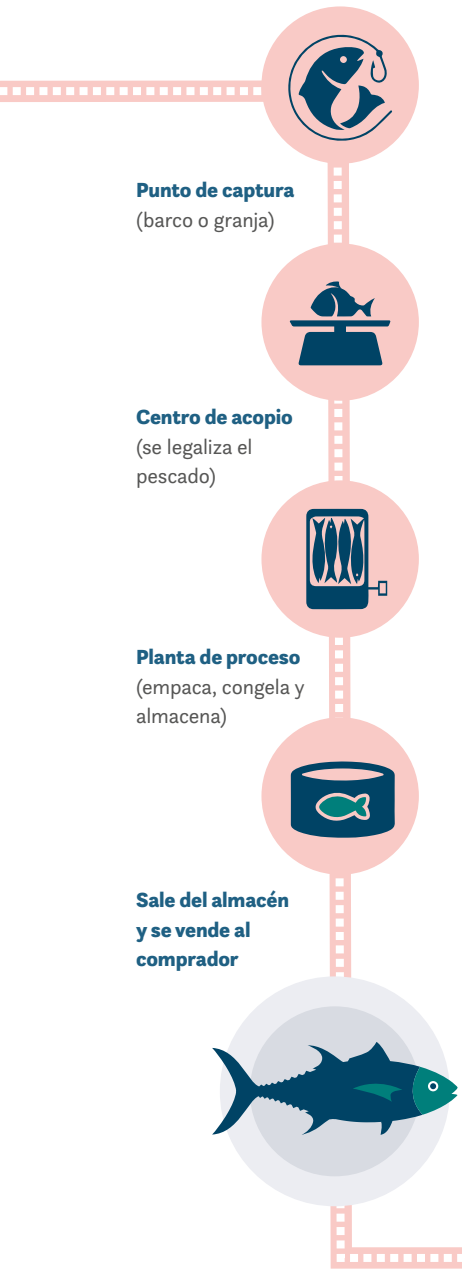
En cada caso es difícil saber qué tipo de sustitución es porque en México no hay forma de seguirle el rastro al producto del mar. No sabemos quién lo pescó, en dónde y cuándo. ¿Estamos condenados a comernos algo que no pedimos?

DE LA RED AL PLATO

Para evitar que nos den gato por liebre tendríamos que saber la ruta que siguió el pescado desde la red hasta el plato. La trazabilidad es un mecanismo que permite saber cómo va cambiando de manos el producto hasta llegar al cliente final. Desafortunadamente, en México no hay ninguna ley que obligue a tener este control del producto.

"La trazabilidad en México es opcional, pero hay grandes esfuerzos por ha-

Las etapas de la
trazabilidad



cerla; por ejemplo, la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera de Baja California (FEDECOOP) está haciendo un proyecto con la empresa Plenumsoft Marina, que rompe el paradigma de no saber de dónde viene nuestro pescado", explica Francisco Coppel García, director de comercialización de Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA).

La trazabilidad comienza con una etiqueta que contenga el lugar y fecha de captura, el arte de pesca con que se cazó, el lugar de desembarque, nombre de la embarcación, la planta procesadora, en qué fecha se procesó y cómo se preservó.

Es un control que registra el punto de captura (barco o granja), el centro de acopio (aquí se legaliza el pescado) donde se genera un permiso de arribo. La planta de procesamiento, donde se se transformó el producto, por ejemplo, a filete. Luego describe cómo se empacó: al vacio, congelado, etcétera. Indica en qué almacén se guardó y a quién se le vendió.

TRAZABILIDAD Y GARANTÍA

Edel Gutiérrez Moguel, el director de la empresa de trazabilidad yucateca Plenumsoft Marina explica que "la trazabilidad te da garantía de que lo que te estás comiendo es realmente eso por lo que estás pagando y además te asegura que es sustentable y legal".

Desgraciadamente en México la trazabilidad es voluntaria y por cómo están estructuradas las cadenas de valores de peces y pescados es fácil que en distintos puntos de la cadena se mezcle el producto legal y el ilegal.

"Los resultados del estudio apuntan a un hueco en el marco regulatorio mexicano: no hay trazabilidad. No la hay porque la ley no obliga a nadie a hacerlo. Este es el objetivo de este estudio, buscar crear esa ley", dice Pedro Zapata, vicepresidente de Oceana México.

El impacto de este desorden en el sector pesquero en México llega hasta nuestro plato y a nuestro bolsillo, pero tiene otras implicaciones que afectan la salud de los mares, invisibiliza a las especies, afecta el consumo y, por lo tanto, a los pescadores mexicanos.

CONOCIÉNDOLOS SABEN MEJOR

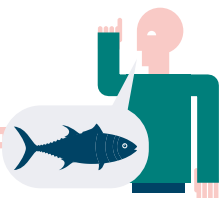
México tiene más de 615 especies comerciales de peces, según cifras de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). En el estudio de Oceana se registraron 48 especies de peces, pero el análisis genético arrojó cien, es decir, más de la mitad de peces fueron invisibilizados.

En la CONABIO hay un primer esfuerzo por registrar la biodiversidad marina, se realizó un catálogo con todas especies que expone la Carta Nacional Pesquera y un semáforo para un consumo responsable. "Hay una gran oferta para el menú, pero no la conocemos, siempre pedimos huachinango", dice Carlos Galindo, director general de Comunicación de la Ciencia de la CONABIO.

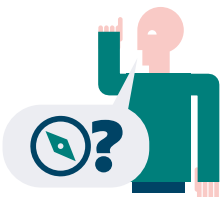
El huachinango es una de las especies más populares, sin embargo, su sustitución supera el 50%; entonces, si usted quiere consumir este pescado u otros, ¿cómo podría evitar caer en la lista de los defraudados?

Los mexicanos consumen 13 kilos de pescado por cabeza al año, indica CONAPESCA. "Es muy bajo", dice Francisco Coppel, director de comercialización. "De los 13, cálculo que 3 kilos son importados", añade.

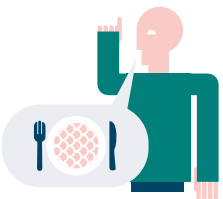
3 Tips para evitar que nos den gato por liebre



Pedir el pescado completo
Si está en un restaurante, se le recomienda pedir el pescado completo, así será más difícil que le den otra especie como raya o tiburón.



Preguntar por su procedencia
Puede preguntar de dónde viene, de este modo el restaurante se dará cuenta que el consumidor comienza a estar interesado en los detalles del producto.



Pedir el "testigo"
Que le dejen un poco de piel para corroborar la especie que es a través de las escamas, color y textura.

Consume pescado, pero sigue los consejos. Opta por productos nacionales y abre tu paladar a nuevas especies de productos del mar. Y, sobre todo, no te dejes engañar: come y paga por lo que pidas.

¿EL GATO

O LA VIDA?

POR TIGRAM CONTRERAS

Millones de aves y reptiles perecen todos los días bajo las garras de gatos domésticos, pero... ¿quién se atreve a cambiar el ronroneo de una mascota por el equilibrio ecológico?

El primer indicio de que algo diferente pasaba en mi jardín fue una ardilla comiéndose mis pápalos. Toqué la ventana para que los dejara en paz, la ardilla volteó hacia todos lados menos en mi dirección y huyó por la barda. En los días siguientes llegaron las tortolitas junto con los gorriones comunes, y a partir de eso una variedad de colores y cantos. Los más notables: Luises bienteveo *(Pitangus sulphuratus)*; un saltapared barranquero (*Catherpes mexicanus)*; el cuicacoche picocorto *(Toxostoma bendirei)* y no podían faltar los zanates *(Quiscalus mexicanus)* más colibríes, primaveras, perlitas etc.

En cuanto a mamíferos: tlacuaches *(Didelphys marsupialis)*; cacomixtles *(Bassariscus astutus)*; un coatí norteño *(Nasua narica)* y una rata que ahuyentamos con escobas y palos. Puesto que el jardín tiene plantas exóticas y no nativas que alberguen insectos, no hay tantos reptiles, pero si hemos visto algunos chintetes

(Sceloporus mucronatus) y lagartijas *(Sceloporus torquatus)* y las ubicuas cuijitas *(Hemidactilus frenatus).*

Pensando en esta abundancia de vida, miré hacia un rincón del jardín, Allí estaba enterrada la razón de la súbita aparición de especies en un jardín tan pequeño que una ardilla lo recorre de un lado a otro en cuatro segundos. Allí en la esquina, enterré las cenizas de nuestro gato. Muerto de causas naturales hace unas semanas.

HISTORIAS DE TERROR

Había leído artículos de terror sobre el impacto que tienen los gatos en la naturaleza, pero nunca imaginé ser un testigo directo del crimen. Un estudio publicado en *Nature communications,* en 2013, señala que

los gatos son responsables cada año de la muerte de entre 1,400 y 3,700 millones de aves y 6,900 y 20,700 millones de mamíferos tan solo en los Estados Unidos.

En México, se tiene el dato de la extinción parcial o total de 13 especies de reptiles; 27 de aves y 18 de mamíferos, todas atribuidas directa o indirectamente a los gatos, y han causado la extinción no cuantificada de anfibios y vertebrados.

Un ejemplo terrorífico ocurre donde nadie puede atestiguarlo. Los gatos han sido particularmente nocivos en las poblaciones de animales de las islas mexicanas, cuyas especies evolucionaron sin defensas a depredadores tan eficientes, como la rata combalachera *(Neotoma anthonyi)* de las islas de Todos Santos y

TWENTY20

El instinto cazador de los gatos domésticos permanece intacto a pesar de tener cubiertas sus necesidades básicas.

de la rata canguro *(Dipodomys insularis)* de la isla San José, ambas de la península de Baja California. Y quien ha tenido un gato sabe que, aunque esté operado y bien alimentado, nada detendrá su instinto cazador.

Según un artículo publicado por Luis M. García Feria en la página del Instituto de Ecología, el cálculo del crecimiento de una población a partir de una pareja de gatos y su descendencia que pueden producir hasta tres camadas al año, puede alcanzar los 20,736 gatos sin dueño en un periodo de cuatro años.

Estamos hablando de seres que poseen la habilidad instintiva de matar con gran efectividad y que se alimentan, muchas veces, de animales silvestres como roedores, conejos, aves, insectos, anfibios y peces; además de que desplazan a depredadores naturales como las zorras, cacomixtles y zorrillos.

EL JARDÍN DE BLANCANIEVES

Pensando en la nueva biodiversidad de mi jardín, pensé que quizá podría conciliar el placer de tener un gato con el gusto de ser anfitrión de tantos visitantes distinguidos. Así que busqué en internet y me topé con el *Outback Jack* que Amazon entrega en menos de una semana previo pago de 1,800 pesos. Éste consiste en un armazón de tienda de campaña revestido con una malla de nylon pegada a un túnel de unos cuatro metros con el mismo revestimiento. La apertura de malla permite que el gato disfrute de las texturas y olores del jardín, pero sin la posibilidad de aterrorizar a otros animales. Como si viviera dentro de un módulo espacial. Lo que casi me convenció fue la foto publicitaria, que mostraba a una hermosa chica caucásica en la plenitud de la vida observando con satisfacción a un gato dentro del armatoste. No lo agregué al carrito porque sé como acaban estas cosas. Las usas unas cuantas veces hasta que te cansas y las arrumbas. Un par de años después las tiras a la basura y terminan flotando en el océano o atorado en la garganta de una ballena.

Este artefacto a la venta en Amazon permite a los felinos hacer sus incursiones en la naturaleza sin dañar otras especies.

Reconozco que hoy disfruto observar lo que sucede en mi jardín y aunque no puedo salir en las mañanas como Blancanieves y retozar con los animalitos como si viviera en una fábula encantada, sí he establecido un vínculo emocional con nuestros cada vez más asiduos visitantes y hago comentarios sobre ello: “hoy noté como nerviosas a las tortolitas” o “la ardilla de la cola mocha llegó tarde”. Al mismo tiempo, reconozco que todo esa convivencia en armonía no sustituye el placer que me produce tener a un gato ronroneando en el pecho mientras le rasco la oreja. Aunque se trate de un asesino para otras especies.

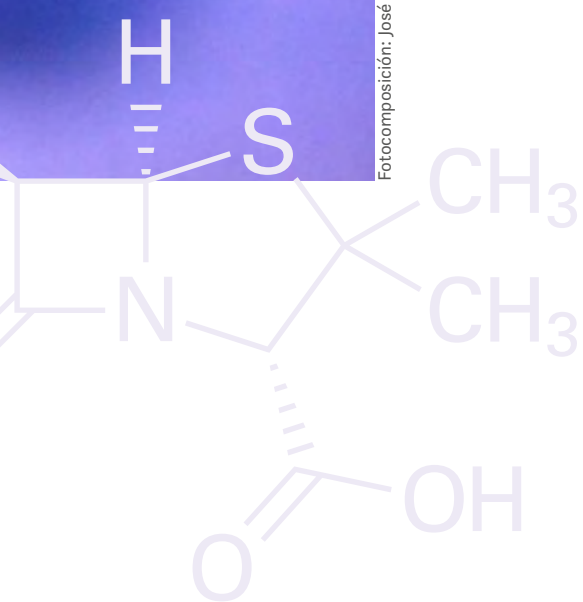
A veces pienso que las especies que me visitan me miran de reojo, y se preguntan cuando aparecerá otro gato que arruine este paraíso terrenal.

EL TSUNAMI SILENCIOSO

¿Podremos sobrevivir sin los antibióticos?

POR ENRIQUE ANZURES

La salud mundial enfrenta un microscópico enemigo de dimensiones gigantes. Lo peor es que ha sido alimentado por nosotros mismos.



Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20

En el discurso de Alexander Fleming al recibir el Premio Nobel de Medicina de 1945 por el descubrimiento de la penicilina, el científico advirtió al mundo las consecuencias de no usar apropiadamente su descubrimiento.

Para el año 2014, la penicilina perdió su efectividad hasta en un 99%, y las palabras de quien descubriera en 1928 por serendipia un químico generado por el hongo *Penicillium Notatum* que permitió eliminar estafilococos, se han convertido en una cruda realidad.

En un comunicado emitido este martes 19 de junio por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) se anunció un financiamiento internacional para enfrentar a lo que describieron como el "tsunami silencioso", refiriéndose a la resistencia a los antimicrobianos (RAM) que, según cifras de la OMS, está cobrando la vida de 700 mil personas anualmente y que podría ir en aumento si no se toman medidas.

¿QUÉ SON Y CÓMO FUNCIONAN LOS ANTIBIÓTICOS?

Los antibióticos son compuestos capaces de destruir o inhibir el desarrollo de bacterias que puedan generar infecciones en el cuerpo humano. Su producción puede darse a partir de hongos —como en el caso de la penicilina— o por otro tipo de bacterias, síntesis en el laboratorio y procesos de defensa del mismo cuerpo humano.

Este tipo de medicamento se ha clasificado en dos tipos a partir de su acción. La primera clase de antibióticos actúa en un grupo reducido de patógenos, denominado antibióticos de bajo espectro, y si son capaces de atacar distintas especies de estos microorganismos, reciben el nombre de antibióticos de amplio espectro.

LA EVOLUCIÓN EN NUESTRA CONTRA

Con el abaratamiento de los antibióticos se desarrolló una cultura por el uso desmedido en la industria agropecuaria y, desde la sociedad, el consumo sin consulta de un profesional (automedicación), causó que este tipo de tratamiento perdiera eficacia.

Las bacterias desarrollan resistencia cuando las dosis de antibióticos no son letales, creando un aumento en la tasa de mutación o una trasferencia de su material genético.

"La resistencia en las bacterias a productos antibacterianos data de mucho tiempo, incluso desde antes de que los homínidos aparecieran. Las bacterias han convivido entre ellas, y liberan sustancias antibióticas, antimicrobianas, y ellas desarrollan resistencias a estas sustancias. Es una forma de sobrevivir", asegura Samuel Ponce de León-Rosales, jefe de la División de Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

¿HACIA UNA ERA POSTANTIBIÓTICOS?

"Algunas proyecciones revelan que en unas pocas décadas —estamos hablando que para 2050— la primera causa de muerte estará relacionada con infecciones por bacterias resistentes; habrá 10 millones de muertes para ese entonces", advierte el investigador.

Ante este panorama, la Organización Mundial de la Salud convocó en el año 2015 la Asamblea Mundial de la Salud para tratar el tema del aumento de la pérdida de efectividad de los antibióticos, dando como resultado al año siguiente lo que se denominó Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos. En este evento se establecieron cinco ejes básicos cuyo objetivo es reducir este problema:

Mejorar la concienciación y la comprensión con respecto a la resistencia a los antimicrobianos a través de una comunicación, educación y formación efectivas; reforzar los conocimientos y la base científica a través de la vigilancia y la investigación; reducir la incidencia de las infecciones con medidas eficaces de saneamiento, higiene y prevención de las infecciones; utilizar de forma óptima los medicamentos antimicrobianos en la salud humana y animal; preparar argumentos económicos a favor de una inversión sostenible que tenga en cuenta las necesidades de todos los países, y, por último, aumentar la inversión que se realiza en nuevos medicamentos, medios de diagnóstico, vacunas y otras intervenciones.

Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20

BREVE EJEMPLO EN MÉXICO

Samuel Ponce de León, especialista en infectología, asegura que se puede controlar el aumento de la resistencia y así incrementar su vida útil si se modera su uso.

Un ejemplo referido por Ponce de León se puede ver en el No. 151 de la *Gaceta de Médica de México;* se trata de los bacilos G que en 1986 adquirieron resistencia a la gentamicina en un 18% y tobramicina en 11%, dentro en el Instituto Nacional de Nutrición (INCMyNSZ).

El uso de estos dos antibióticos de amplio espectro, usados en el tratamiento de distintas infecciones, se suspendió durante un periodo de 3 años. Transcurrido este tiempo, se cotejó nuevamente la resistencia a los dos antibióticos y se obtuvo por resultado una disminución en la resistencia a la gentamicina en un 7.4% y 0.8 de la tobramicina.

Ante un posible escenario en el que los antibióticos dejen de proveer protección a los humanos frente a las peligrosas infecciones, se han retomado investigaciones en el desarrollo de terapias basadas en virus bacteriófagos. Estos virus pueden infectar directamente a las bacterias y así detener su propagación en el organismo. A pesar de ello, Samuel Ponce de León afirma que estos tratamientos son complejos, costosos y se encuentran aún en desarrollo.

Por ahora, el académico de la máxima casa de estudios mexicana recomienda el fomento y financiamiento para desarrollar nuevas moléculas antibióticas y las políticas necesarias para conservar las que aún son efectivas.

CULTIVOS ESPACIALES

Una cuestión de supervivencia

POR BERENICE GONZÁLEZ DURAND

Desde hace casi cinco décadas se empezó a experimentar con cultivos en el espacio que han influido poderosamente la vida en la Tierra.

Una cápsula cilíndrica de veinte centímetros de altura logró contener el aliento de vida de una planta en la cara oscura de la Luna. La noticia sobre el primer experimento de minibiósfera realizado por la misión Chang'e-4 en el satélite terrestre dio la vuelta al mundo hace unas semanas. Alrededor de 200 imágenes recibidas por la Administración Espacial China mostraban a la pequeña planta de algodón germinando. Algunas de las fotos compartidas mostraban un pequeño tallo que parecía aferrarse a la vida en medio de una rejilla del contenedor fabricado con una aleación de aluminio. La planta logró vivir un poco más de ocho días terrestres (212 horas para ser exactos), pues se dejo de regar cuando la misión entró en "modo de suspensión" para tratar de ahorrar energía.

RESPIRO VERDE

Aunque su vida fue breve, la historia de los cultivos fuera de la superficie terrestre inició en realidad hace cinco décadas y sus alcances han influido la vida en la Tierra en diferentes áreas. Este respiro verde a una distancia de 380 mil kilómetros de nuestro planeta forma parte de los pasos sobre una escalera en la que han ascendido las principales potencias espaciales del mundo. Las hazañas se remontan a 1971 cuando una planta de poro fue cultivada en el interior de la primera estación espacial: la Salyut 1. En este lugar histórico creado por los soviéticos, un grupo de cosmonautas permaneció 23 días haciendo varios experimentos que marcaron un capítulo sustancial en la historia de la conquista espacial; aunque un escape en el módulo de descenso de la nave ocasionó que al final Georgi Dobrovolski, Vladislav Vólkov y Viktor Patsayev murieran en el trayecto de regreso a la Tierra y muchas de sus experiencias fueran enterradas con ellos.

Chongqing University

Imagen de una cápsula experimental de biología china a bordo de la misión Chang'e 4.

Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20

NASA

La astronauta de la NASA Peggy Whitson hizo un cultivo de col bekana en la Estación Espacial Internacional.

MOSTAZA ESPACIAL

Desde la década de los setenta, más de 40 especies de plantas se han desarrollado a través de diferentes misiones. Se calcula que hay alrededor de 300 mil especies de plantas en el planeta, así que la minuciosa selección de semillas que germinarán en un ambiente distinto a la Tierra no es aleatorio. Las especies que mayores aportaciones tienen en la dieta de los humanos (y que podrían evitar el transporte de alimentos desde la Tierra en largas misiones), así como las que poseen mejores posibilidades de supervivencia ocupan los primeros lugares de la lista. En este último rubro, una de las plantas que ha tenido un lugar privilegiado en los estudios de microgravedad es *Arabidopsis,* un género de pequeñas hierbas de la familia de la mostaza. Su ciclo corto de crecimiento la ha convertido en un modelo para la investigación fitobiológica y, de hecho, *Arabidopsis thaliana,* fue el primer genoma de planta secuenciado. Esta planta floral también formaba parte de la minibiósfera de la misón china Chang'e-4 cuyo objetivo central es explorar la cuenca Aitken, la zona de impacto más antigua y extensa sobre la superficie lunar.

En el referido experimento también estaban contempladas levaduras que podrían permitir regular el dióxido de carbono y el oxígeno de la pequeña biosfera creada en el contenedor, además de moscas de la fruta con las que se buscaba facilitar el proceso de fotosíntesis. Cabe señalar que este experimento fue seleccionado entre un grupo de 250 proyectos estudiantiles cuya convocatoria fue lanzada hace cuatro años.

En general este tipo de propuestas se han convertido en los últimos años en un auténtico semillero de nuevos científicos, de hecho la NASA y la ESA subsidian programas escolares desde nivel básico hasta educación superior donde el objetivo es imitar condiciones extremas en la Tierra para ir generando nuevas ideas que literalmente germinen en un proyecto formal.

Arabidopsis, un género de hierbas de la familia de la mostaza.

University of Arizona

Con el diseño de una cámara de cultivo de plantas hidropónica, el prototipo de invernadero lunar pretende alimentar a los astronautas en misiones distantes.

EL SISTEMA VEGGIE

Una de las más exitosas es la Tomatósfera, en la que más de 500 mil estudiantes han participado analizando las diferencias entre cultivos en el espacio y en la Tierra. Entre los proyectos formales más populares que han sustentado estos sistemas de cultivo espacial en los últimos años se encuentra *Veggie,* que hace cuatro años alimentó a los astronautas de la Estación Espacial Internacional (EEI) con ensalada fresca. En este laboratorio orbital, un ambiente que recientemente se sumó es el Advanced Plant Habitat, una instalación totalmente automatizada y concentrada en una cámara grande, cerrada y con control ambiental que se utiliza para llevar a cabo investigaciones de biociencia. La ESA, que hace trece años lanzara su primer invernadero en miniatura, también colabora con diversos proyectos, como Seedling Growth-3, donde nuevamente la gran protagonista es la mencionada *Arabidopsis.*

“La gravedad determina la dirección del crecimiento de la raíz y del tallo. Que la raíz crezca hacia abajo y el tallo lo haga hacia arriba no son hechos triviales”.

Francisco Medina, científico de la ESA, ha explicado que el propósito del experimento es comprobar cómo afecta afecta la microgravedad al desarrollo de las plantas. Detalla que la gravedad es importante porque sirve de guía a la planta para situar el “abajo”, donde están los nutrientes que la planta tiene que tomar del suelo; y el “arriba”, donde proviene la fuente de luz. “Si no hay gravedad, no existe arriba o abajo; por tanto, las referencias para el crecimiento de la planta se pierden”.

HERENCIA TERRENAL

En el espacio, sin el marco de referencia de la gravedad terrestre, las plantas se desorientan, del mismo modo que lo hacen inicialmente los astronautas, pero para ellas es más complicado adaptarse a su nuevo entorno, así que lo que buscan probar los científicos es si la irradiación con diferentes tipos e intensidades de luz puede restaurar los daños. Para este experimento dependieron de la llamada FixBox, un instrumento que fija las plantas cultivadas en ingravidez para su estudio en la Tierra. Se mandan semillas secas que se hidratan en la EEI. Las plántulas se mantienen en crecimiento durante seis días y después son conservadas por ultracongelación (a -80º), lo que también permite el análisis por técnicas de biología molecular a su regreso a los laboratorios terrestres y donde se analizan los genes implicados.

CRECIMIENTO SIN GRAVEDAD

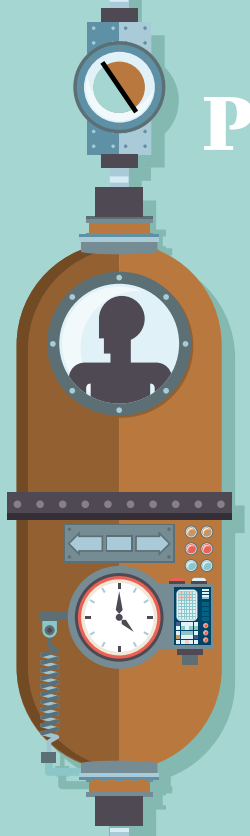
El crecimiento en ausencia de gravedad también es uno de los platos fuertes de MELISSA (Alternativa Micro-Ecológica de Soporte Vital) un proyecto que inició hace dos décadas. El elemento impulsor de MELISSA es la producción de alimentos, agua y oxígeno a partir de residuos orgánicos (biomasa no comestible, CO_2, heces, urea). Este sistema está pensado como una herramienta para desarrollar sistemas de soporte vital cerrado para misiones espaciales tripuladas a largo plazo en bases lunares y las esperadas misiones a Marte donde será clave la producción de alimentos y oxígeno.

Antes de tocar otras superficies planetarias, todos los conocimientos generados durante décadas de investigación espacial en diferentes áreas nos acompañan cotidianamente, desde la espuma viscoelástica *(memory foam)* que llevamos en el interior de nuestros tenis, y que inició probándose para amortiguar mejor los movimientos sobre los asientos de los cohetes espaciales, hasta las cámaras de los teléfonos inteligentes que nacieron como ligeros y efectivos sensores de imágenes espaciales. De esta misma forma, los cultivos en el espacio han heredado nuevas herramientas para la vida en tierra firme en cualquier micro o macrocosmos que podamos imaginar.

Por ejemplo, algunos estudios realizados con las plantas en la EEI originaron una guía que sirve para limpiar el aire de manera natural. Plantas comunes como la hiedra y la llamada cuna de moisés mostraron ser algunas de las más eficientes para filtrar ambientes industriales con amoniaco, benceno y formaldehídos. El conocimiento es vasto y en un sentido más amplio han servido para fortalecer los sistemas agrícolas de ambiente controlado e idear técnicas agrícolas en lugares inhóspitos como el Ártico y el desierto del Sahara. También han servido para diferentes aportaciones sobre el suministro de la tecnología LED. Estos sistemas también han enriquecido propuestas arquitectónicas como los cultivos verticales en las ciudades que funcionan como reguladores atmosféricos.

El estudio del desarrollo de la vida de una planta frente a los cambios de gravedad y temperaturas, no solo es un medio para garantizar comestibles, oxígeno, así como filtración y recuperación de agua, entre otras herramientas de supervivencia en futuras colonias humanas fuera de la Tierra, también es uno de los primeros pasos para vencer la propia fragilidad del organismo humano.

Pasado



Paciencia y observación: el experimento más largo de la historia

POR GERARDO HERRERA CORRAL

Gota a gota se ha llevado a cabo durante décadas una paciente investigación de la cuál se esperan noticias en el 2028.

El experimento comenzó en 1927 y aunque apenas lleva 92 años, ya tiene un valor numérico para lo que se propuso medir. La viscosidad de la brea es 230 mil millones de veces mayor que la del agua. Si, es cierto, la brea fluye con lentitud.

El profesor Thomas Parnell (1881 - 1948) quería mostrar a sus estudiantes de la Universidad de Queensland en Brisbane, Australia, que hay cosas que parecen sólidas, pero que en realidad son líquidos con una viscosidad muy alta. Puso brea en un embudo para que reposara por 3 años. Luego abrió el embudo para que comenzara a gotear. Desde entonces han caído ya 9 gotas en intervalos que duran más de 8 años.

Universidad de Queensland

Los científicos corroboraron que el material es 250 millones de veces más viscoso que el agua.

Usted no se lo perdió, en la botella queda suficiente brea como para que sigamos viendo cómo caen las gotas una muy detrás de otra, por otros 100 años.

LA NOVENA GOTA

Al comienzo del experimento no se controló la temperatura, pero cuando se desprendió la séptima gota en 1988, se decidió poner aire acondicionado en la habitación. Esto ha venido a alargar el tiempo que demora la gota en caer. Antes de este cambio en el arreglo experimental uno debería ver el tan traído, y llevado aumento de la temperatura en el planeta porque en el periodo que va de 1938 a 1988 la brea estuvo expuesta a la temperatura ambiente. Es curioso que las flores en los árboles lleguen antes al entrar la primavera —como dicen los que promueven la creencia del cambio climático— pero que la gota de brea cayera siempre con 8 o 9 años de separación entre gota y gota sin que el tiempo disminuyera.

El profesor John Mainstone quien pacientemente vigiló el experimento por muchos años murió en 2013, sin haber podido testificar la novena gota que se esperaba ya para ese mismo año. Esta cayó el 17 de abril de 2014 y el evento fue motivo de publicación en la prestigiosa revista *New Scientist*.

UN EXPERIMENTADOR PACIENTE

Resulta curioso que John Mainstone muriese de un derrame cerebral. No sabemos si fue un accidente cerebrovascular hemorrágico o isquémico, pero en ambos, la viscosidad de la sangre juega un papel. El experimentador más paciente en la historia de la ciencia, que miraba fluir un líquido millones de veces más viscoso que la miel, sucumbió cuando la hidrodinámica en sus arterias alteró el curso de los acontecimientos que le daban una extraordinaria paciencia.

Según las estimaciones, la décima gota caerá en 2028. Este evento será registrado y transmitido por una cámara que vigila día y noche la pausada formación que provoca el efecto de la gravedad sobre el líquido que se derrama sin prisas.

1927
1930
1 1938
2 1947
3 1954
4 1962
5 1970
6 1979
7 1988
8 2000
9 2014
10
2028

¿Física elemental? Las calificaciones del joven Einstein

POR VALERIA ROMÁN

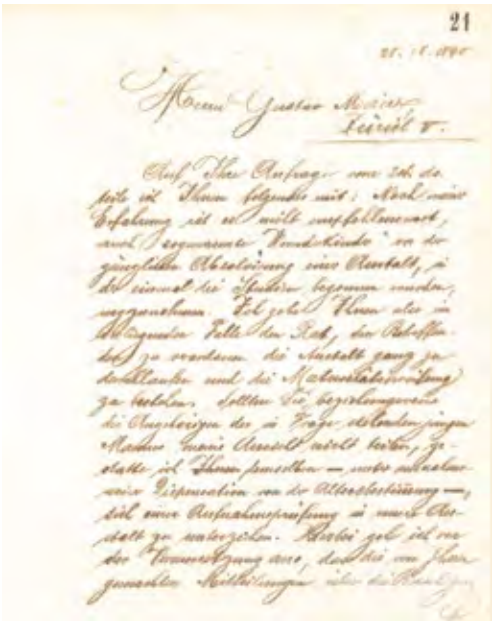
Conoce la boleta de calificaciones del científico resguardada en la universidad ETH en Zurich, Suiza.

El científico más popular de la humanidad, Albert Einstein, también sacó 1 como puntaje durante su carrera universitaria. La universidad pública de Suiza que lo tuvo como estudiante entre los años 1896 y 1900 preserva hoy en la biblioteca las notas, el diploma, las cartas, y las fotos del físico. Esos documentos indican que no fue ni el estudiante perfecto que cumplía con todo lo que pedían sus profesores, ni tampoco tenía asistencia total a las clases. Aunque, hay que decirlo, tampoco era un mal alumno.

INGRESO TEMPRANO

Einstein, que había nacido en Alemania en 1879 y era un apasionado por resolver acertijos, problemas matemáticos y construir casas con naipes desde niño, estudió en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (hoy conocida como ETH, que figura en el sexto lugar en el ránking mundial de universidades QS). La admisión no le resultó fácil. Por una recomendación personal, Einstein pudo realizar el examen a los 16 años a pesar de que no cumplía con la edad requerida.

"En el primer momento en que se presentó, Einstein no tenía aún el diploma de lo que es hoy la escuela secundaria ni la edad requerida. Sin embargo, el director de la universidad, Albin Herzog, consideró la carta de recomendación de Gustav Maier, que era amigo de la familia de Einstein, y le permitió hacer el examen", cuenta el director actual de la biblioteca del ETH, Michael Gasser, durante una visita de *Tangible* con un grupo de periodistas en el marco de la Conferencia Mundial de Periodistas Científicos que se hizo en Suiza días atrás.


21

Como no tenía 18 años ni la secundaria terminada, Albert Einstein consiguió una carta de recomendación de Gustav Maier (amigo de su familia) para ser aceptado en el examen de la Escuela Politécnica de Zurich. No lo pasó en el primer intento.

La prueba de admisión abarcó física, matemáticas, botánica, geografía, lenguas e historia. Einstein rindió bien en matemáticas y física, y no aprobó la parte de conocimiento general. Pero no se defraudó. Uno de los profesores de física del Politécnico lo invitó a asistir como

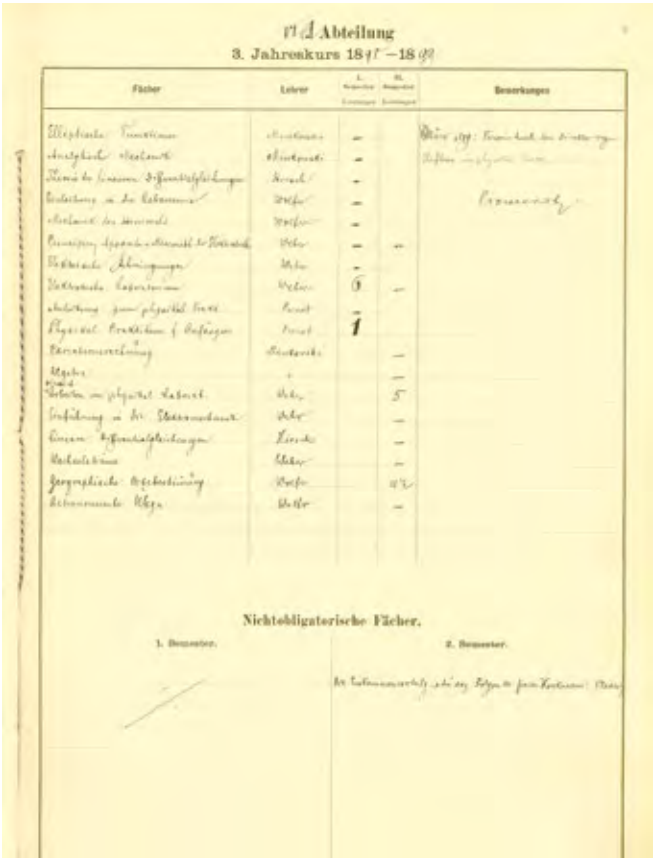
Ilustración José Blenda / Fotos: ETH-Bibliothek, Zürich - Archive und Nachlässe

oyente a sus clases, y decidió terminar la secundaria en la escuela en Aarau, cerca de Zurich. En 1876, Einstein logró finalmente ser admitido como alumno de la Escuela Politécnica para estudiar física. El título lo iba a habilitar también para enseñar matemática y astronomía.

!UNO SOBRE CINCO!

Einstein tenía solo cuatro compañeros en su clase en el Politécnico. Allí se enamoró de Milena Maric, que era la única mujer en su clase. Como Einstein no estaba de acuerdo con los contenidos de algunas clases de física, no asistía con regularidad y se quedaba a estudiar en su casa. Para los exámenes, Einstein confiaba en las anotaciones que hacían sus compañeros que sí iban a clase con más frecuencia. En el tercer año en la universidad, tuvo problemas con la materia "Curso práctico de física para principiantes", que dictaba Jean Pernet, quien le puso 1. El puntaje de los cursos iba entre 1 y 5 en ese momento.

Aún no está claro si a Einstein no le gustaba el modo de dar las clases del profesor Pernet o si no le entusiasmaron los experimentos que le proponía. La cuestión es que Einstein faltó a muchas clases, y Pernet le puso la nota más baja. Según escribió Denis Brian, en el libro *Einstein: A life*, el profesor le recomendó cambiar a medicina o derecho.


VI. Abteilung
3. Jahreskurs 18[illegible]–18[illegible]

Fächer	Lehrer	I. Semester	II. Semester	Bemerkungen
Elliptische Transcendenten	[illegible]	–		
Analytische Mechanik	[illegible]	–		
Theorie der linearen Differentialgleichungen	[illegible]	–		
Einleitung in die Astronomie	[illegible]	–		
Mechanik des Himmels	[illegible]	–		
Principien descriptiver Geometrie mit Übungen	[illegible]	–	–	
Elektrische Schwingungen	[illegible]	–		
Elektrische Experimente	[illegible]	6	–	
Einleitung zum physikal. Kurse	[illegible]	–		
Physikal. Praktikum f. Anfänger	[illegible]	1		
Examensvorbereitung	[illegible]		–	
Algebra	[illegible]		–	
Einleitung in physikal. Laborat.	[illegible]		5	
Einführung in die Elektrodynamik	[illegible]		–	
Einzelne Abschnittsgleichungen	[illegible]		–	
Variationsrechnung	[illegible]		–	
Geographische Ortsbestimmung	[illegible]		4	
Astronomische Übungen	[illegible]		–	

Nichtobligatorische Fächer.

1. Semester.	2. Semester.
	[illegible]

Durante el tercer año en la Escuela Politécnica deZurich (hoy conocida como ETH Zurich), Albert Einstein cursó Física para principiantes. Como no iba a clases, el profesor le puso 1.

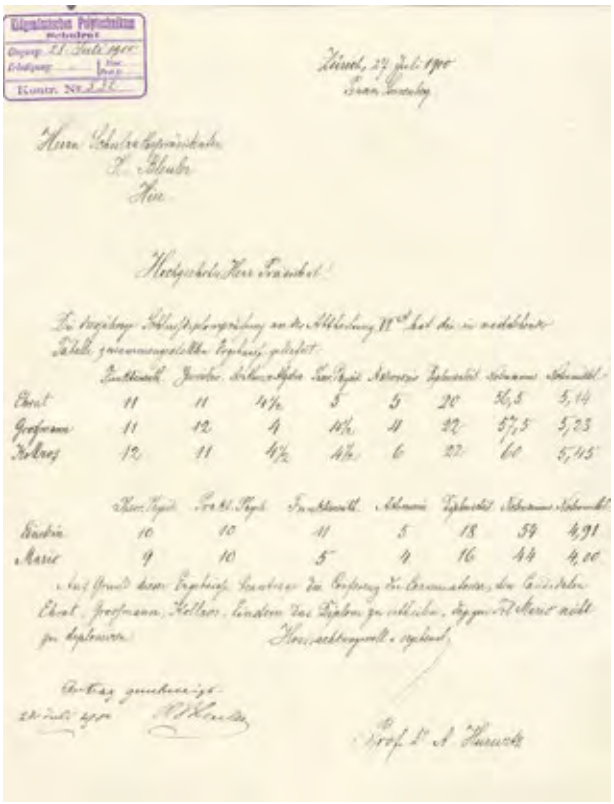
"La física es demasiado difícil para usted", le habría dicho.

Einstein no hizo caso a sus palabras, y siguió estudiando.

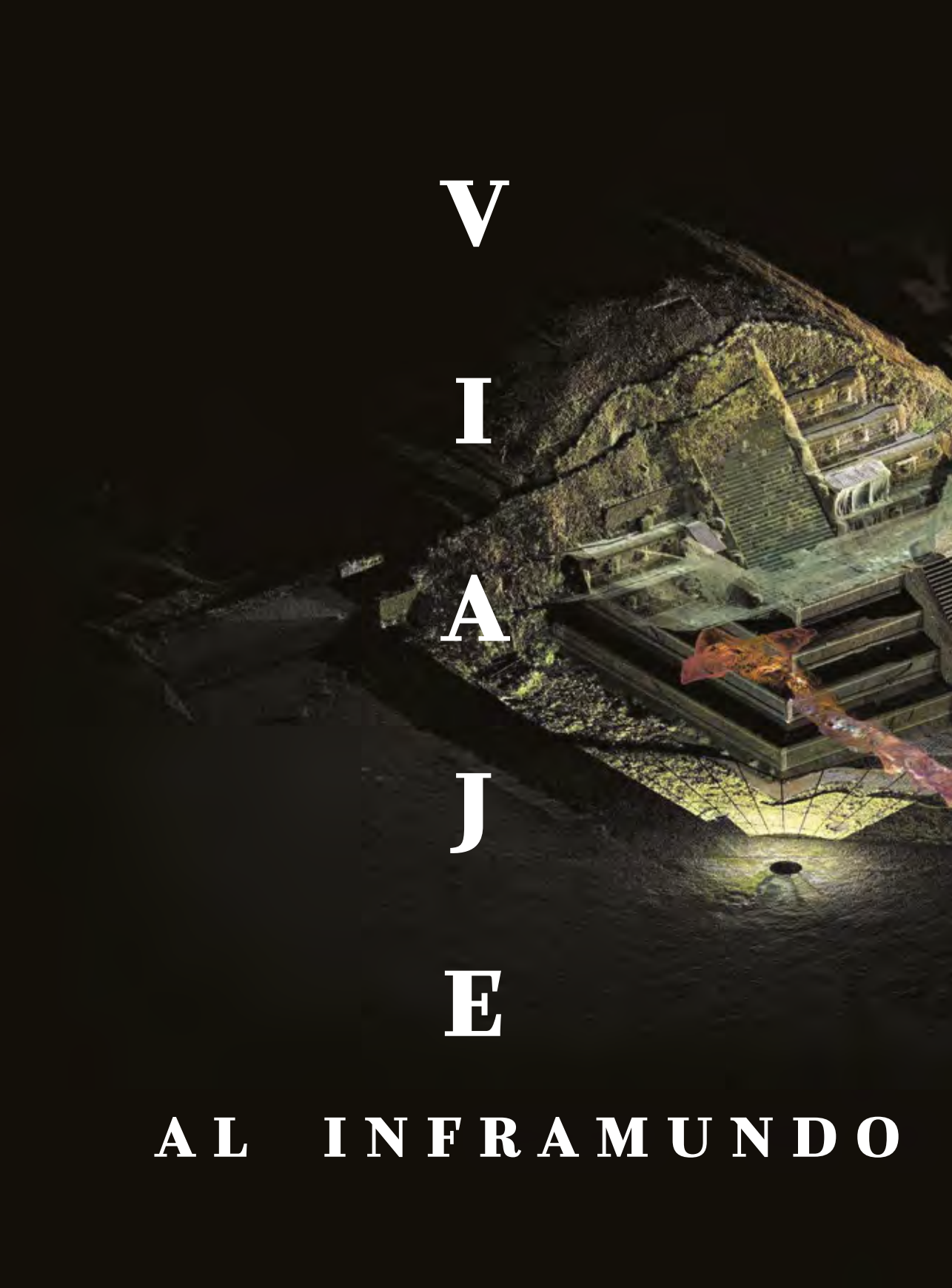
En julio de 1900 egresó del Politécnico. Doce años después, volvió como profesor de física teórica, y sus logros fueron mundialmente destacados. Por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica, Einstein ganó el Premio Nobel de Física en 1921. También es reconocido por formular la Teoría de la Relatividad.

LOS FRACASOS TAMBIÉN SON RELATIVOS

La historia de Einstein revela que los fracasos estudiantiles pueden ser relativos. Según comentó a *Tangible,* Agustín Adúriz-Bravo, doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales, investigador principal del Conicet y profesor asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires: "A veces se cree que la física es una disciplina sólo apta para personas muy estudiosas y "nerds". Sin embargo, en las carreras de física se busca otro perfil: que el estudiante aporte originalidad en las soluciones a los problemas, y que también se divierta. Los estudiantes de física en las universidades no necesariamente tienen que haber sido los mejores alumnos en la secundaria. Sí, es una carrera que requiere mucha concentración, abierta a la diversidad de géneros, y que tiene una amplia salida laboral ya que los egresados pueden trabajar en criptomonedas, gestión de empresas, inteligencia artificial, biomedicina, entre muchos otros campos de acción".

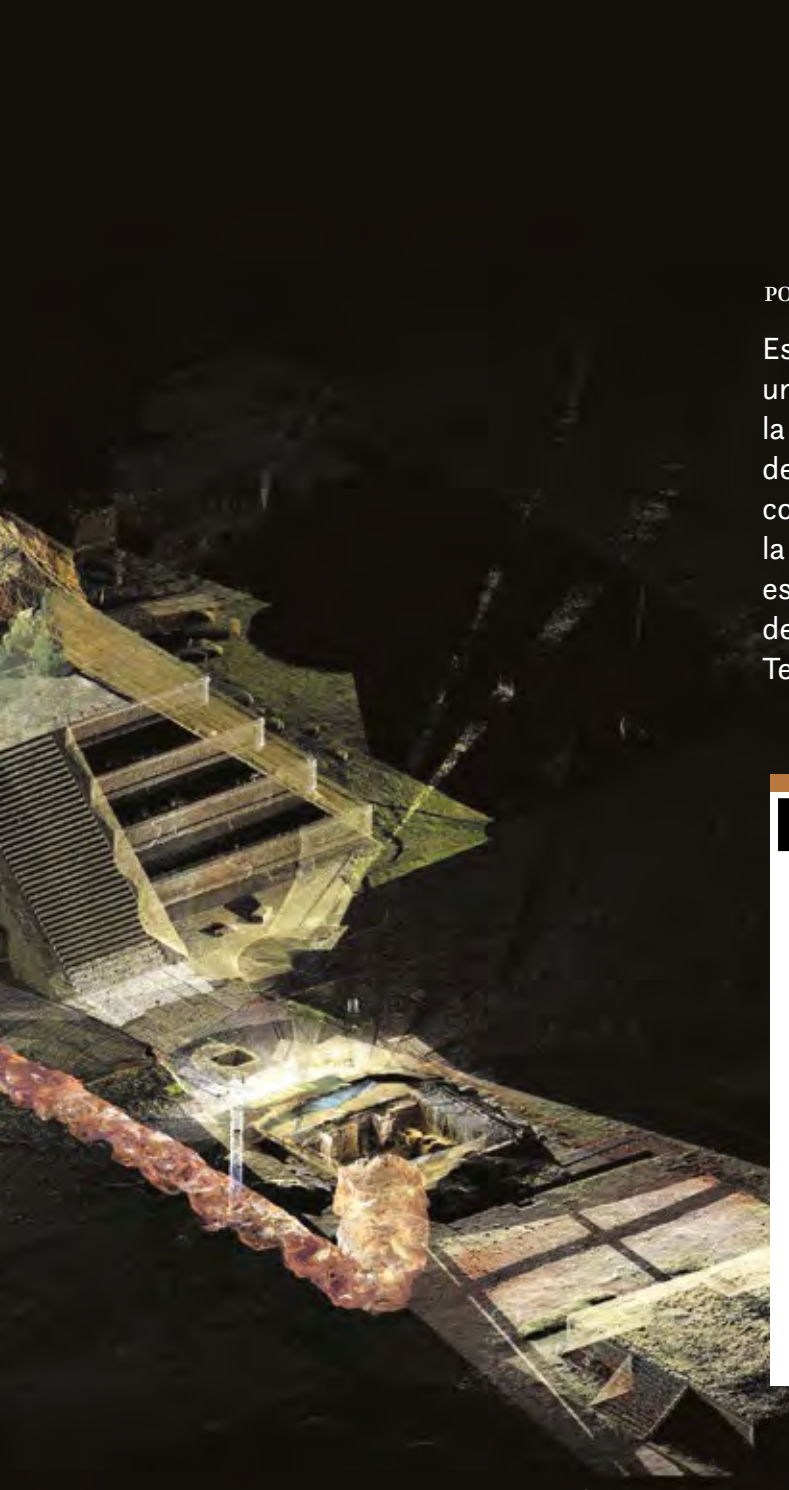


Diploma politécnico de Einstein. En el año 1900, Albert Einstein obtiene el título de maestría en física en una de las universidades más prestigiosas de Europa.



V I A J E

AL INFRAMUNDO



PREHISPÁNICO

POR IVÁN CARRILLO

Este hallazgo fue un parteaguas en la comprensión del pensamiento cosmogónico, la religión y las estructuras de poder en Teotihuacán.

El 2 de octubre del 2003, Sergio Gómez conoció el inframundo teotihuacano. Fue Tláloc —el dios de la lluvia en la tradición prehispánica— quien le reveló "el lugar lleno de abundancia donde se adquiría nueva vida", según lo describe Alfonso Caso en *El pueblo del Sol*. Aquella lluviosa madrugada, el arqueólogo responsable de la restauración del templo de la Serpiente Emplumada fue avisado por uno de sus trabajadores de una filtración frente al edificio que había conocido muchos años antes, en 1981, como estudiante de cuarto semestre de psicología.

En aquél entonces, el joven universitario aceptó por necesidad hacerse cargo de la biblioteca de Teotihuacán. Su labor consistía en llevar los libros requeridos por los investigadores desde la Ciudad de México hasta la zona arqueológica. El trayecto era largo y pesado, y se hacía acompañar por los volúmenes que transportaba: "Mi trabajo era leer", me dice este hombre que ronda los cincuenta y ocho años, mientras da una calada profunda a su cigarrillo.

La madrugada del hallazgo, Sergio constató que el agua acumulada en la plazuela se iba por un boquete con un diámetro de 83 centímetros. Pidió a sus trabajadores que lo bajaran amarrado con una cuerda a la cintura. Durante el descenso de trece metros sintió la humedad de las paredes de un tiro perfectamente labrado en el tepetate. Abajo observó lo que parecía ser un túnel. "Estaba completamente relleno de tierra y piedra. Solamente por la parte superior logramos ver las marcas de herramientas con las que había sido excavado. Ya en ese momento nos percatamos de que no era algo natural; que (tampoco) se trataba de un pozo artesano para el riego (...). Entonces fue un momento muy importante de emoción".

EXCAVAR EN LA BUROCRACIA

El instinto de los arqueólogos es excavar. Cual sabuesos, obedecen a su olfato y un deseo irrefrenable de remover la tierra les invade. Pero el mundo de la arqueología no funciona tan impulsivamente. Menos aún, tratándose de la emblemática zona arqueológica de Teotihuacán —el lugar donde fueron hechos los dioses— un destino que recibe cerca de cinco millones de turistas al año para visitar la ciudadela de una urbe que, en su momento de máximo apogeo, concentró a unos 100 mil habitantes, según el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

En los meses siguientes, el arqueólogo intentó por diversos medios conocer el interior de su hallazgo. Junto con un amigo adaptaron un carrito de control remoto con una cámara de video y lo introdujeron en la rendija que quedaba entre el lodo y la bóveda. Pero el plan falló, el vehículo avanzó un metro y medio y se atascó.

Fue un mal comienzo y el primer obstáculo de los muchos que tendría que librar antes de extraer el primer puñado de tierra. Le siguió un cambio en la dirección del INAH, y la consecuente cancelación "por falta de presupuesto" del proyecto de conservación del templo que le permitía trabajar en la zona.

El golpe fue duro. El joven investigador se había mudado desde la Ciudad de México a Teotihuacán después del terremoto de 1985. El trabajo de bibliotecario había terminado por involucrarlo a fondo con los arqueólogos con quienes le gustaba "ir de metiche" y fue uno de ellos quien lo motivó a cambiar de carrera cuando conoció su habilidad para dibujar.

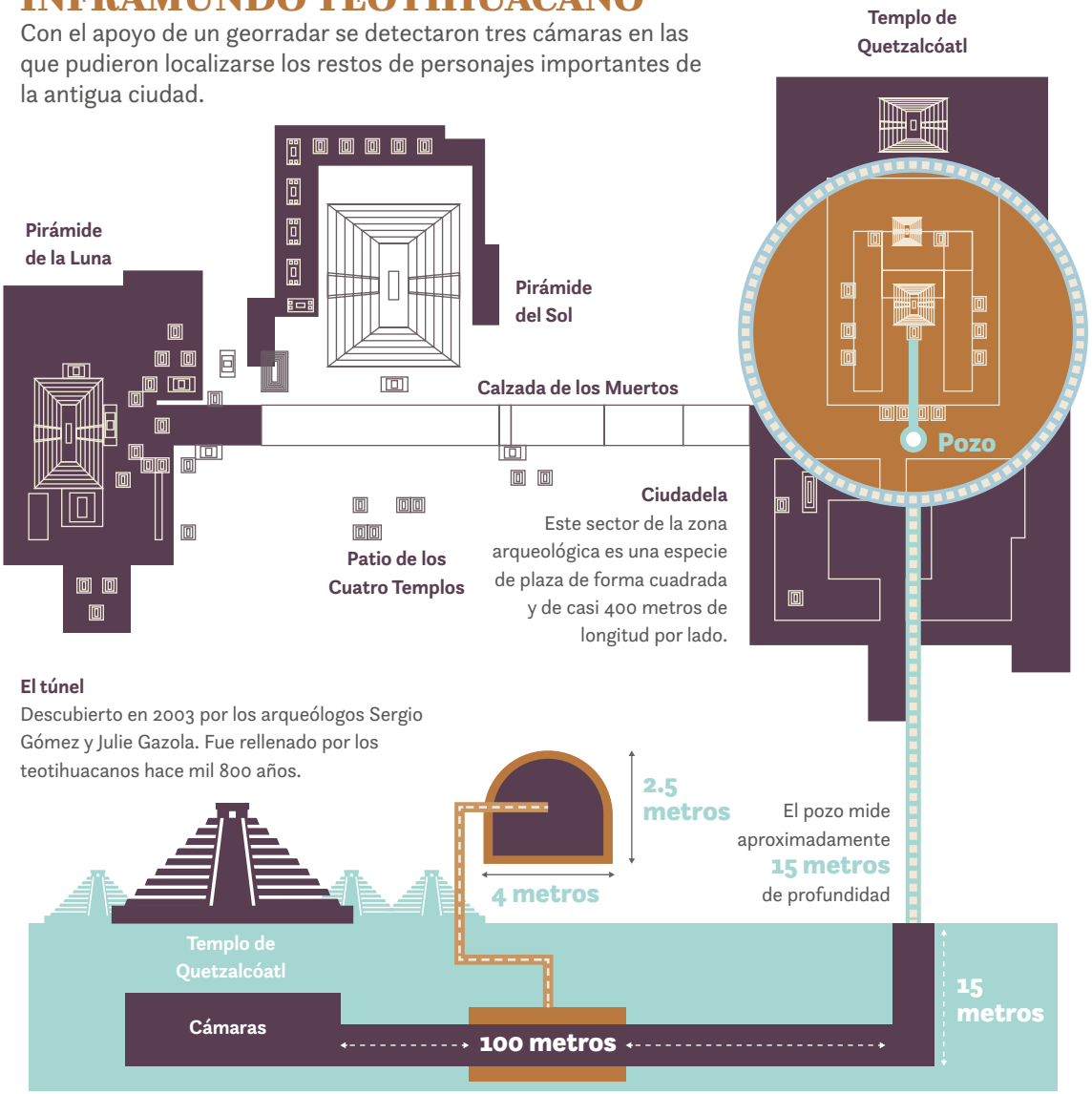
Ya como profesional había conseguido autorización para restaurar el templo con base en una preocupación legítima, pues "veía como se caía en pedazos". Se trataba del primer proyecto importante a su cargo. Lo que nunca se imaginó es que su pasión por ese edificio lo llevaría al pasaje oculto que ahora se le revelaba en la zona arqueológica más explorada del país.

Consciente de la oportunidad se lanzó en busca de recursos. Los siguientes años enfrentó a la burocracia y fue hasta en el 2009, —seis años después de haber hecho el hallazgo— cuando el arqueólogo finalmente tuvo entre sus manos el documento que le autorizaba iniciar la exploración.

Página anterior: INAH

INFRAMUNDO TEOTIHUACANO

Con el apoyo de un georradar se detectaron tres cámaras en las que pudieron localizarse los restos de personajes importantes de la antigua ciudad.



Infografía: Luis Cruz

EL TÚNEL

Desciendo junto con Sergio por la entrada principal del túnel. Un boquete cuadrangular de unos cuatro metros de lado. Se trata del mismo punto donde, muchos años antes —en 1982—, la arqueóloga Patricia Quintanilla excavó hasta 9 metros. Aquella investigación se quedó a escasos 20 centímetros de encontrar el túnel, me dice Sergio, quien recuerda que en su tiempo de bibliotecario dotó de libros a su colega.

No es la primera vez que ingreso a este espacio. En mi visita previa, en el año 2015, la excavación se encontraba con un

avance del 70% al 80%. Pude constatar el delicado y arduo trabajo realizado por su equipo, conformado por unas 40 o 50 personas, para extraer y cernir cada puñado de tierra. Entonces se sentía en el aire una gran expectativa: La posibilidad de hallar alguna tumba o un depósito funerario. Aunque Sergio era muy cauteloso al referirse a ella, la ilusión que sentía se delatada en su mirada: "Hay indicios que nos dicen que hay algo más importante que la ofrenda", me dijo entonces.

El proceso total para vaciar el túnel de 103 metros de largo y 18 metros en su parte más profunda duró nueve años.

La labor realizada "con herramientas de dentista" extrajo casi mil toneladas de piedra y lodo y cerca de 100 mil objetos: jade de Guatemala, turquesa de Arizona, conchas del Mar de Cortés, restos de bastones de madera, mercurio, semillas en perfecto estado de conservación, caracoles labrados del Caribe, cerámica de Puebla, garras y cráneos de grandes felinos...

¿Qué importante acontecimiento sucedió hace cerca de 2000 años en este sitio para congregar todos los poderes de Mesoamérica? "El contexto y la variedad de objetos indican que fue una ceremonia muy fastuosa, que muy probablemente la hicieron para sepultar a alguien", me responde Sergio.

METÁFORA DEL INFRAMUNDO

Conforme iba avanzando la excavación, la idea de una representación metafórica del inframundo fue cobrando fuerza en la mente del arqueólogo. Resonaban en su cabeza las palabras del cronista Bernardino de Sahagún, quien lo había descrito como un "lugar oscuro y húmedo por el que corrían las aguas sagradas". La bóveda recubierta de pirita como una representación del cielo brillante, y una reproducción en miniatura de un paisaje montañoso con diminutos lagos de mercurio reforzaban su hipótesis.

Además, si el túnel era el inframundo se podía pensar que el templo no estaba dedicado a Quetzalcóatl, como se había pensado hasta la fecha, sino que era una representación de la serpiente que penetra al inframundo y emerge con el símbolo del principio de los tiempos: el cocodrilo negro o Cipactli. Es decir, que toda la infraestructura podría referirse al inicio del tiempo mítico, a la fundación de Teotihuacán.

No obstante, para Sergio esos pensamientos no

El túnel supuso un replanteamiento del simbolismo atribuido al templo dedicado al dios Quetzalcoátl.

Una de las figuras femeninas y la figura masculina (de menor tamaño) encontradas al final del túnel.

son mas que conjeturas que deben ser sometidas a estudio: "Terminamos la etapa más fácil que es la exploración. Viene la etapa más complicada (...) la clasificación para llegar a la interpretación. Se trata de estructurar todos estos elementos que nos ayudan a constituir un discurso con bases científicas para poder dar una explicación de lo que pudo haber sido este lugar, el significado, el uso".

DESENTERRAR TESOROS

Finalmente llegamos al final del túnel que termina justo debajo del templo. Frente a mí observo tres cámaras dispuestas en forma de cruz y la maqueta que simula un paisaje montañoso. Siento la fascinación del misterio de lo que allí pudo haber sucedido. En ese sitio, fueron encontradas tres figuras antropomorfas (y los restos de una cuarta). Las esculturas representaban a dos grandes mujeres elegantemente ataviadas y a un hombre pequeño y desnudo. "quizá como una representación de los fundadores de Teotihuacán", afirma Sergio.

Ahí, frente al espacio que se convirtió en el objetivo que persiguió durante años, le hago la pregunta que me corroe desde el principio de la entrevista. "¿Qué sentiste cuando te diste cuenta que no había una tumba o un depósito funerario?". Su respuesta la expresa con una auténtica serenidad: "Yo lo planteé como una hipótesis, pero no es algo que me preocupe ni me obsesione. Nosotros trabajamos así, con hipótesis, no somos magos".

Le hago mi último cuestionamiento: "¿hay algún momento en tu infancia que haya determinado tu vocación como arqueólogo?".

Esta vez, el arqueólogo se toma su tiempo en responder. Su memoria lo ha hecho retroceder a la colonia Moctezuma, cuando tenía 8 o nueve años. Sergio fue el tercero de nueve hermanos. Su padre era contador y su madre trabajaba en casa. Nadie le inspiró su vocación dice, pero de pronto ríe divertido: "De niño me gustaba siempre jugar con la tierra. Recuerdo que me gustaba enterrar mis juguetes buscar y encontrarlos como tesoros. (...) A veces los dejaba ahí olvidados. Me regañaban en casa porque me ensuciaba, y lo más chistoso es que ahora me pagan por ensuciarme y me divierto mucho".

INAH

LA ENIGMÁTICA SONRISA DE LA GIOCONDA

POR LUIS JAVIER PLATA ROSAS

Una mirada desde la neuropsicología aventura nuevas interpretaciones del gesto de felicidad de la pintura más famosa de la historia.

Como ya es costumbre cuando se trata de una mente tan compleja como la de Leonardo da Vinci, este año que conmemoramos medio milenio de su muerte (ocurrida un 2 de mayo), el genial humanista nos ha obligado por segunda vez a mirar con nuevos ojos a *La Gioconda,* luego de que en enero los psicólogos Gernot Horstmann y Sebastian Loth demostraran experimentalmente que el llamado *Efecto Mona Lisa* (ilusión óptica por la cual percibimos que la persona de una foto, una pintura o una escultura nos sigue con su mirada a todas partes y desde donde sea que nosotros la observemos) no está presente en la Mona Lisa y que, para evitar esta ironía, no estaría mal cambiarle el nombre (al efecto, claro está). En esta ocasión, en un artículo disponible en línea desde abril, los neurocientíficos Luca Marsili, Lucia Ricciardi y Matteo Bologna han concluido que esa genuina expresión de felicidad en la Mona Lisa está asociada a una menos genuina sonrisa.

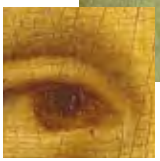
LA IDENTIDAD DE LA MONA LISA

Qué es falso y qué es real son preguntas que han acompañado siempre a la Mona Lisa, comenzando por la identidad de la mujer de la pintura, pero la evidencia histórica apunta a que, como señala, entre otros, Walter Issacson en su reciente biografía sobre Da Vinci (publicada en octubre de 2017), en verdad se trata de Lisa Gherardini, nacida en el año 1479 y esposa de Francesco del Giocondo, próspero comerciante de seda de Florencia que le comisionó este cuadro cuando ella tenía alrededor de 24 años de edad.

Apoya esta conclusión Giorgio Vasari, quien así lo afirma en su obra *Las vidas de los más excelentes pintores, escultores y arquitectos, desde Cimabue a nuestros tiempos* y que conoció tanto a Francesco como a Lisa y fue amigo de los hijos de esta pareja. “Cuando se realizó la primera edición de su libro” —señala Issacson— “que fue impresa en el año 1550, los niños [hijos de Francesco y Lisa] todavía vivían [...] Si él se hubiera equivocado sobre que Lisa era el sujeto de la pintura, había varios familiares y amigos de ella que lo habrían corregido para la publicación de la segunda edición del año 1568”, pero tanto en la primera como en la segunda edición Vasari asegura que *La Gioconda* es Lisa Gherardini.

MIRADA DESDE LA CIENCIA

(Como si se tratase de un cruce entre el arte y la serie televisiva CSI —o más bien Bones—)



Expertos en reumatología consideran además que la muerte de la Gioconda a los 37 años se debió posiblemente a una cardiopatía isquémica ocasionada por hiperlipidemia, que es la presencia de una alta concentración de grasas en la sangre y que es evidente (para estos científicos) por la presencia en el rostro de la modelo retratada de alteraciones de la piel cerca del extremo interno de la parte superior del párpado izquierdo

Un experto forense que conjetura que el área labial de la Mona Lisa muestra una cicatriz que bien pudo ser provocada por la aplicación de una fuerza con un objeto contundente que, posiblemente, provocó la pérdida de los dientes anteriores de la víctima, por lo que no hay ni sombra de sonrisa ni de felicidad en la Lisa Gherardini retratada.

FELICIDAD A MEDIAS

Pero haciendo caso omiso de la desdentada hipótesis descrita —lo que es más sencillo, una vez que examinemos otra más jovial en los siguientes párrafos—, un rasgo en específico de la sonrisa de la Mona Lisa ha llamado la atención de los científicos: su asimetría que, como podemos apreciar sin mayor dificultad, se debe a que la orilla izquierda de su boca está ligeramente curvada hacia arriba. Esto confirma la conclusión de otro experimento reciente en el que los científicos, al manipular la curvatura de la boca de la Mona Lisa, establecieron que la probabilidad de que un participante percibiera la expresión de la pintura como de felicidad era próxima al 100%.

en 2008 un programa de reconocimiento de emociones faciales había descompuesto la cara de la Mona Lisa como la suma de un 83% de felicidad, más una pizca de disgusto (9%), temor (6%) y algo de enojo (2%).

¿SIMPLEMENTE ABURRIMIENTO?

En resumen, la Mona Lisa es feliz, pero su felicidad se refleja sólo en el lado izquierdo de su sonrisa asimétrica. Y como estando Da Vinci involucrado nada puede ser simple, esta asimetría ha sido atribuida a diferentes enfermedades que podrían haber debilitado los músculos de la mitad inferior del rostro de esta paciente, como la parálisis idiopática de Bell (un trastorno del nervio facial debido a muy diversas causas, incluyendo infecciones por herpes), el síndrome de Ramsay Hunt (también por un herpes), el síndrome de Guillain-Barrè (en el que el nervio facial es atacado por el sistema inmunitario) y hasta traumatismos.

Ninguna de estas explicaciones médicas ha convencido a Marsili y a su equipo y, como buenos neurocientíficos, han propuesto una hipótesis alternativa basada en la teoría neuropsicológica de las emociones y según la cual una sonrisa espontánea y genuina expresión de una experiencia placentera, también llamada sonrisa de Duchenne, requiere de la activación simétrica y bilateral de los músculos faciales superior e inferior. En contraste, una sonrisa fingida, como la de actrices y actores en las películas (y también fuera de ellas), y como la de la Mona Lisa, se caracteriza por cierto grado de asimetría e indica que, quien la exhibe, miente.

¿Qué hay detrás de la falsa sonrisa de la Mona Lisa? Tal vez detrás de ella no se oculte un mayor enigma que, como aventuran Marsili y sus colegas, la incomodidad de estar sentada e inmóvil durante horas para ser pintada.

Giorgio Vasari nos dice que:

"... Mona Lisa era muy hermosa, y mientras el artista estaba haciendo su retrato empleó el recurso de hacerle escuchar músicas y cantos, y proporcionarle bufones para que la regocijaran, con el objeto de evitar esa melancolía que la pintura suele dar a los retratos".

Quizás ni el Adam Sandler del Renacimiento o el mismo guasón habría logrado mantener por horas una sonrisa de Duchenne en la Mona Lisa.

Homo luzonensis:
Bienvenido a la familia humana

POR CARMINA DE LA LUZ

El hallazgo de la nueva especie en Filipinas ha llevado a los arqueólogos a replantearse el concepto y la historia de la humanidad, y extiende aún más nuestro árbol familiar.

Imagina que tú, tu familia y todos los de tu especie eventualmente llegan a una isla y quedan desconectados del resto del mundo. Pasan años, decenas de miles de años; en ocasiones, los tuyos se enfrentan a límites de espacio e incluso a escasez de comida; y la selección natural los orilla a adaptarse o morir, con lo que resulta una nueva especie. A lo largo de generaciones, los sobrevivientes de tu estirpe serán muy distintos a los primeros isleños; probablemente medirán metro y medio (máximo), estatura que los volvió más aptos a su hábitat inclemente.

Lo anterior se conoce como enanismo insular, y es una de las manifestaciones de la evolución biológica, fenómeno inherente a todos los seres vivos. Es también la posible historia de *Homo luzonensis,* el recientemente anunciado nuevo pariente del ser humano. ¿Quién es esta especie y por qué viene a cimbrar nuestro propio relato como humanidad?

Los restos fueron descubiertos en la cueva del Callao en Filipinas.

University of the Philippines

ÉRASE UNA VEZ EN FILIPINAS

Gritarle al mundo un hallazgo como el de *Homo luzonensis* requiere de varias personas y años de trabajo. En este caso, la labor comenzó con el arqueólogo filipino Armand Salvador Mijares, quien en 2007 encontró fósiles muy distintos a todo lo que había visto. Mijares ha sido denominado "el hombre que excavó más profundo"; él decidió buscar en Callao, una enorme cueva de la provincia de Cagayan (isla de Luzón, Filipinas) que en el pasado podría haber sido el dulce hogar de alguna especie emparentada con el ser humano.

Las suposiciones de Salvador Mijares se hicieron realidad el día que desenterró restos con una antigüedad de 67 mil años. Otro miembro del equipo, el doctor Philip Piper –experto en zooarqueología y paleoecología de la Universidad Nacional Australiana– lo ayudó a descartar aquellos fósiles que pertenecían a otro tipo de animales. Al final, los investigadores se quedaron con un solo hueso que les recordaba a los del pie humano: "era pequeño y había algo raro en él", dijo Mijares al respecto.

Más tarde, el ahora profesor de la University of Philippines Diliman y sus colaboradores, encontraron nuevas evidencias: en 2011 desenterraron en Callao dientes, un fragmento de fémur y huesos de mano, también muy parecidos a los nuestros; mientras que en 2015 hallaron otros dos rastros dentales, esta vez con una antigüedad de 50 mil años. De esta manera, el equipo de científicos –al que se unió Florent Détroit, investigador del Musée de l'Homme en París– terminó trabajando con apenas 13 pequeños fósiles.

Lo más impresionante de estos hallazgos no son los restos en sí, sino las conclusiones a las que dieron pie. Détroit, Mijares y Piper son parte de los autores que el pasado 10 de abril publicaron un estudio que apuesta por una nueva especie de *Homo,* el mismo género al que pertenecemos los humanos modernos u *Homo sapiens.* Aunque no todos los días nos enteramos de este tipo de sucesos, tampoco es la primera vez que surge una noticia por el estilo.

El primer hallazgo consistió en un metatarsiano de unos cuantos centímetros de largo.

UNA NUEVA ESPECIE

El descubrimiento del *Homo luzonensis* en Filipinas ha provocado nuevos cuestionamientos en la historia de nuestra evolución y la reestructura en el estudio de nuestro árbol familiar.

Homo sapiens
200 mil años
Procedente
de todo
el mundo

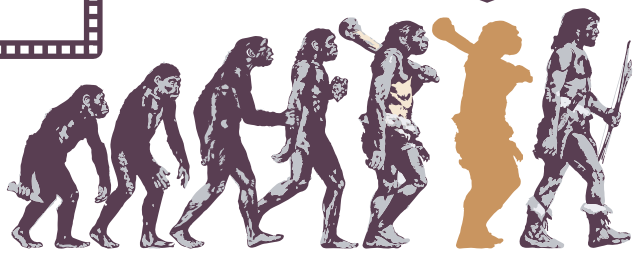
Homo floresiensis
700 mil - 40 mil años
Procedente
de Europa y Asia
Occidental

Homo erectus
1.5 millones - 300 mil años
Procedente
de Asia Oriental

Homo habilis
2.5-1.4 millones de años
Procedente
de África Sudsahariana

Homo ergaster
2-1 millones de años
Procedente
de África Oriental

Homo luzonensis
67 mil - 50 mil años
Procedente
del viejo mundo



Homo neanderthalensis
330 mil - 30 mil años
Procedente
de Europa y Asia Occidental

Infografía: Luis Cruz

NAVEGANTES ANTIGUOS

Ya en 2004, se había anunciado el encuentro con *Homo floresiensis,* cuyos descubridores lo llamaron cariñosamente "El Hobbit", debido a su pequeñez. Esta especie vivió en la isla Flores (Indonesia) –ubicada a unos 3000 kilómetros al sur de Luzón– hasta hace aproximadamente 50 mil años, lo cual significa que coexistió temporalmente con *Homo luzonensis.* Eso no es todo; tal como sugiere el Instituto Smithsoniano, en diversos puntos de la Tierra, otras especies de *Homo* luchaban por la supervivencia durante la misma época: neandertales, en Europa; denisovanos, en Siberia; quizá los últimos ejemplares de *Homo erectus,* en Asia; y nuestra propia especie –*Homo sapiens*–, que comenzaba a salir de su natal África.

Para Chris Stringer, el hallazgo de *Homo luzonensis* no es de extrañar; al contrario, desde el descubrimiento del hombre de Flores, el profesor del Museo de Historia Natural de Londres –quien no participó en ninguna de las dos publicaciones– sugirió que algo similar podría repetirse en otras islas de la región. Ambas especies (luzonensis y floresiensis), enfrentaron las presiones que implica vivir en un sitio reducido; sin embargo, esto tampoco es lo más intrigante sobre ellos. El enanismo insular es relativamente común entre los animales, inclusive en nuestros tiempos; por ejemplo, el zorro isleño –*Urocyon littoralis,* considerada la especie de zorro más pequeña de Norteamérica– está adaptado a su hábitat, las Islas Santa Bárbara (frente a las costas de California).

El verdadero misterio que representa *Homo luzonensis* es la forma en que llegó a la isla de Luzón.

Alejandro Terrazas, paleoantropólogo mexicano, dijo a *Tangible* que la única explicación es que lo haya hecho navegando. Dicha hipótesis se sustenta en la historia geológica del lugar y en la historia de los Homo; este género surgió en África, hace unos dos millones de años, y para ese entonces el océano ya rodeaba a Luzón. "No fue como en el caso del estrecho de Bering –explica el doctor Terrazas para referirse a los sapiens que llegaron a América durante la más reciente era de hielo–, que cuando se congeló nos permitió pasar caminando; por eso el hallazgo [de *Homo luzonensis]* revela que ya desde hace mucho tiempo otras especies eran capaces de viajar por mar (...) y esto fue gracias a su inteligencia y tecnología".

¿ANCESTROS O PARIENTES?

De acuerdo con la investigación publicada hace algunos días en la revista *Nature, Homo luzonensis* probablemente no llegaba a medir más de 90 centímetros de altura, y su apariencia pudo haber sido una mezcla de características modernas y ancestrales. Al respecto, Alejandro Terrazas —quien no participó en el descubrimiento— recuerda un diálogo que ha tenido con diversos medios:

–Entonces, ¿*Homo luzonensis* podría ser el ancestro de los "negrito"? –le han preguntado.

–No. –Responde tajantemente el académico del Instituto de Investigaciones

Las excavacoines en la cueva dieron por resultado el hallazgo de doce huesos y dientes.

Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. –Los "negrito" son varios grupos étnicos distribuidos actualmente en Malasia, las islas Andamán e incluso Filipinas; no suelen medir más de metro y medio, sin embargo, pertenecen a la misma especie que nosotros, *Homo sapiens*. Si tú hablas con uno de ellos, te darás cuenta que son iguales a ti; su idioma es diferente, pero su capacidad de lenguaje y manera de pensar es la misma. Lo que sucede es que son un ejemplo contemporáneo de enanismo insular–.

Según este experto del Laboratorio de Prehistoria y Evolución Humana, los *sapiens* surgimos en África, hace 300 mil años, y los fósiles de nuestra especie indican que comenzamos a desplazarnos hacia otros territorios apenas hace 70 mil años. En todo caso, los "negrito" son descendientes de los primeros *Homo sapiens* que llegaron a las Filipinas, aproximadamente hace 10 mil años. "Si tienes restos tan diferentes como los de Luzón, con una antigüedad de 67 mil años, entonces no puede tratarse de ancestros de *Homo sapiens;* lo más probable es que esos fósiles pertenezcan a otra especie".

Quienes hallaron a *Homo luzonensis* se percataron de que tenía dientes muy parecidos a los nuestros, pero demasiado pequeños. En cambio, las manos y los pies recuerdan más a especies tan antiguas como Lucy –Australopithecus que pobló África hace entre 4 y 2 millones de años–. Este es otro de los grandes enigmas sobre luzonensis: "Los antropólogos asumíamos que organismos como los australopitecos jamás habían salido de África", señala el doctor Terrazas.

TRABAJO IMPECABLE

Alejandro Terrazas aprovechó la conversación con *Tangible* para reconocer la calidad de la investigación: "Los autores son gente de primerísimo nivel, jóvenes que hicieron un trabajo espectacular; los

University of the Philippines

resultados fueron sorprendentes, totalmente inesperados". Terrazas continúa describiendo cómo durante el Congreso de la Unión Internacional de Ciencias Prehistóricas y Protohistóricas (UISPP, por sus siglas en francés), realizada en junio de 2018 en París, ya corrían rumores entre los colegas. "A los autores les decíamos que estaban ocultando algo –cuenta en tono de broma el investigador–, pero ellos supieron guardar muy bien sus resultados, hasta que estuvieran realmente listos".

–Doctor, hablando de las cualidades del trabajo –interrumpo a Terrazas **–¿Cómo se dieron cuenta los investigadores que los trece fósiles pertenecieron, al menos, a tres individuos distintos de Homo luzonensis: dos adultos y un niño?**

–Bueno –me dice el Doctor en Antropología, y sonríe ante la pregunta –el número de individuos se infiere por eliminación. Por ejemplo, primero observaron todos los dientes; como un solo individuo no puede tener dos primeros molares derechos, entonces eso indica que, al menos, pertenen a dos individuos diferentes; y por el desgaste de esos dientes debían ser de adultos. Sin embargo, el fémur tenía características de un juvenil, que corresponde al tercer individuo.

–¿Y por qué suponen que la especie no sobrepasaba los 90 centímetros?

–Es ahí, precisamente, donde se observa el trabajo científico bien hecho. Los investigadores midieron el ancho y el largo de los huesos; analizaron su forma, y los compararon con miles de fósiles de todo el mundo, para saber si cabían o no dentro de la variabilidad de otras especies, incluyendo la nuestra. Esto requiere de mucha paciencia, es un trabajo que lo tienen que hacer personas, que hasta el momento no se lo podemos dejar a las máquinas, por ejemplo.

Finalmente, el estudio fue muy bien recibido por la comunidad de antropólogos y arqueólogos de todo el mundo: "Teníamos muchas expectativas; yo no me he escrito con ningún colega que descalifique la investigación; es un trabajo que abre nuevas preguntas".

UN LINAJE DIVERSO

Quizá la principal discusión a partir de los resultados de Détroit y coautores es acerca del origen de *Homo luzonensis.* ¿De dónde vino?, ¿quiénes fueron sus ancestros? Algunos miembros de la comunidad científica apuestan por un antepasado muy remoto, una de las primeras especies de *Homo,* que tal vez salió muy rápido de África, cruzando los mares. Otro grupo cree que luzonensis es descendiente directo de *Homo erectus,* quien durante su larga travesía por Asia se diversificó en muchas especies: "A lo mejor alguna de estas, que aún no conocemos –dice Alejandro Terrazas–, fue la que se lanzó al mar y después dio origen tanto a *Homo floresiensis* como a *Homo luzonensis".*

De ser así, surgen nuevas preguntas, tales como ¿qué tan antiguo es luzonensis y cuándo se extinguió? En el mismo valle de Cagayan o la isla Sulawesi (Indonesia) podría estar la respuesta, ya que distintos arqueólogos han encontrado rocas –con una antigüedad de 700 mil y 110 mil años, respectivamente– que posiblemente fueron utilizadas como herramientas: ¿habrán sido el hombre de Luzón y el hombre de Flores los usuarios de dichos artefactos?

Las posibles respuestas tendrán que esperar las interpretaciones y los análisis de los investigadores.

Chernobyl

Paraíso natural radioactivo

POR BERENICE GONZÁLEZ DURAND

El catastrófico accidente nuclear ocurrido durante la década de los años ochenta continúa dando lecciones al ser humano sobre el impacto de su actividad en el ambiente.

El mundo cambió la mañana del 26 de abril de 1986. Una hermosa y brillante nube se apoderó del cielo de Chernobyl cuando hubo una explosión en la unidad 4 de su central nuclear. La belleza puede ser muy peligrosa y lo que a la distancia se distinguía como una sinfonía de colores metálicos, era en realidad una estela de muerte de nucleídos radioactivos.

El azar meteorológico también marcó el territorio. La emisión de materiales peligrosos acumulados en el reactor durante el accidente formó una nube que debido a las condiciones climáticas existentes, dejó un halo radiactivo distribuido según los caprichos del viento. Los contaminantes viajaron principalmente al oeste y al

norte de la tristemente célebre central. Estroncio 90, yodo 131 y cesio 137, entre otros, se esparcieron contaminando la zona en distintas direcciones, tanto a distancias muy cortas como lejanas desde el centro de la explosión. Así, dependiendo de las masas de aire, unos sitios quedaron mucho más contaminados que otros. En ciertos lugares cercanos al reactor, se depositaron elementos pesados con miles de años de vida, pero en otras zonas no cayó tanta radiación o se depositaron elementos con un periodo de desintegración más corto.

La primera central nuclear fue la creada en la ciudad rusa de Óbninsk en 1954. El accidente de Chernobyl representó la mayor emisión de radioactividad al medio ambiente terrestre en los 65 años de producción de energía nuclear. La nube radiactiva llegó a toda Europa y contaminó 200 mil kilómetros cuadrados de Ucrania, Rusia y Bielorrusia. Las muertes humanas inmediatas, y casi inmediatas, se contaron en decenas, pero las consecuencias a largo plazo (como el cáncer de tiroides) hicieron que las cifras se elevaran a cuatro dígitos. Según la OMS, se estiman en más de 4 mil el número de defunciones ya atribuidas a Chernobyl, más las que se producirán en el futuro todavía por secuelas de la radiación.

Después de la tragedia, se estableció un área restringida para intentar atenuar los efectos de aquella maraña contaminada. En las semanas posteriores al accidente, se realizaron evacuaciones en aproximadamente 3 mil 500 km² alrededor del reactor; esta área se incrementó posteriormente a 4 mil 760 km². Aproximadamente 2600 km² de esta área abandonada se encuentra en Ucrania y se conoce como la Zona de Exclusión de Chernobyl (CEZ); el resto está en Bielorrusia. El lugar se dividió en cuatro zonas concéntricas, de las cuales la cuarta (la más cercana, en un radio de 30 km) se considera la más peligrosa.

La Zona de Exclusión, como sucede con todo lo prohibido, se convirtió con el tiempo en un imán, pero no sólo para fotógrafos y turistas morbosos, también para los científicos que han encontrado en estos lugares un laboratorio natural de ambientes extremos donde la vida silvestre se ha adaptado de diferentes formas.

Las consecuencias iniciales sobre los ecosistemas incluyeron: mortandad masiva de pinos cerca del reactor (Bosque Rojo), la reducción de la producción de semillas de estos árboles, pérdida de diversidad de invertebrados de suelo y la muerte de pequeños mamíferos.

EFECTOS Y DEFECTOS

Después de restringirse la huella humana, diversas instituciones han realizado importantes estudios de los ecosistemas que sobrevivieron en las áreas cerca-

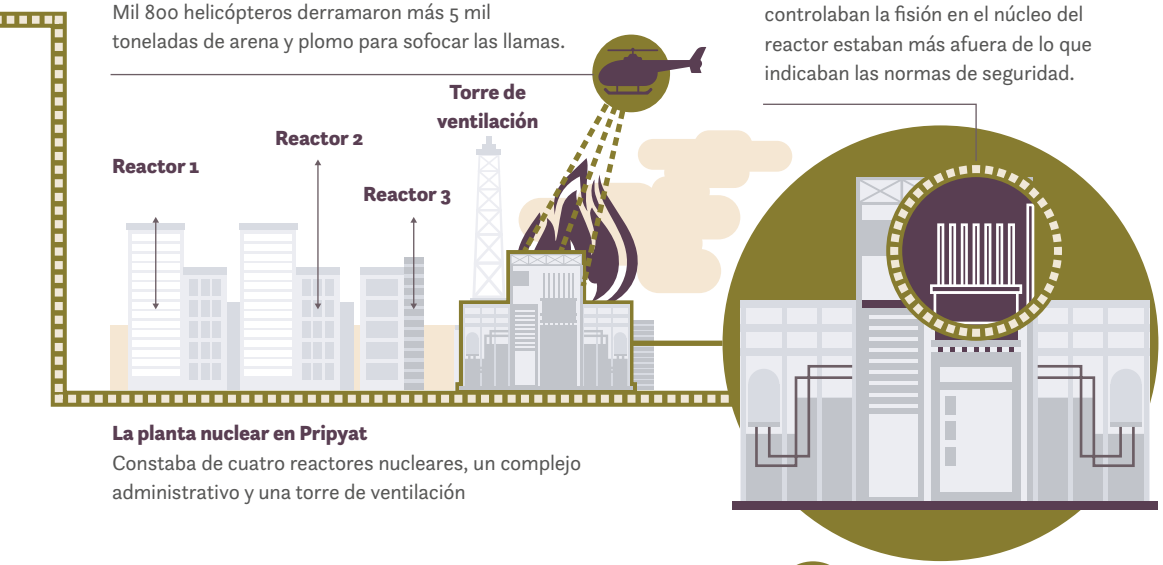
Página anterior: Miguel Yunquera, Simon Smith / FLICKR

CHERNOBYL: SITIO DE DAÑOS COMPARTIDOS

El 26 de abril de 1986, la bóveda un reactor nuclear en Chernobyl estalló cubriendo el cielo de Ucrania y gran parte de Europa con una nube radioactiva.

El intento de control del desastre
Mil 800 helicópteros derramaron más 5 mil toneladas de arena y plomo para sofocar las llamas.

¿Qué lo ocasionó?
Durante una prueba, las barras que controlaban la fisión en el núcleo del reactor estaban más afuera de lo que indicaban las normas de seguridad.



La planta nuclear en Pripyat
Constaba de cuatro reactores nucleares, un complejo administrativo y una torre de ventilación

nas. El consorcio británico TREE (Transfer-Exposure-Effects) es uno de ellos. Financiado en el marco del programa Radioactividad y Medio Ambiente (RATE) de Reino Unido, su objetivo principal ha sido la estimación del riesgo para los seres humanos y la vida silvestre. El trabajo fue realizado a través de diferentes componentes científicos, como el análisis del comportamiento biogeoquímico de los radionucleidos en los suelos hasta el estudio de los efectos transgeneracionales de la exposición a la radiación ionizante en la vida silvestre. Sus estudios combinan experimentos de laboratorio controlados con trabajo de campo, la mayoría de los cuales se realizan en la CEZ.

En el territorio que hoy corresponde a Ucrania y con ayuda de investigadores de este país, TREE instaló alrededor de 90 cámaras trampa hace un lustro. Estos dispositivos automáticos capturan imágenes fotográficas de animales en estado salvaje. Este tipo de herramientas se instalan en un sitio oculto y cuando un sensor de movimiento detecta una presencia, la foto se toma automáticamente. Se utilizan sistemas de flash infrarrojo o luz negra, invisible para la mayoría de los animales.

31
muertes inmediatas

336 mil
personas evacuadas

4 mil
muertos totales es la cifra estimada por la ONU

A pesar de los altos niveles de radioactividad en la zona del accidente, la vida ha regresado a la región.

Infografía: Luis Cruz. Foto: Kamil Porembiński / FLICKR

La ausencia total de humanos es una garantía de vida pacífica para especies de mamíferos que hoy viven en la zona sin que nadie los moleste.

De esta forma se han captado nutridas poblaciones de aves, ciervos, ardillas, linces, lobos, bisontes europeos, caballos de Przewalski (también conocido como caballo salvaje mongol) y osos pardos. Este último animal, por cierto, tenía un siglo de haber desaparecido de ese territorio. Para los especialistas, el retorno de la especie obedece a la falta del impacto humano en este territorio en las últimas décadas. ¿La sola presencia del hombre es más peligrosa que la radioactividad? La respuesta podría ser positiva en el sentido que finalmente la voraz apropiación del hábitat de las especies por parte de los humanos es la que ha acabado con muchas de ellas, aunque la huella de la radiactividad ha mostrado tener respuestas diversas en los organismos vivientes.

Los resultados de las herramientas empleadas por TREE y diversos estudios generados por otras instituciones en todo el mundo han generado cientos de publicaciones científicas a través de los años. Una de las más recientes y que trata de resumir el efecto de tres décadas en las poblaciones silvestres es el documento: "Estudios de efectos de campo en la Zona de Exclusión de Chernobyl: Lecciones para aprender (Beresford, Scott y Coplestone, 2019)", publicado hace un par de meses por el *Journal of Environmental Radioactivity*.

Hasta el momento aún no hay consenso sobre el impacto a largo plazo de la exposición crónica a la radiación en la vida silvestre. Generar y comparar más datos con nuevas herramientas de investigación es uno de los desafíos de los especialistas en radioecología, la rama de la ecología que estudia las sustancias radioactivas interactuando con la naturaleza.

Según las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), la idea es poder incorporar el conocimiento de los efectos potenciales de la radiación en la vida silvestre dentro de un proceso regulatorio, donde se establezcan dosis de referencias acorde a los estudios reportados.

LA NATURALEZA SE RESISTE

Aunque aún no hay opiniones concluyentes sobre el impacto a largo a plazo, hay algunos puntos en común en la mayoría de los estudios sobre los efectos en algunos grupos de animales. El documento citado anteriormente señala que en muchos de los estudios realizados en los últimos 20 años se registraron efectos negativos con radiación baja en el caso de las poblaciones de insectos y artrópodos como mariposas, abejorros, saltamontes, libélulas y arañas, sin embargo la historia parece ser diferente para los grandes y medianos mamíferos.

La ciudad de Prípiat es un paraíso natural fantasma cerca de la frontera con Bielorrusia, en la zona de exclusión de Chernobyl.

URBEX Hungary / FLICKR

Tanto en territorio de Bielorrusia como de Ucrania se ha observado abundancia de especies; de hecho, el número de lobos en zonas contaminadas de Bielorrusia es mayor que en zonas libres de radiación. La apreciación es la misma que con los osos: ante la disminución de la huella humana, la vida parece recuperar terreno.

Sin embargo, a otros grupos les costó más la supervivencia. Las aves sufrieron un impacto devastador después del accidente. Las golondrinas prácticamente desaparecieron tras la explosión, pero gracias a las migraciones desde otras zonas, se ha permitido el establecimiento de nuevas poblaciones e incluso se han observado interesantes adaptaciones. En un estudio de plasma sanguíneo se detectó que los individuos que vivían en las zonas más contaminadas con el tiempo incluso desarrollaron una mayor capacidad de defensa frente a las bacterias. En el ave conocida como picogordo, se detectó un incremento del antioxidante conocido como glutatión. Los niveles disparados de esta sustancia intentan proteger a las células de la radiación.

En otro grupo, el de los anfibios, se han detectado abundantes poblaciones de diversas especies, incluso en las áreas de mayor contaminación. Los científicos identificaron respuestas adaptativas frente a la radiación, como coloraciones más oscuras en las ranas.

El equipo del Chernobyl+Fukushima Research Initiative ha sido pionero en el uso de tecnologías ecológicas, genéticas y dosimétricas para desentrañar las consecuencias en el medio ambiente de la exposición crónica a bajas dosis de radiación. Sus estudios han incluido censos ecológicos masivos en poblaciones de aves, mamíferos e insectos para investigar poblaciones y efectos demográficos. También han realizado secuenciación de ADN y pruebas de genotoxicidad para evaluar el daño genético a corto y largo plazo.

Utilizando herramientas como dosímetros en miniatura, colocados en animales salvajes, y mediciones de campo de cargas de radioisótopos en aves y pequeños mamíferos, se obtienen estimaciones precisas de las dosis de radiación recibidas en los diferentes entornos.

Recientemente, el grupo ha crecido para incluir estudios epidemiológicos y genéticos de poblaciones humanas (especialmente niños) que viven en regiones afectadas por Chernobyl, la planta que hoy permanece sellada bajo un sarcófago de acero, pero cuyos efectos seguirán siendo detectados durante varias décadas.

Pioneros NO humanos:

la exploración espacial desde los ojos de un perro

POR ANA CRISTINA OLVERA

¿Por qué sabes quién fue Laika y no Otvazhnaya, Tsygan, Desik o tantos otros héroes caninos?

Ilustración José Blenda / Fotos: Cortesía

Corresponde a las moscas de la fruta el honor de haber sido la primera especie en realizar un viaje suborbital a bordo de un cohete V2 de los Estados Unidos, en 1947. Todas regresaron vivas. En el mismo modelo viajaron los primeros vertebrados durante el proyecto Albert. Se eligieron Macacos Rhesus, por su calificada inteligencia y las similitudes fisiológicas con los seres humanos. Fueron cinco los macacos enviados al espacio durante este programa. Albert II, que llegó al espacio el 14 de junio de 1949, demostró que un primate podía conservar sus signos vitales a más de 100 kilómetros de la superficie de la Tierra.

Además de los 32 monos lanzados al espacio, el catálogo de especies lanzadas al espacio se complementa con ratones, moscas, escorpiones, medusas, peces, ranas, cucarachas, gusanos, un sinfín de plantas y microorganismos, arañas (que tejieron redes por días en el laboratorio espacial Skylab) y, por supuesto, gatos (como Félicette enviado en 1963 por Francia) y —lo que no podía faltar— los perros... o mejor dicho, las perras.

DE LA CALLE AL ESPACIO

A diferencia de los estadounidenses, que usaron monos, los soviéticos creyeron que el camino el espacio debía ser flanqueado por su fiel compañero y mejor amigo. Eligieron principalmente perras callejeras por su gran resistencia a soportar las condiciones del invierno ruso, sin ninguna protección, y pensando que el género las hacía más dóciles y resistentes.

Según la información publicada en el sitio history.nasa.gov, a la fecha se pueden contar casi 60 lanzamientos de perros al espacio hechos por lo que entonces era la Unión Soviética. Aunque varios de ellos viajaron más de una vez, lo que cierra la cifra a unos 30 canes cosmonautas.

Por supuesto, la más famosa es Laika (ladradora), pues fue el primer ser vivo en sobrevivir hasta ser colocada en órbita alrededor de la Tierra, el 3 de noviembre de 1957, a bordo del Sputnik 2.

Aunque su destino fue fatal por una falla en el sistema de enfriamiento entre 5 y 7 horas después de entrar en órbita, esta información no sería dada a conocer sino hasta mucho tiempo después. En aquel momento, los responsables de la misión hicieron creer al mundo que la perra había sobrevivido varios días, convirtiéndola en un verdadero icono de la carrera espacial, y estandarte del potencial de la Unión de Repúblicas Soviético Socialistas (URSS) en el envío de vida al espacio. Sin duda, lo más trágico de la historia de la carismática perrita callejera fue su sacrificio premeditado, pues es sabido que nunca existió un plan para recuperarla. Los restos de Laika reingresaron a la atmósfera en abril de 1958.

Oleg Gazenko, uno de los científicos que participó en la misión de Laika dijo, en 1998, que se arrepentía de haber mandado a la perrita a una muerte segura en el espacio exterior.

> **“Cuanto más tiempo pasa, más me arrepiento. No debimos hacerlo... no aprendimos lo suficiente para justificar la muerte de la perra.”**,

son sus palabras citadas en el libro *Animals in Space: From Research Rockets to the Space Shuttle* de Colin Burgess y Chris Dubbs.

¿EL PRIMER HOMBRE O EL ÚLTIMO PERRO?

Por supuesto, además de Laika, otros canes visitaron el espacio y, aunque no forman parte del imaginario mundial, muchos de ellos sacrificaron su vida para abrir paso a la investigación e, incluso, fungieron como emisarios diplomáticos entre las potencias mundiales que protagonizaron la Guerra Fría.

El 22 de julio de 1951, Tsygan (gitana) y Dezik fueron las primeras perras en lograr un vuelo suborbital y regresaron sanas y salvas a la Tierra. Dezik fue enviada de vuelta al espacio en septiembre de 1951 con Lisa, pero no sobrevivieron. Un total de unas 13 perras fueron lanzadas al espacio entre 1951 y 1955.

Unos años después, entre 1957 y 1960, tuvieron lugar 11 vuelos con perros en cabinas presurizadas utilizando cohetes de la serie R-2A, que volaron a altitudes de 200 km. En 1958, tres vuelos de cohetes R-5A, llegaron con perros hasta altitudes de 450 km, más allá de la distancia en donde actualmente se encuentra la Estación Espacial Internacional. En estas misiones participó, Otvazhnaya (la valiente), una de las perras espaciales más experimentadas, puesto que viajó cinco veces al espacio.

Después de Laika, en 1960, ocurrió otro hito canino espacial. El 19 de agosto Belka (ardilla) y Strelka (pequeña flecha), fueron lanzadas a bordo del Sputnik 5 junto con un conejo, 45 ratones, insectos y plantas, convirtiéndose en los primeros en ser recuperados exitosamente de una misión a la órbita alrededor de la Tierra.

Después de regresar, Strelka, tuvo seis cachorros, de los cuales una, llamada Pushinka, fue regalada por el líder soviético Krushev a Caroline, hija de John F. Kennedy. Un primer paso para la consolidación de la hoy más que exitosa diplomacia espacial entre los dos países.

Por lo menos, otras siete perritas más fueron enviadas entre el 60 y el 61 para probar diferentes tecnologías del vuelo espacial, incluido el Vostok, nave que se convertiría en el primer transporte de seres humanos al espacio. Zvezdochka (pequeña estrella), elegida y nombrada por Yuri Gagarin, viajó el 25 de marzo de 1961 a bordo del Sputnik 10. Regresó sana y salva después de haber probado todos los sistemas por última vez, antes de que el 12 de abril del mismo año Gagarin se convirtiera en el primer ser humano en viajar hasta colocarse en la órbita alrededor del planeta. Yuri decía que no estaba seguro de ser el primer hombre o el último perro en el espacio.

Después de este épico viaje, la historia tenía otro récord imbatible preparado para dos heroínas caninas más. El 22 de febrero de 1966, Veterok (brisa) y Ugoyok (pequeño pedazo de carbón) fueron lanzadas en la única misión de Kosmos 110 para probar el efecto de la radiación en una estancia prolongada en el espacio. Los 21 días que estuvieron en órbita siguen siendo el récord de estancia de un perro que sólo fue superado por humanos hasta junio de 1974 con el vuelo de Skylab 2.

LA ÉTICA DEL USO DE LOS ANIMALES

Según el Dr. Alejandro Herrera Ibáñez, investigador jubilado del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM, y especialista en ética animal, ésta tiene como norma principal evitar hacer daño a otros seres.

La disciplina describe dos posturas principales. La corriente de bienestar plantea que, mientras se procure un estado aceptable de bienestar para los animales, y se minimice su sufrimiento al máximo posible, es aceptable utilizarlos para la ciencia. En contraste, el abolicionismo asegura que no tenemos derecho manipular a otros seres vivos que pueden sufrir, "así como no lo hacemos gratuitamente con nosotros mismos, si ellos tienen la capacidad de sufrir, entonces deberíamos estar en pie de igualdad.", apunta el Dr. Herrera.

Con el afán de encontrar una alternativa a esta paradoja, en 1959, los filósofos Russel y Burch, en su libro *The Principle of Humane Experimental Technique,* sostuvieron el principio rector de las tres erres. Reemplazar: buscar métodos que sustituyan el uso de animales. Reducir: no repetir innecesariamente los experimentos en seres vivos. Refinar: hacer más eficientes lo procedimientos para minimizar el dolor y la angustia, así como para mejorar el bienestar.

Cuando el humano creó el mundo

POR PLINIO SOSA

¿Por qué si hay sólo 96 elementos en la naturaleza, la tabla periódica tiene 118?

Desde su origen en el corazón de las estrellas hasta los laboratorios en la Tierra, la historia del descubrimiento y la invención de las sustancias simples y las compuestas transformaron la civilización.

Las reacciones de síntesis y las de análisis son quizás las más importantes en química. Ambos tipos de reacciones podrían describirse en forma muy simple. En las de síntesis, dos sustancias reaccionan entre sí y producen una tercera —es decir, desaparecen dos y aparece una—. Por el contrario, en las reacciones de análisis, una sola sustancia reacciona (mediante calor o electricidad) para producir dos sustancias —es decir, desaparece una y aparecen dos.

Mediante reacciones sucesivas de síntesis, es posible preparar sustancias cada vez más y más complejas. Y, al revés, mediante las de análisis se pueden preparar sustancias cada vez más simples.

ELEMENTOS Y COMPUESTOS

La síntesis de nuevas sustancias parece no tener límites. Cada mes se añaden un millón de sustancias químicas al arsenal de 150 millones que ya dispone el hombre. Sin embargo, en el otro sentido, en el del análisis, sí existe un límite. De esos 150 millones de productos, un poco más de 100 no presentan reacciones de descomposición. Es decir, son las sustancias más simples de todas. Pueden reaccionar con otras para generar sustancias más complejas, pero no se pueden descomponer para formar sustancias más simples.

A estas sustancias simples se les llama sustancias elementales y a partir de ellas se pueden sintetizar todas las demás llamadas sustancias compuestas (o simplemente compuestos).

UNA HISTORIA ELEMENTAL

Cuando el hombre apareció en el planeta, encontró una infinidad de materiales (madera, aire, rocas, agua de mar, etcétera) formados, en realidad, por la mezcla de muchas sustancias, casi todas ellas, compuestas. En esa confusión, descubrir y encontrar las sustancias elementales, supuso dos tareas:

1. Separar las sustancias que se encontraban mezcladas en los materiales conocidos.
2. Realizar, con ellas, miles y miles de reacciones de descomposición hasta llegar a las más simples.

Así y todo, los humanos conocemos desde la antigüedad las siguientes sustancias elementales: antimonio, azufre, carbono, cobre, estaño, hierro, mercurio, oro, plata y plomo. Desde entonces hasta 1700 d. C. sólo se pudieron descubrir 5 elementos: arsénico, bismuto, fósforo, platino y zinc. En el siglo XVIII, 18 elementos más fueron encontrados. Entre ellos, el

#WALLPAPERTAG

hidrógeno, el nitrógeno y el oxígeno. El descubrimiento de estos 3 gases fue el preámbulo que dio origen a la química como ciencia.

Durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, se descubrió el resto de las 92 sustancias elementales existentes en la naturaleza. Aunque en la naturaleza sólo hay 92 elementos, en la actualidad se conocen 118.

¿De dónde han salido todos los demás? Fácil... ¡el ser humano los ha creado!

EL ORIGEN

Los átomos de una sustancia elemental son todos iguales. Además, los átomos de cada elemento son diferentes. Por lo tanto, en las sustancias compuestas hay átomos de un elemento unidos con átomos de otros elementos. Todos los átomos tienen una parte positiva (los protones) concentrada en un núcleo, rodeada por una parte negativa (los electrones). Lo que hace distinto a un átomo de otro es el número de protones. Es lo que se le llama número atómico y corresponde con su posición en la tabla periódica. Además en los núcleos atómicos hay otras partículas sin carga eléctrica llamadas neutrones. Modificar el número de protones de los átomos no es fácil, pues se requiere de reacciones nucleares. Por eso, los alquimistas fracasaron en su idea de transmutar la materia.

Sin embargo, en las estrellas las reacciones nucleares se dan de manera natural. En las que son como el Sol, los núcleos de hidrógeno se transforman constantemente en núcleos de helio. La energía que se libera de este proceso ha impedido que el Sol colapse debido a la atracción gravitacional. Y se sabe que hay suficiente hidrógeno en su interior para mantenerlo así otros 5 mil millones de años.

En las Gigantes Rojas (en lo que se va a convertir nuestro Sol), a partir de los núcleos de helio, se forman los elementos cuyo número atómico va desde 3 hasta 26, es decir, desde el litio hasta el hierro. Del cobalto al uranio (92 protones), los núcleos no liberan energía al formarse; más bien la absorben. Por eso, no es posible que se formen en las Gigantes Rojas, sino que se producen en las espectaculares explosiones estelares conocidas como Novas y Supernovas.

LOS ELEMENTOS TERRÍCOLAS

Hay otro lugar en el universo donde se forman elementos: en el planeta Tierra. En las décadas de los años 40 y 50, los científicos de la época crearon los elementos 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 y 101. Esto se logró mediante dos tipos de reacciones nucleares: el decaimiento beta y la captura alfa. En el primero, se bombardean núcleos de elementos pesados con neutrones. Cada neutrón capturado se acaba transforma ndo en un protón y un electrón (partícula beta). Como resultado, se crea un nuevo elemento con un protón de más, es decir, con el siguiente número atómico al del elemento original. En el segundo, los núcleos pesados son bombardeados con núcleos de helio (partículas alfa) haciendo que el número atómico se incremente dos unidades cada vez.

De 1961 a 1974, se sintetizaron desde el elemento 102 hasta el 106. Para ello, bombardearon los núcleos recién creados con iones de elementos ligeros como el boro. Para lograrlo, se requirió el desarrollo de grandes aceleradores de partículas. Más allá del elemento 106, fue imposible crear nuevos núcleos con esta técnica.

EL ÉXITO DE LAS COLISIONES FRÍAS

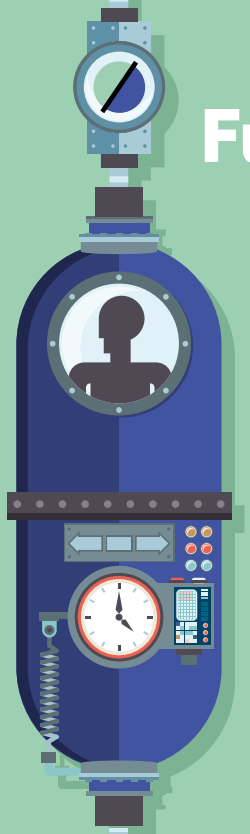
En 1974, Yuri Oganessian y su equipo en Dubna, Rusia, descubrieron una técnica que podía servir para la síntesis de nuevos elementos. Se les ocurrió invertir los papeles: usar como proyectiles los núcleos pesados y como blanco a los iones de elementos ligeros. Esto permitía colisiones "frías" que no liberaban tanta energía dando tiempo a que se estabilizaran los nuevos núcleos.

Para sintetizar los elementos del 102 al 106 fue necesaria la creación de aceleradores de partículas. Se bombardearon los núcleos recién creados con iones de elementos ligeros como el boro. Esta técnica se empezó a utilizar a partir de 1975, cuando se abrió el Universal Linear Accelerator en Darmstadst, Alemania con el cual se podía acelerar los iones más pesados hasta alcanzar las más altas energías. Con este equipo, el grupo alemán dirigido por Peter Armbruster logró a inicios de los 80 sintetizar los elementos 107, 108 y 109. Hubo que esperar hasta 1994 para crear los elementos 110, 111 y 112. En los últimos años, entre el grupo ruso y el alemán, han logrado sintetizar los elementos 113, 114, 115, 116, 117 y 118.

UNA REFLEXIÓN ELEMENTAL

Sabemos que el número de elementos, que pudiéramos preparar los humanos, no puede ser infinito. Sin embargo, ¿qué tan lejos podremos llegar?

Futuro



HIDRÓGENO METÁLICO

El material del futuro podría haberse logrado en la Tierra

POR GERARDO HERRERA CORRAL

Este invento revolucionaría el desarrollo tecnológico, pues sería el primer súper conductor a temperatura ambiente.

Hace dos años, en 2017, un grupo de investigadores de la Universidad de Harvard en Estados Unidos pensó que lo tenía, pero no fue así. Ahora tres investigadores en Francia dicen que no hay duda: pusieron hidrógeno entre dos diamantes de una manera distinta a los experimentos anteriores y se ha ejercido presión sobre él, al mismo tiempo que se le mantuvo a una temperatura muy baja. Con ello, los científicos dicen estar seguros de haber observado la transición del hidrógeno en forma de gas al estado metálico de este elemento.

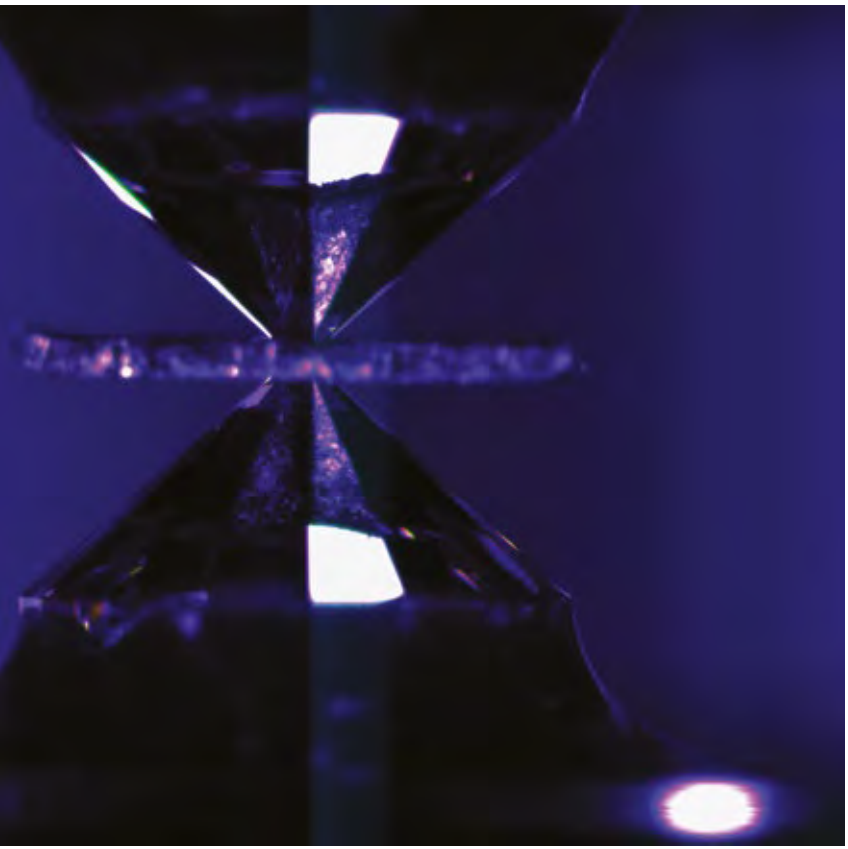
ALCANZAR NUEVOS ESTADOS

El hidrógeno es el más simple de los elementos, consiste solo de un protón y un electrón que gira a su derredor. Es un gas que, enfriado a -253 grados Celsius se convierte en líquido; así es usado como combustible en el Transbordador Espacial.

Desde hace 90 años se piensa que el hidrógeno sometido a presiones muy altas acabará con sus átomos tan cerca unos de otros que éstos se ordenaran convirtiéndose en un cristal metálico. Esto no ha sido corroborado.

Las presiones necesarias son de cuatro a cinco millones de atmósferas, al mismo tiempo que se baje la

Argonne National Laboratory



En teoría, con este material se lograría el cableado eléctrico de resistencia cero y la base de un combustible muy potente para cohetes.

temperatura a menos 268 grados Celsius. Alcanzar estas condiciones en el laboratorio no es sencillo. Los investigadores franceses desarrollaron una celda con el material más duro que existe en la naturaleza: el diamante.

MÁS QUE UNA CURIOSIDAD

El hidrógeno se comporta de manera compleja a muy altas presiones. Pasa por muy diferentes fases a medida que los átomos se reacomodan, primero se pone negro para después volverse brillante con el incremento de la presión.

Estos cambios han sido observados y son los indicadores que dan confianza a quienes sostienen haber logrado lo que nunca nadie hizo.

EN BUSCA DE LA META-ESTABILIDAD

Metalizar al hidrógeno no es solo una curiosidad natural. Se espera que este estado físico sea metaestable. Esto quiere decir que cuando se elimine la presión con la que se obtuvo el cristal metálico el material conservará sus propiedades.

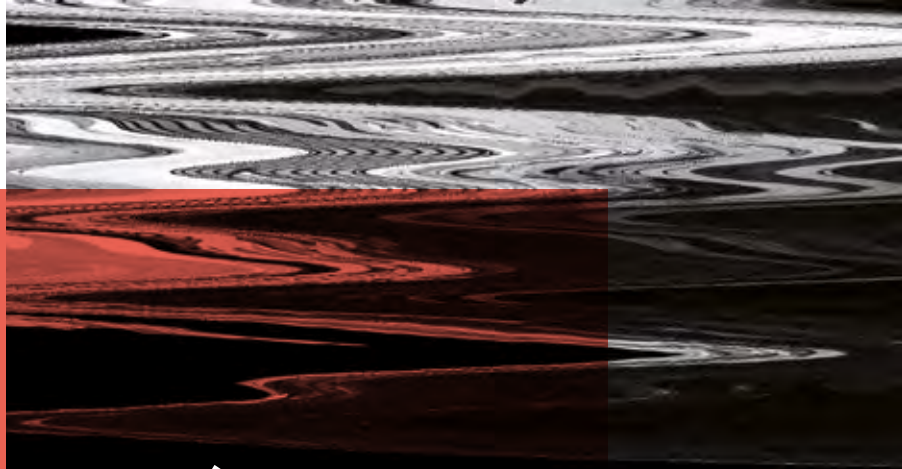
Un ejemplo conocido de meta estabilidad es el diamante que se obtiene al presionar carbono mientras se calienta. Cuando se eliminan la presión y la temperatura, el diamante conserva su estado cristalino que le da la belleza tan cotizada en joyería.

El hidrógeno metálico podría tener propiedades tan interesantes que se le ha llamado el material del futuro. Según los cálculos, el hidrógeno metálico transportará la electricidad sin resistencia, es decir, será un superconductor: el primer superconductor a temperatura ambiente.

APLICACIONES TECNOLÓGICAS

Alguna gente piensa que el hidrógeno metálico puede encontrarse en el interior de Saturno o Júpiter donde las presiones gravitacionales alcanzan valores sumamente extremos.

De manera que de ser ciertos los resultados enviados para publicación por el equipo de investigadores, ésta sería la primera vez que tenemos al peculiar objeto en la Tierra...pero quizá no en el Sistema Solar.



El próximo terremoto: ¿somos vulnerables?

POR IVÁN CARRILLO

Un sismo de hasta 8.2 podría romper en la brecha de Guerrero impactando la capital del país con ondas sísmicas dos o tres veces superiores a las de 1985.

El 4 de noviembre de 1799, Alexander Von Humboldt fue sorprendido por una fuerte sacudida de tierra. El explorador se encontraba recostado en su hamaca en Cumaná, en la costa de lo que hoy es Venezuela, cuando la gente comenzó a correr despavorida. La ocasión era única para el científico quien, con cabeza fría, sacó su instrumental y comenzó a medir la onda sísmica. La sorpresa que experimentó quedó registrada en su diario: "por primera vez debemos desconfiar de un suelo en el que durante tanto tiempo hemos plantado nuestros pies con confianza".

Fotocomposición: José Blenda / TWENTY20

Poco más de dos siglos después, el mismo escepticismo mueve el trabajo de sismólogos como Víctor Cruz Atienza, investigador del Instituto de Geofísica, quien junto con su equipo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y en mancuerna con el gobierno japonés, busca comprender la llamada brecha de Guerrero, en México, una región en la costa del Pacífico donde se podría esperar que ocurriera un terremoto de mayores proporciones que el de 1985 (magnitud 8.1), el mayor desastre de la historia del país.

LATIGAZO GEOLÓGICO

La franja de 130 kilómetros se ubica en la Costa Grande de Guerrero, entre Acapulco y Papanoa, ambos poblados epicentros de dos sismos recordados por las catástrofes que ocasionaron: la caída del Ángel de la Independencia en 1957, y el derrumbe de la Universidad Iberoamericana, en 1979. Según las estimaciones científicas, el periodo de retorno o de recurrencia de esta región debería de ser entre 30 a 60 años. Es decir, que la energía acumulada se debería liberar —lustros más, lustros menos— en este lapso de tiempo. No obstante, la brecha de Guerrero no ha presentado un sismo significativo desde el 16 de diciembre de 1911 (magnitud 7.5). Es decir, poco más de un siglo en el que, por si no bastara, se ha sumado una franja de 100 kilómetros al sur, rumbo a la frontera con Oaxaca, donde ya han transcurrido 62 años desde el último sismo importante.

De ahí que los especialistas hablen hoy de una amenaza que se extiende 230 kilómetros por la zona de subducción mexicana en la que se podría desatar uno o varios sismos de gran escala. “Es como una liga. Si la estiras y la estiras hasta que ya no aguanta, se rompe. Me da un latigazo por la elasticidad (...). Ocurre exactamente igual en la roca. El continente se deforma y cuando no aguanta más, se desliza y ese movimiento brusco de la falla geológica es el que genera las ondas sísmicas”, dice Cruz Atienza.

REGIONES SÍSMICAS

México se encuentra en una de las regiones sísmicas más activas del mundo. En la zona donde nos localizamos ocurre interacción entre cinco placas tectónicas:

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro regiones sísmicas:

Zona A, donde no existen registros históricos de sismos y no se espera que ocurran fenómenos de este tipo con mucha fuerza.

Zonas B y C, son zonas intermedias que no sufren de forma tan frecuente sismos y no tienen un gran movimiento del suelo.

Zona D, donde se han reportado grandes sismos históricos con gran aceleración del suelo.

Infografía: Luis Cruz. Fotos: Archivo El Universal

PELIGRO Y VULNERABILIDAD

La comprensión del peligro sísmico de la Ciudad de México ha sido con base en duras lecciones. Si bien el sismo de 1957 (magnitud 7.8) representó el nacimiento de la ingeniería sísmica en el país y la creación de los primeros reglamentos de construcción, y el de 1979 (Magnitud 7.6) la adaptación de éstos a los nuevos parámetros, no fue hasta 1985 cuando se comprendió la vulnerabilidad que padecía la megaurbe. "Entonces se conoció la amenaza sísmica en su verdadera dimensión (...) Los expertos no sabían qué tan fuertes podrían ser las sacudidas en la Ciudad de México porque no había registro histórico, no había un antecedente para poder advertirlo", dice el investigador nombrado uno de los mejores científicos del mundo por la revista *Nature* en 2017.

Según algunas estimaciones, el terremoto de 1985 dejó al menos 10,000 pérdidas humanas (la cifra oficial dice que fueron 4,541), 16,200 inmuebles afectados de los cuales 14% presentó colapso total o parcial, y pérdidas materiales por 4,100 millones de dólares. A pesar de todo, la tragedia se tradujo en la creación de programas de protección civil y en el diseño del Sistema de Alerta Sísmica para la Ciudad de México (Antecedente del actual Sistema de Alerta Sísmica Mexicano), entre otras acciones.

En materia científica, se creó una red de sismómetros en la Ciudad de México. Una infraestructura que en los años que lleva funcionando ha reunido evidencia para conocer el poder de amplificaciones de las ondas sísmicas que sucede en la capital como consecuencia del suelo de origen lacustre, y que puede ser desde 10 hasta 500 veces más grande que en sitios que se encuentran fuera del valle.

SISMOS HISTÓRICOS

SISMO DE 1957
28 de julio de 1957
2:40:10 a.m.

Magnitud: 7.8
Epicentro: 47 km al noreste de San Marcos, Guerrero.
Profundidad: 33 km
Réplicas: 100
Distancia de la CDMX: 358 km
PÉRDIDAS HUMANAS
Datos oficiales
Muertos: 82
Datos no oficiales
Muertos: 700
Damnificados: 2,500

SISMO DE 1985
19 de septiembre de 1985
07:17:49 a.m.

Magnitud: 8.1
Epicentro: 45 km al noroeste de La Mira, Michoacán.
Profundidad: 15 km
Réplicas: 400
Distancia de la CDMX: 400 km
PÉRDIDAS HUMANAS
Datos oficiales
Muertos: entre 6 mil y 7 mil
Datos no oficiales
Muertos: de 10 mil a 40 mil
Damnificados: Más de 50 mil

SISMO DE 2017
19 de septiembre de 2017
01:14:39 pm

Magnitud 7.1
Epicentro: 8 km al noreste de Chiautla de Tapia, Puebla.
Profundidad: 51 km
Réplicas: 39
Distancia de la CDMX: 120 km
PÉRDIDAS HUMANAS
Datos oficiales
Muertos: 369

CONOCIMIENTO PARA LA PREVENCIÓN

Dicha información ha sido la base de diversas políticas de prevención que van desde reglamentos mucho más estrictos y específicos, hasta la creación de "mapas de microzonificación sísmica con los que —según el Atlas de Prevención de Desastres de CENAPRED— se puede conocer con precisión las diferentes intensidades de los movimientos que se presentan en los diversos sitios y elaborar escenarios para distintos eventos", por ejemplo.

Pero las estimaciones de lo que podría suceder en la brecha de Guerrero podrían superar la experiencia de 1985.

Se piensa que la región acumula un potencial que desataría un sismo de magnitud 8.2.

Un movimiento cuyas ondas sísmicas impactarían en la Ciudad de México con un poder dos o tres veces más grande que las de 1985.

¿Qué representa esto para una de las zonas metropolitanas más pobladas del mundo? Según la investigación Marco Teórico para identificar iniciativas parta incrementar la resiliencia sísmica de una ciudad, en la que participaron diversas dependencias capitalinas y 70 expertos para evaluar la vulnerabilidad, en la Ciudad de México existen 1.2 millones de predios registrados en el catastro y de ellos, al menos, 7,500 son de alta prioridad para ser revisados individualmente por presentar características de alto riesgo ante un sismo.

Sin embargo, no es necesario esperar a que ocurra para poder tomar medidas pues, como afirma Cruz Atienza, "el insumo principal de donde debe partir cualquier estrategia preventiva debe ser la cuantificación del peligro que supone una amenaza".

— "¿Hay que saber de qué tamaño es el lobo?", pregunto

"Claro, para ver de qué tamaño ponemos las rejas para que no se pase o lo que haya que hacer para que no nos cause ningún daño. Porque si el lobo es chiquito o es una ardilla entonces no hay que hacer nada. Pero si es grande…".

Área de afectación por movimientos telúricos

La distribución de sismos en el DF, la magnitud y la intensidad depende del tipo de suelo. En cada uno de ellos las características del movimiento son completamente diferentes.

Infografía: Luis Cruz

LA RED ANFIBIA

Es a través de una sofisticada instrumentación científica conocida como Red anfibia con la que el equipo que encabeza Cruz Atienza intenta comprender la zona de subducción del Pacífico mexicano. Se trata de una infraestructura conformada por instrumentos geodésicos —cuidadosamente colocados tanto en el fondo oceánico como en el territorio continental— para monitorear milimétricamente la deformación de la roca; y por aparatos sismológicos para medir los más ínfimos tremores continentales que permitan cuantificar el potencial sísmico. "La pregunta que yo me hago frecuentemente es: ¿sí aquí rompe un sismo es posible que se propague y rompa toda la brecha?", dice el sismólogo.

La operación —que tendrá un costo total de 7 millones de dólares y durará hasta el año de 2021— busca además responder preguntas en específico que podrían traer buenas noticias, como es el papel de los sismos lentos (movimientos de seis meses de duración) que podrían liberar energía de la brecha sin causar daños (y extender el periodo de recurrencia de la zona); o malas noticias, como el potencial de tsunamis en la costa del Pacífico, una amenaza que no suele tenerse en cuenta en México.

"Estamos generando una serie de escenarios de futuros terremotos, plausibles, que se derivan del mapeo del acoplamiento sísmico entre las dos placas. Muy pronto tendremos las primeras estimaciones de mapas de peligros oceánicos ante un futuro terremoto grande en la brecha sísmica de Guerrero. (...) Es fundamental para que los estructuristas hagan edificios sin riesgos", añade.

Una idea que suscribe Tomás Sánchez, para quien un mayor conocimiento sobre el peligro sísmico permite que las edificaciones cuenten con niveles de seguridad tales que se eviten daños sísmicos mayores y, por tanto, la pérdida de vidas humanas. ¿Estamos listos para el gran terremoto proveniente de la brecha de Guerrero?, le pregunto directamente al director de difusión del CENAPRED.

"En los últimos años ha habido avances en la organización y el Sistema Nacional de Protección Civil. Además de que existe legislación en la materia, fondos para la prevención y atención de desastres e instituciones técnicas y científicas dedicadas a la prevención, estudio y monitores de fenómenos perturbadores. Pero las pérdidas económicas que se registran cada año en México indican que hay un crecimiento de vulnerabilidades, por lo que es necesario avanzar en un mayor cumplimiento del marco normativo sobre construcción, usos de suelo y protección civil, en la identificación oportuna de riesgos, en la educación y desarrollo de capacidades de autoprotección", me responde vía telefónica.

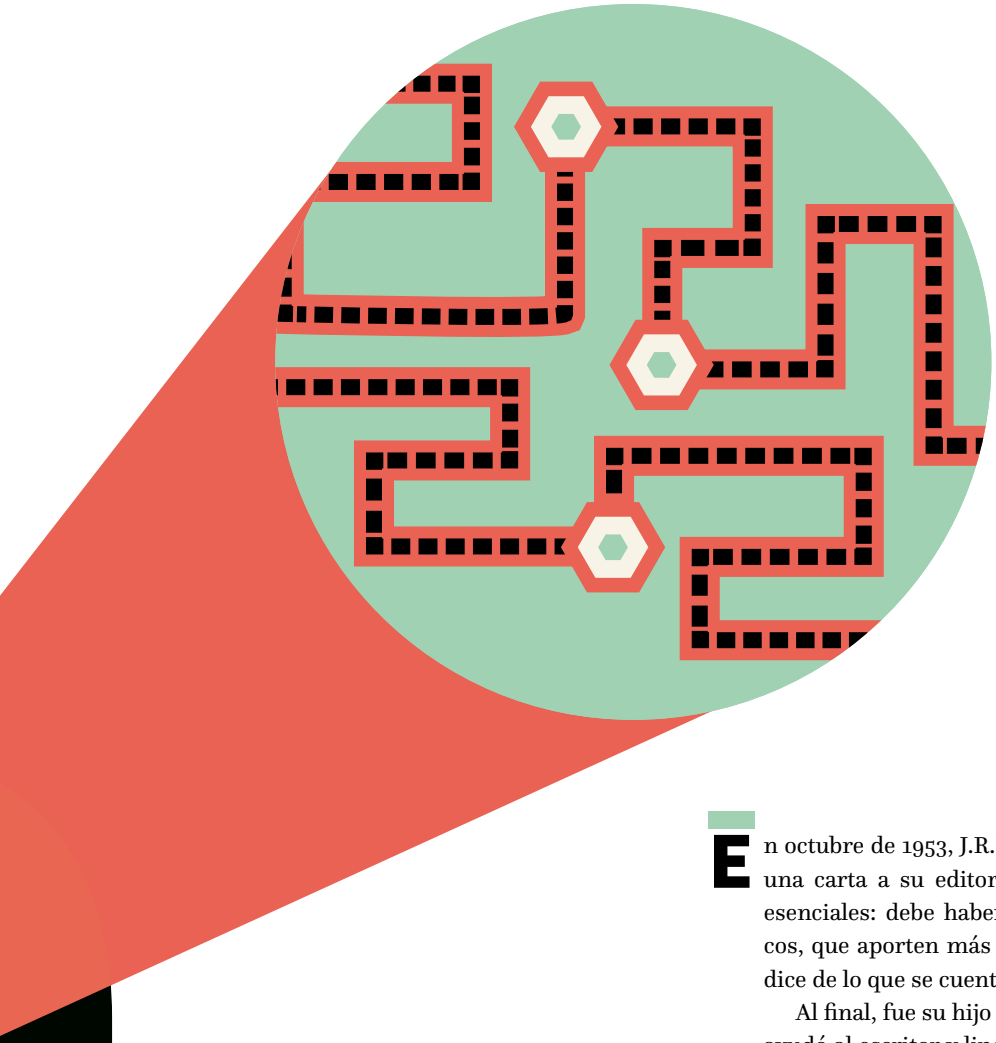
REDUCIR LA VULNERABILIDAD

Los terremotos son un fenómeno cotidiano en México, una amenaza bajo la cual viviremos siempre, afirma Cruz Atienza en su libro *Los sismos, una amenaza cotidiana,* una obra en la que investigador ha tratado de presentar en un lenguaje amigable la complejidad de la problemática sísmica de México. "¿Qué podemos hacer entonces para vivir sin el temor de morir a causa de ella?", se pregunta el autor: "La respuesta, por más difícil que parezca, en realidad es fácil de enunciar: conocer el fenómeno y usar este conocimiento para reducir nuestra vulnerabilidad", concluye.

Futuro

EL “GOOGLE MAPS” DE NUESTRO CUERPO

POR FEDERICO KUKSO



Una iniciativa internacional llamada *Human Cell Atlas* busca cartografiar las 37 mil millones de células del cuerpo humano, lo cual conducirá a una era de medicina de precisión y combate más efectivo de las enfermedades.

En octubre de 1953, J.R.R. Tolkien le envío una carta a su editor. “Los mapas son esenciales: debe haber mapas pintorescos, que aporten más que un simple índice de lo que se cuenta en el texto”.

Al final, fue su hijo Christopher quien ayudó al escritor y lingüista británico en la titánica tarea de elaborar los mapas de las primeras ediciones de *El Señor de los Anillos*.

Tolkien sabía que estas representaciones espaciales son más que meras ilustraciones bonitas: nos ayudan a navegar por el mundo, a clasificar tanto lo conocido como lo extraño. Cada mapa cuenta una historia.

En su caso, el arte de escribir y el arte de dibujar estaban inextricablemente entrelazados: al mismo ritmo que redactaba una de las obras maestras de la literatura de fantasía, Tolkien llenaba

las hojas también con mapas y bocetos que le ayudaban a construir las bases de su rico mundo imaginario.

Además de transmitir información geográfica sobre un lugar y de documentar la historia y evolución geopolítica a lo largo del tiempo, los mapas -y sus colecciones, es decir, los atlas- ordenan el mundo: el primer libro de cartografía publicado -el atlas *Geographia de Ptolomeo* del siglo II- tuvo vigencia por más de mil años e impulsó los más osados viajes en el mundo conocido.

Estas herramientas y la voluntad taxonómica que viene con ellas asociada acompañaron desde siempre a los exploradores en sus aventuras. Y también operan dentro de la biología donde lo desconocido aún intriga, fascina, desconcierta: mientras enviamos decenas de naves espaciales a mundos lejanos para revelar los misterios de nuestro universo, nos olvidamos que aún hay mucho que no sabemos de nosotros mismos. "En realidad, no sabemos de qué estamos hechos", afirma la bióloga computacional Aviv Regev.

Se estima que hay aproximadamente 37 billones de células en el cuerpo humano adulto, pero aún en el siglo XXI desconocemos cuántos tipos de células existen, o cómo varían según los tejidos, los sistemas y los órganos en los que se organizan o cómo influyen en la salud y la enfermedad.

El deseo de llenar este vacío de información es el motor de nuevo esfuerzo global dirigido por científicos de todo el mundo para crear una especie de Google Maps de las células del cuerpo humano sano: el *Human Cell Atlas*.

"Este catálogo de las unidades fundamentales de la vida nos dará a los investigadores un poder incomparable para comprender y tratar las enfermedades humanas!, dice una de sus co-fundadoras, Sarah Teichmann, investigadora y jefa de genética celular del Instituto Sanger en Cambridge, Reino Unido. "Sentará las bases para una nueva era de medicina de precisión".

LAS CELDAS DE LA VIDA

Cuando a mediados del siglo XVII el filósofo natural inglés Robert Hooke miró un trozo de corcho a través de un rudimentario microscopio, el mundo se amplió. Como describió en su tratado Micrografía, divisó allí curiosas estructuras, pequeños compartimentos amurallados. Y las llamó células pues le recordaban a los cuartos en que los monjes se hospedan, celdas.

Con el desarrollo de microscopios más potentes y técnicas de identificación, las células comenzaron a revelar sus secretos: poco a poco se comprendió que el cuerpo humano -como el resto de los seres vivos- estaba formado por billones de estas unidades fundamentales de la vida que se dividen, crecen y asumen distintas funciones. Como dijo el biólogo prusiano Rudolf Virchow: "*omnis cellula e cellula* (toda célula proviene de otra célula)".

Si bien son fundamentalmente similares, tienen diferentes formas y diversas propiedades. Hay un mundo entero de células que mantienen el cuerpo humano funcionando: descomponen trozos de comida, nos defienden de los invasores y, a veces, se vuelven inestables y causan estragos.

Enrollado dentro del núcleo o corazón de cada célula, se encuentra la doble hélice del ADN, dos cadenas de productos químicos entrelazados con más de 20.000 genes que proporcionan el plano o manual de instrucciones básico de

Página anterior: Luis Cruz

la vida. Pero aunque cada célula cuenta con los mismos genes, cada una usa solo algunas de estas instrucciones.

DEL BATIDO A LA ENSALADA DE FRUTAS

La célula es para la biología lo que el átomo es para los químicos: el componente básico del campo. Cada una de estas estructuras está compuesta por millones de moléculas en constante conversación ya sea para reparar el daño tisular, limpiar los desechos o para enviar mensajes a lo largo de los circuitos neuronales de nuestro cerebro.

"No importa cómo las mires: las células son absolutamente increíbles", cuenta Regev.

"Una célula es como una computadora compleja que está hecha de otras muchas partes diferentes que interactúan entre sí y se dicen mutuamente qué hacer".

Así, durante los últimos 150 años, los científicos las han clasificado según su estructura, función, ubicación. No han faltado las limitaciones: su conocimiento estaba confinado a lo que se podía descubrir al observarlas bajo microscopios o al analizar genéticamente grupos de cientos o miles de células y encontrar sus propiedades promedio.

Para comienzos del siglo XXI, se habían identificado entre 200 y 300 tipos de células principales, por ejemplo, las que llevan oxígeno dentro de la sangre, las longevas neuronas del cerebro y los fotorreceptores del ojo. Sin embargo, los biólogos presumen que son muchas más. Quizá diez mil, muchas de las cuales no pueden distinguirse bajo un microscopio convencional. "Hay mucha más diversidad en las células de lo que imaginábamos", dice Sarah Teichmann.

Recién en la última década, los avances tecnológicos en un campo conocido como genómica unicelular o *single-cell genmomics* han hecho posible que los científicos puedan explorar este microuniverso con precisión.

Una de las responsables de estos nuevos métodos es Aviv Regev del Broad Institute del MIT y Harvard en Cambridge, Estados Unidos. Gracias al trabajo de esta investigadora israelí, ahora se pueden estudiar células individuales a una velocidad y escala hasta hace poco impensables y ver cómo expresan sus genes.

Su impacto fue tal que en 2008 la revista *Science* y la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia nombraron el análisis de células individuales como uno de los hitos científicos del año por su capacidad de rastrear el desarrollo de organismos y órganos con un detalle sorprendente, célula por célula y a lo largo del tiempo, y por su potencial para impulsar avances en investigación básica y medicina que antes no eran posibles.

"Con los métodos de secuenciación anteriores, extraíamos miles de millones de células de un tejido y se mezclaban", explica Regev. "El resultado era un equivalente a un *smoothie* de frutas, un batido. Era como mezclar banana con fresa, arándanos y kiwis. No podíamos decir cuán diferentes eran las células entre sí, o entre este caso las frutas. Era

GENÓMICA UNICELULAR
FLUJO DE TRABAJO

lo mejor que podíamos hacer. La genómica unicelular fue un gran avance experimental: pasamos de la era del *smoothie* de frutas a la era de la ensalada de frutas. Ahora podemos ver a cada celula individualmente, como si fueran frutas en una ensalada. Podemos decir ahora que hay tres kiwis y cien mil fresas y que no todas son iguales. Y ahora estamos al borde de otra revolución: la llamada genómica espacial. Ahora podemos saber cómo estas frutas o células se organizan".

CARTÓGRAFOS CELULARES

Al igual que los cartógrafos que a partir del siglo XV se dispusieron a contornear los límites geográficos de los que para los europeos constituía un nuevo continente, biólogos como Regev se propusieron realizar con estas técnicas un ambicioso censo de las células de nuestro cuerpo como nunca se había intentado antes.

Así, esta investigadora ayudó a lanzar en octubre de 2016 el *Human Cell Atlas* en el que participan 970 instituciones y 1400 científicos de 64 países que colaboran en mapear las células del cuerpo, órgano por órgano.

Se trata de uno de los proyectos más ambiciosos en la historia de la biología. En cierta medida, es una especie de continuación del *Proyecto Genoma Humano* y otras iniciativas como el *Human Protein Atlas* que inició en 2003. Comparte con ellos las promesas y pretensiones de conocernos un poco más por dentro.

Infografía: Luis Cruz

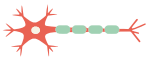
ENTRE 200 Y 300 TIPOS DE CÉLULAS principales se habían identificado para comienzos del siglo XXI, por ejemplo:

Células nerviosas

Células sanguíneas

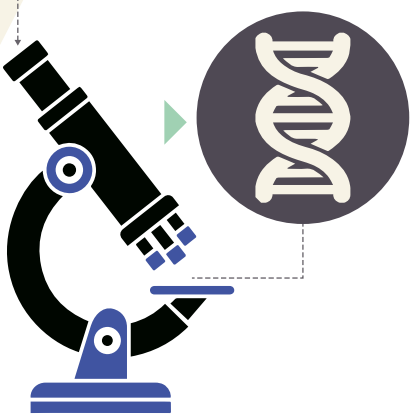
Células musculares

Fotorreceptores del ojo


Las neuronas del cerebro

Se estima que hay aproximadamente **37 BILLONES DE CÉLULAS** en el cuerpo humano adulto.

Las que llevan oxígeno dentro de la sangre.



20.000 genes en dos cadenas de productos químicos entrelazados conocida como la doble hélice del ADN proporcionan el plano o manual de instrucciones básico de la vida.

Cada una de las células está compuesta por millones de moléculas en constante conversación ya sea para reparar el daño tisular, limpiar los desechos o para enviar mensajes a lo largo de los circuitos neuronales del cerebro.

Aviv Regev del Broad Institute del MIT y Harvard en Cambridge, Estados Unidos, ayudó a lanzar en octubre de 2016 el **Human Cell Atlas** en el que participan:

970 instituciones

1400 científicos

64 países

¿Cuántos tipos de células hay? ¿Cuáles son las relaciones de unas con otras? ¿Y dónde están localizadas? son algunas de las preguntas que busca responder el atlas.

"Necesitamos un mapa con coordenadas claras de las células de nuestro cuerpo que nos permita navegar y entender lo que allí sucede, dice Regev. Algo así como una tabla periódica de nuestras células. Los seres humanos somos diversos como también lo son nuestras células. Por eso ningún científico, ningún laboratorio, ningún instituto debe desarrollar este atlas por sí solo".

Los objetivos de este consorcio van desde entender qué genes específicos se activan en cada tipo de célula a ver cómo un conjunto de células trabajan juntas para combatir los patógenos o cómo los circuitos reguladores dejan de funcionar durante enfermedades como el cáncer, Alzheimer o Parkinson.

El plan en sí no es secuenciar las 37 billones de células, sino tomar muestras de cada parte del cuerpo.

El primer borrador del atlas identificará de 30 millones a 100 millones de células, tanto aisladas como en su contexto tisular, de personas sanas de ambos sexos y de variada diversidad étnica.

El proyecto avanza rápidamente con patrocinadores como el NIH, la Fundación Bill y Melinda Gates, la Unión Europea, Wellcome Trust, la Fundación Manton y la Iniciativa Chan-Zuckerberg, empresa del creador de Facebook que tiene como objetivo "curar, prevenir o controlar todas las enfermedades para fines de este siglo".

UN MAPA LLENO DE TESOROS

A tres años de su fundación, el *Human Cell Atlas* ya está dando resultados. La emoción en el campo se ha vuelto tangible a medida que se han encontrado más nuevos tipos de células. En junio de este año, investigadores del Instituto Wellcome Sanger, el Centro Médico Universitario de Groninga (Países Bajos) y las empresas Open Targets y GSK mapearon por primera vez los componentes básicos de los pulmones y las vías respiratorias humanas, tanto en pacientes con asma como en personas sanas. Revelaron la identidad de cada tipo de célula, creando el primer borrador del *Atlas de células humanas del pulmón.*

Comprender las células y sus señales podría conducir a encontrar nuevos objetivos farmacológicos para tratar el asma. "Esto nos ha dado una mejor definición de los tipos de células en los pulmones asmáticos y nos ha permiti-

Imagen de la parte del cerebro que procesa la información visual.

Greg Dunn y Brian Edwards

do descubrir un estado celular completamente nuevo en pacientes asmáticos que produce moco", señala especialista en inmunogenómica Felipe Vieira Braga, primer autor del artículo del Instituto Wellcome Sanger y Open Targets.

UNA DÉCADA DE EXPLORACIÓN

También se ha avanzado en el estudio de las células que componen el hígado, uno de los órganos más importantes del cuerpo, pues desempeña un papel esencial en el metabolismo, la respuesta inmune y la desintoxicación: convierte azúcares, proteínas y grasas de nuestros alimentos en sustancias útiles y las libera a las células.

Investigadores del Instituto Max Planck de Inmunobiología y Epigenética han creado un mapa completo de todos los tipos de células hepáticas sanas a partir de muestras tomadas de nueve donantes humanos. No solo descubrieron nuevas subpoblaciones de tipos de células, sino que también revelaron cómo cambian en el cáncer de hígado.

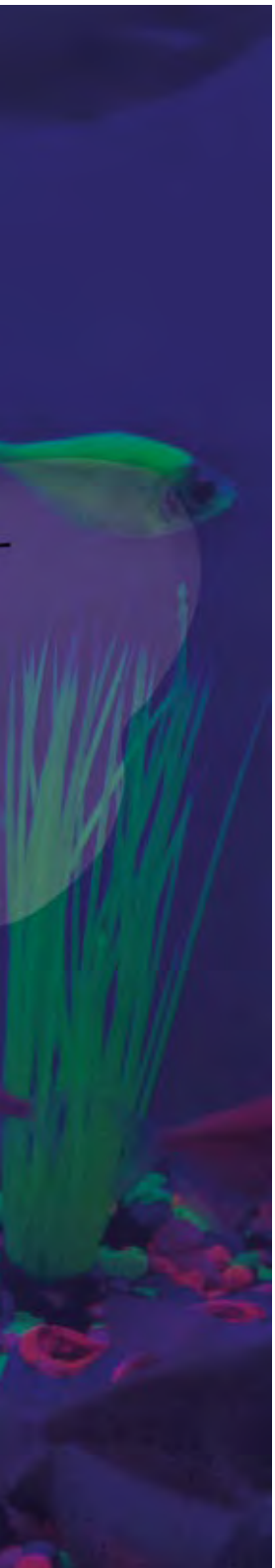
Debido a que el *Human Cell Atlas* será un recurso abierto, acelerará drásticamente los hallazgos realizados, inspirando nuevas ideas sobre descubrimiento terapéutico, desarrollo de fármacos y diagnóstico. "Va a ser un tesoro de descubrimiento", dice Teichmann.

En México, hasta ahora solo participan el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y la Universidad de Guadalajara.

Probablemente, el atlas celular tomará más de una década en completarse. No va a revelar todo sobre nuestros cuerpos, así como el *Proyecto Genoma Humano* no nos dijo todo sobre nuestros genes. Pero marcará el comienzo de una nueva era de medicina de precisión que transformará nuestra comprensión de la salud y la enfermedad y aportará mejores y más precisos diagnósticos y tratamientos.

ROBOTS
CON SANGRE, PIEL Y MÚSCULOS

POR BERENICE GONZÁLEZ DURAND



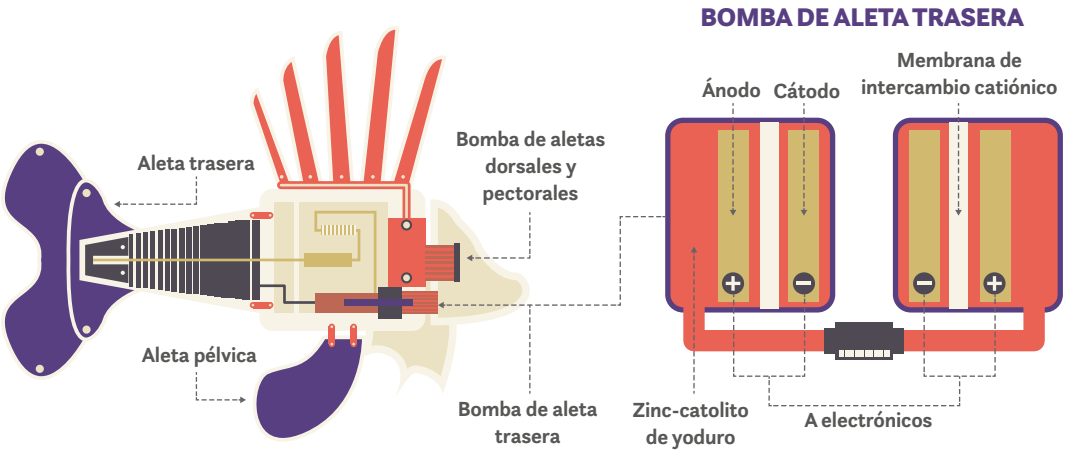
Una nueva generación de robots está siendo creada para lograr mayor autonomía con estructuras menos rígidas

La sangre, ese tejido líquido que transporta oxígeno para las células de los vertebrados y circula por venas y arterias está tratando de ser imitado para una nueva generación de robots. La idea es generar un sistema que al igual que la sangre, sea capaz de distribuir energía. La diferencia es que en lugar de eritrocitos, leucocitos, plaquetas y plasma, este compuesto está integrado por un fluido cargado con iones disueltos.

Especialistas de la Universidad Cornell en Nueva York, comandados por Robert Shepherd del Laboratorio de Robótica Orgánica, exponen esta hazaña en un reciente artículo publicado en la revista *Nature*. Los especialistas crearon un fluido con el reto de impulsar un pequeño robot que imita los movimientos del pez león *(Pterois antennata)*, la exuberante especie que habita las lagunas costeras y arrecifes del océano Índico tropical y el Pacífico occidental.

Este se convertiría en un nuevo paso en la creación de un sistema que busca ser capaz de brindar el potencial químico necesario para alimentar una batería líquida que podría conferirle mayor independencia a los robots autónomos. El líquido dispuesto fluye a través de las células de las baterías de flujo interconectadas en el abdomen y las aletas del pez. El funcionamiento es simple. Cada celda tiene dos piezas de metal opuestas: un cátodo y un ánodo. A medida que el fluido se desplaza más allá de estos, crea un voltaje que hace que los electrones viajen a través de los dos puntos que mantienen el fluido bombeando.

La impresión en 3D se ha convertido en una herramienta básica para generar robots de materiales livianos, suaves y a costos accesibles.



Es así que gracias al líquido electrolítico que circula a través de los conductos internos del robot, los sistemas electrónicos del robot reciben la corriente necesaria para que el ente se mueva con autonomía.

El reto es que se pueda desarrollar una nueva generación de robots con una mayor capacidad para almacenar energía y cuyo dispositivo central sea más ligero. En este caso, el pequeño pez puede funcionar por alrededor de 36 horas. El único problema hasta el momento es que aún su velocidad es muy baja, pero se espera que el sistema empiece a encontrar componentes cada vez más sofisticados para también aumentar paulatinamente el potencial de energía que impulsa el movimiento.

Un antecedente fundamental para librarse de las baterias rígidas lo propuso hace algunos años el famoso Octobot, un robot inspirado en un pequeño pulpo. Esta máquina emplea una reacción química entre el peróxido de hidrógeno y un catalizador (en este caso, el platino) para generar el gas que lo movilizaba controlado por un circuito de microfluidos.

ROBOTS SUAVES

Pero mucho antes de pensar en la "sangre" de robot, han surgido otros componentes en la robótica contemporánea que buscan inspirarse en los diseños y mecanismos de la naturaleza. La idea es crear robots que se acerquen de forma más empática al mundo real, lo que también se conoce como *soft robotics* o robótica suave, un campo que se ocupa de construir robots a partir de materiales altamente compatibles con la forma en la que los organismos vivos se mueven y se adaptan a su entorno.

Precisamente otro pequeño pez robotizado que ejemplifica esta corriente es SoFi, un pez de color blanco que pesa 1.5 kilos y mide unos 47 centímetros, ligeramente más grande que el proyecto de Cornell. El apelativo no es el diminutivo de Sofía, sino que hace referencia a *soft fish* (pez suave). El robot está hecho de materiales suaves y livianos. Para generar este tipo de compuestos, la impresión en tecnología 3D se ha vuelto indispensable. Hecho de caucho de silicona y plástico flexible, este robot es capaz de sumergirse en las profundidades marinas con una microcámara.

Página anterior: fotocomposición José Blenda / ORGANIC ROBOTICS LAB. Infografía: Luis Cruz

Sofi es un pez de color blanco que pesa 1.5 kilos y mide exactamente 47 centímetros. Está hecho de caucho de silicona y plástico flexible.

Su nado es impulsado por un motor que bombea agua entre dos instrumentos parecidos a globos ubicados en la cola. Cuando el agua circula de un lado al otro, el pez logra doblarse e impulsarse en movimientos que tienden a imitar los de un animal real. ¿Para qué sirve un robot autónomo de este tipo? Las labores de avistamiento, rescate e investigación en profundidades marinas serían algunos de sus principales objetivos.

En el caso de la pequeña SoFi sus conquistas principales han sido la captura de imágenes de especies a las que es difícil acceder por las características de su hábitat, como el caso del llamado tiburón de Groenlandia, una especie que vive en las heladas aguas del Ártico y que puede llegar a vivir en profundidades de hasta dos mil metros.

El robot sólo tuvo que penetrar 20 metros para capturar imágenes de su objetivo, pero fue gracias a su posibilidad de nadar en varias direcciones en aguas congeladas durante 40 minutos que cumplió a cabalidad con la tarea encomendada por los científicos.

En un futuro, un sistema como el de la universidad de Cornell podría otorgarle a este tipo de peces robots, como SoFi, la posibilidad de nadar aún por más tiempo sin necesidad de recargarse y aunque aún las velocidades son muy bajas, los retos en muchas áreas de investigación podrían ser cumplidos.

En los laboratorios de todo el mundo surge una fauna robótica que busca emular las texturas y movimientos de la naturaleza con mayor tino. Insectos, fauna marina y anélidos son otros de los grandes protagonistas. En este último rubro destaca recientemente el sistema del neurobiólogo Barry Trimmer, quien en el Laboratorio de Neuromecánica y Biomimética de la Universidad de Tufts, en Medford, Massachusetts, ha logrado reproducir los movimientos de los gusanos del tabaco. Un robot que imita a la perfección la forma en que se desplazan estas rechonchas orugas podría ser el primer paso de una poderosa herramienta para localizar a sobrevivientes entre los escombros.

Trimmer expone en sus investigaciones que a diferencia de los animales con

Joseph DelPreto / MIT CSAIL

esqueletos, los animales blandos no tienen los mismos límites en sus movimientos, pues pueden deformarse de formas complejas y con grados de libertad virtualmente ilimitados. Es así que uno de sus principales objetivos de investigación es identificar cómo los animales blandos controlan sus movimientos de una manera computacionalmente eficiente utilizando los principios de cálculo morfológico para aplicarlos en la robótica.

DE MÚSCULOS Y OTRAS COSAS

Para los expertos en robótica, la inteligencia artificial le ha conferido a las máquinas impresionantes avances en los últimos años, sin embargo sus cuerpos aún se consideran, de cierta forma, primitivos o aún muy elementales. En este sentido, el desarrollo de nuevos materiales se considera un elemento fundamental para su verdadera evolución.

Estructuras menos rígidas en los robots son de gran utilidad, por ejemplo, para la creación de androides que trabajan en el área de servicio. En Japón esta industria en la que numerosos robots sirven en negocios como tiendas y restaurantes, así como acompañantes de personas de la tercera edad, representa un negocio de 50 mil millones de dólares.

La interacción con los robots del futuro inmediato se logra con la navegación amigable en pantallas.

Expertos del laboratorio de Máquinas Creativas de la Facultad de Ingeniería de Columbia han aportado un nuevo componente a la robótica: la creación de músculos impresos en 3D con una goma de silicona con etanol distribuido a través de microburbujas.

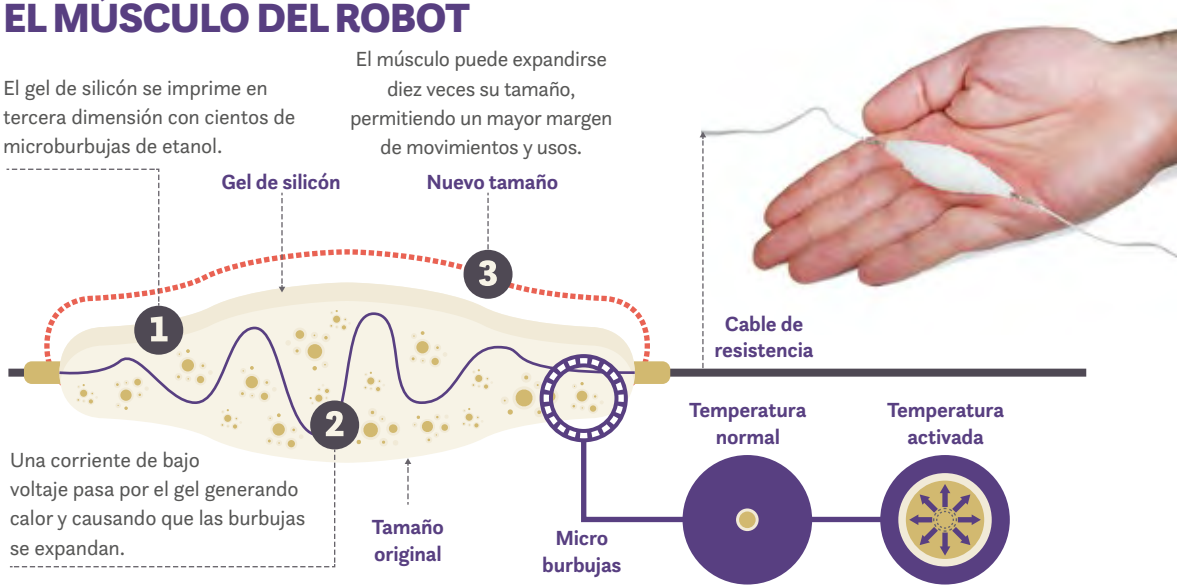
Estos músculos artificiales son capaces de activarse eléctricamente y cuentan con una gran capacidad de estirarse y soportar el peso. Estos componentes tendrían la ventaja de de combinar la suavidad de una caricia con una fuerza tres veces mayor a la que proporcionan los músculos humanos.

La piel humana es otro gran motivo de inspiración para la robótica suave que ha elaborado diversos prototipos como el de un grupo de investigadores de la Universidad Nacional de Singapur (NUS) que se inspiraron en las medusas, los animales marinos con impresionantes

CÓMO FUNCIONA EL MÚSCULO DEL ROBOT

El gel de silicón se imprime en tercera dimensión con cientos de microburbujas de etanol.

El músculo puede expandirse diez veces su tamaño, permitiendo un mayor margen de movimientos y usos.



habilidades regenerativas. De esta forma, crearon una piel que puede autorepararse y es una mezcla de plástico elástico con un líquido iónico rico en flúor. Este suave material puede estirarse hasta 20 veces su tamaño original y es capaz de generar conductividad eléctrica.

La robótica suave no sólo sirve para revestir robots, está siendo de gran ayuda en el área médica. En el Laboratorio de Biodiseño de la Universidad de Harvard se aplica para desarrollar dispositivos de apoyo a los sobrevivientes de accidentes cerebrovasculares, como un dispositivo de Compresión Cardiaca Directa (DCC), que es un método de asistencia para tratar la insuficiencia cardíaca que involucra la implantación de un dispositivo que rodea el corazón y se contrae en fase con el latido cardíaco nativo para proporcionar asistencia mecánica directa durante la fase de eyección (sístole) y la fase de relajación (diástole) del ciclo cardiaco. Algo así como un suave masaje robótico para mantener los latidos.

El riesgo de desarrollar insuficiencia cardíaca en el mundo es cada vez más alto, pero el tratamiento estándar clínico actual es la implantación de un dispositivo de asistencia ventricular que entra en contacto con la sangre del paciente y se asocia con eventos tromboembólicos, hemólisis, reacciones inmunitarias e infecciones. Este dispositivo elimina estos contratiempos.

Es así que otras de las potencialidades de la robótica suave no la vuelven tan evidente a simple vista, pero simplifica estrategias para realizar actividades complejas que no podrían generarse desde los parámetros de la robótica convencional. Esta área de la robótica es una tendencia que asume el desafío de usar nuevos materiales para construir herramientas con un alto potencial en las diferentes aplicaciones de la ciencia.

Infografía: Luis Cruz

2069

ASÍ SE CELEBRARÁN LOS 100 AÑOS DEL ALUNIZAJE DE ARMSTRONG

POR FEDERICO KUKSO

Los festejos por el aniversario de la llegada del ser humano a la Luna impulsaron la nostalgia. Pero también motivaron la imaginación: así piensan ingenieros y científicos que será la vida lunar en cincuenta años.

Comienza un nuevo día en el siglo XXI. La más reciente estimación de la población mundial ronda las 12 mil millones de personas y mil millones de robots. Los blancos son una minoría en Estados Unidos. El cambio climático se agudiza hora a hora: los ciclones tropicales están causando estragos en el Mediterráneo. En Nueva York, se levantan barrera contra las inundaciones.

Casi la mitad de la selva amazónica ha sido ya arrasada. La intensidad de las precipitaciones se ha incrementado un 20 por ciento y las temperaturas medias globales han aumentado en tres grados. Los refugiados climáticos se desplazan en masa buscando nuevos sitios a los cuales llamar hogar.

Así podrían lucir las bases lunares en medio siglo. Las colonias humanas podrían alimentarse gracias a invernaderos automatizados.

Página anterior: Jorge Mañes Rubio / ESA

Hace décadas que China se alzó como la nueva potencia mundial gracias al increíble poder de la inteligencia artificial. Los vehículos autónomos dominan las carreteras. Las operaciones mineras en el océano profundo se han multiplicado.

Los humanos se están fusionando íntimamente con las máquinas —implantes cerebrales, prótesis biomecánicas, órganos cultivados en laboratorios— a tal ritmo que no se sabe ya cuánto hay de artificial y cuánto de natural en un individuo.

Gracias a la popularización de la edición genética, parejas de millonarios eligen cómo quieren que sean sus hijos antes de nacer: superatletas (para competir en los Juegos Olímpicos Transhumanos), longevos, resistentes a enfermedades.

Han pasado exactamente cien años desde que Neil Armstrong se empujó de la escalinata del módulo Aguila y estampó la huella de su bota izquierda en la superficie lunar. Todos saben que no es un aniversario cualquiera por lo que será celebrado en las colonias lunares con raciones extra del plato más popular: hamburguesas de carne in vitro.

La población local —adaptada hace tiempo con bioimplantes para soportar la gravedad lunar— espera un aluvión de turistas que recorrerán el sitio de aterrizaje de la Apolo 11, declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO.

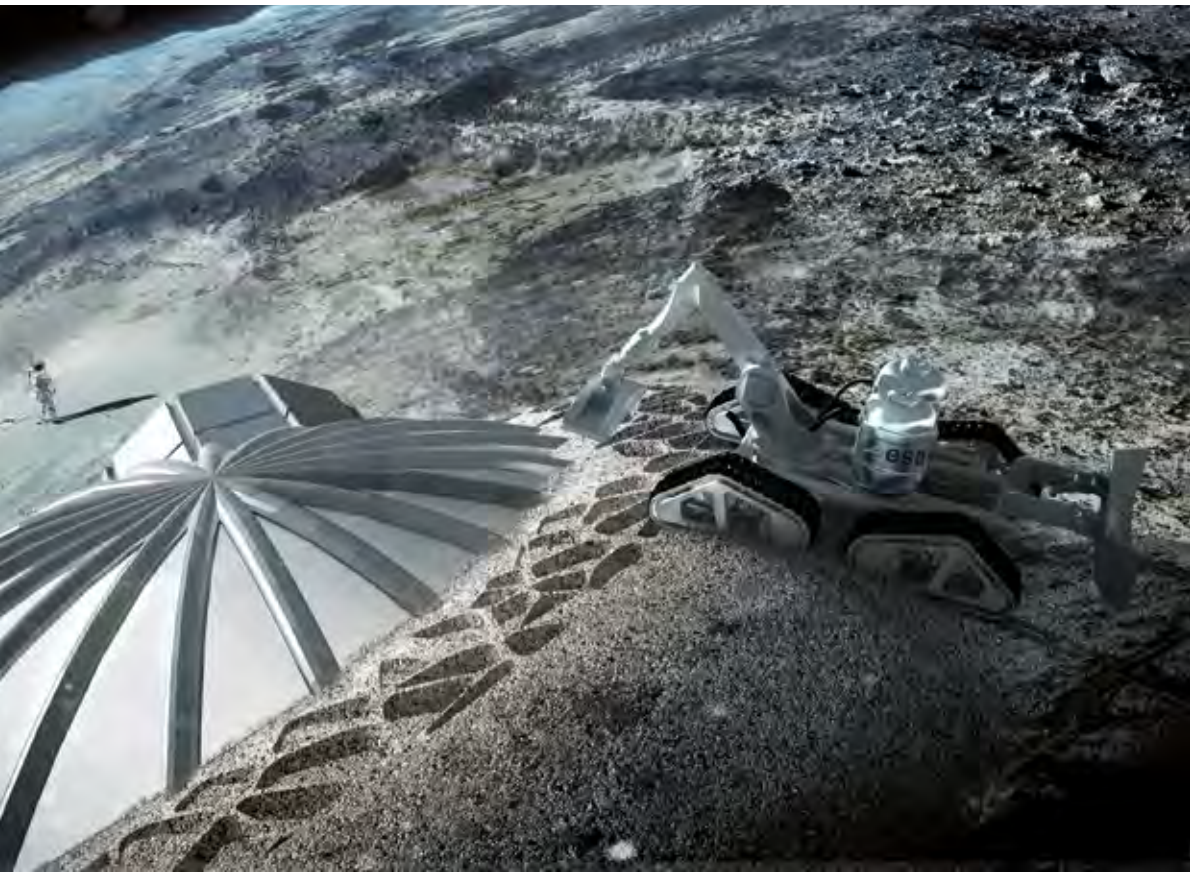
Los visitantes caminarán alrededor del módulo lunar y verán las famosas huellas dejadas por los astronautas, así como las bolsas de comida, orina y excrementos. Sin embargo, aunque la nave espacial está perfectamente conservada, algunos se decepcionarán: la bandera estadounidense ha sido blanqueada desde hace mucho tiempo por la radiación UV en la superficie lunar.

LA COLONIZACIÓN LUNAR

"Nadie puede realmente garantizar el futuro", dijo alguna vez Henry Ford II, nieto del famoso magnate de la industria automotriz. "Lo mejor que podemos hacer es evaluar las posibilidades, calcular los riesgos involucrados, estimar nuestra capacidad para lidiar con ellos y luego hacer nuestros planes con confianza".

Los aniversarios tienen cierto efecto hipnótico en los seres humanos. Todos los días se celebra un nuevo año de una hazaña, un hito, un logro que cambió para bien o para mal el camino histórico de la humanidad. Aunque son los aniversarios "redondos" —aquellos terminados en cero— los que más nos conmueven: sirven no solo para recordar lo conseguido —y a la distancia ver el evento en perspectiva— sino también para dejar suelta la imaginación y trazar una especie de ruta hacia lo que está por venir, por ejemplo vislumbrar cómo será el año 2069.

Hoy, a medio siglo del alunizaje, se aceleran —otra vez— los sueños expansivos de la humanidad. Agencias espaciales y empresas privadas apuntan una vez más a la



ESA/ Foster + Partners

La evolución de los vehículos tipo *rover* o astromóvil sería una herramienta fundamental para la vida lunar.

Luna, preparando el escenario para viajes más ambiciosos hacia el espacio profundo.

Los grandes proyectos de exploración no solo se concretan con dinero e intrépidos que desafían los límites de lo posibles. También sos impulsados por sueños desatados e ideas ambiciosas. Y el espacio siempre convoca.

David Parker, director de exploración humana y robótica de la Agencia Espacial Europea, por ejemplo, prevé que para el aniversario número cien de la misión Apollo 11 ya habrá bases instaladas en la Luna. Y compara la próxima colonización lunar con la exploración antártica a comienzos del siglo XX:

“Ahora nos estamos preparando para establecer bases científicas en la Luna, al igual que tenemos bases en la Antártida”.

Es decir, colonias frecuentadas tanto por científicos como turistas de un gran número países, un sitio difícil de llegar como el continente blanco, pero no imposible si se cuenta con el dinero o el respaldo del gobierno adecuado.

Pero la Luna no es solo vista como el séptimo continente, una nuevo territorio a conquistar. “La Luna es como un museo del pasado Sistema Solar”, dice Parker. “Su superficie probablemente está compuesta por materiales que datan de la formación de nuestro vecindario cósmico. La última vez fuimos a la tienda de regalos, la próxima vez nos quedaremos a explorar”.

UN PUEBLITO EN LA LUNA

Cuando, hace 50 años, Neil Armstrong dejó caer su humanidad en la desolada superficie lunar infectó al mundo de asombro, orgullo y fascinación ante las posibilidades que por entonces se creía que se abrían. Medios como *The Economist* escribieron: “El hombre, desde este día en adelante, puede ir a donde quiera que en el universo su mente

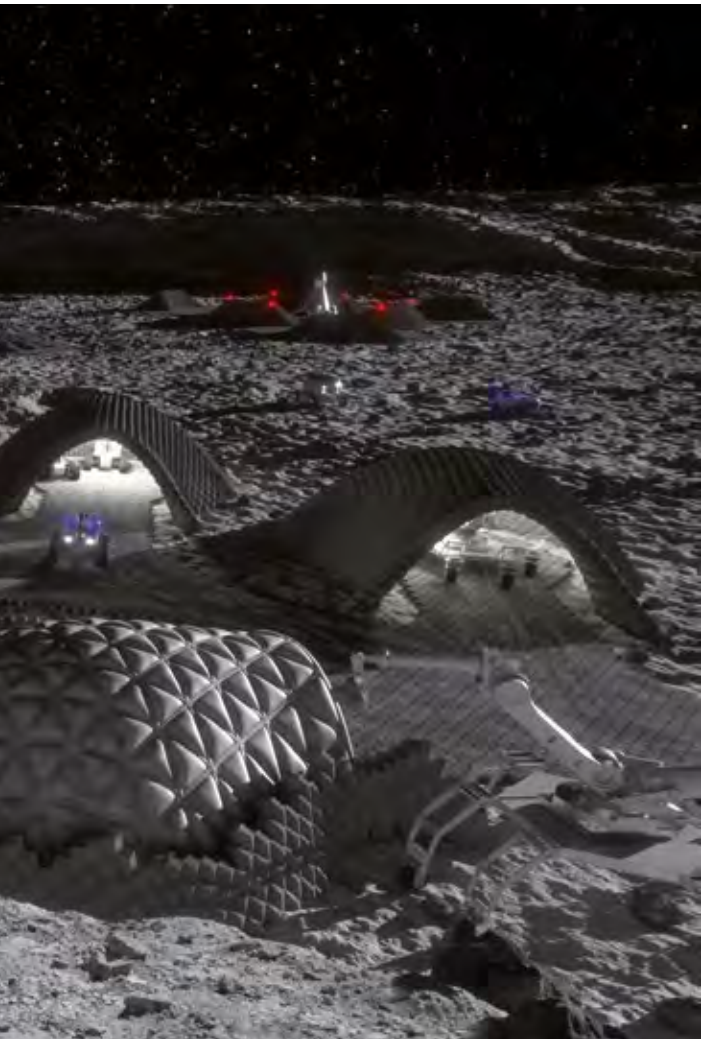
Ya existen empresas privadas dispuestas a invertir en tecnología con miras a la futura colonia humana lunar.

lo desee y su ingenio lo consiga... a los planetas, más temprano que tarde, el hombre ahora está seguro de ir".

Pero nada de eso ocurrió. Le dimos la espalda al espacio. Y los *ratings* se desplomaron alunizaje tras alunizaje. Sólo 571 personas han viajado al espacio; y desde 1972 nadie se ha aventurado mucho más lejos que las diversas estaciones espaciales que han orbitado el planeta (Skylab, Mir, la Estación Espacial Internacional, las estaciones chinas Tiangong).

El desarrollo de nuevas tecnologías, el desplome de los costos y el despertar de nuevas ambiciones chinas e indias y de una nueva generación de empresarios megalómanos se combinan para abrir un nuevo panorama.

En un momento en que la crisis climática se agudiza, el espacio ofrece una razón sorprendente para el optimismo. Estados Unidos planea volver a la Luna en 2024 con su programa Artemisa. Otras agencias como la europea, la india, la japonesa y la rusa tienen pensado bombardear a nuestra vecina con sondas robot.



RegoLight / ESA

"El futuro de la exploración espacial es robótico", señala Anatoly Petrukovich de la Academia Rusa de Ciencias. "Incluir al humano aumenta el precio 10 veces".

Las empresas privadas no quieren quedarse afuera de la nueva megalópolis lunar. Como confirmó el ingeniero Johann Dietrich Wörner, director general de la Agencia Espacial Europea, ya hay conversaciones para la construcción de lo que llama un "Pueblo lunar".

Incluso ya se discute dónde se instalará: como escribió el ingeniero espacial estadounidense Robert Zubrin en su libro *The Case For Space,* debería ser en uno de los polos lunares, donde las cimas de las montañas son permanentemente bañadas por la luz del sol, fundamental para el abastecimiento de energía. El agua potable se podría extraer del hielo que albergan los cráteres, producto de miles de millones de años de impactos de cometas.

Y también podría usarse para regar cultivos en invernaderos lunares. Un estudio realizado por científicos holandeses en 2014 demostró que las zanahorias y los tomates pueden crecer en un

suelo similar al suelo rocoso y polvoriento que cubre la luna.

Los cálculos de Zubrin sugieren que la primera base lunar tendría un costo de construcción de siete mil millones de dólares y tardaría siete años en desarrollarse. A partir de entonces, se necesitarían 250 millones al año para mantenerla.

Bernard Foing, científico de la Agencia Espacial Europea y líder del concepto de base lunar "Moon Village" (Pueblo lunar), sueña con que para 2030 haya hasta 10 astronautas en la Luna, cada uno de los cuales pasará seis meses antes de regresar a la Tierra.

Por su parte, la agencia espacial rusa Roscosmos ha confirmado que planea imprimir en 3D estructuras en la superficie de la Luna para el año 2040. El plan es utilizar material como el regolito lunar que cubre la superficie de la Luna.

Eventualmente, la Luna podría llegar a tener hasta ciudades subterráneas dentro de los tubos de lava recientemente descubiertos que podrían proteger a los colonos de la radiación espacial.

UNA PUERTA A LAS ESTRELLAS

Las iniciativas se multiplican día a día. La NASA, la ESA y el resto de agencias que cooperan en la International Space Station desplegarán la Deep Space Gateway, una estación que orbitará la Luna.

Al igual que un refugio de montaña, brindará un lugar para abastecerse de suministros para astronautas en ruta a destinos más distantes. Los primeros de los seis módulos se lanzarían en 2022 y se piensa que funcionará también como laboratorio para realizar investigaciones científicas, un depósito para abastecerse de suministros y combustible, un centro de transmisión de comunicaciones e incluso como parada o lanzadera para una futura misión tripulada a Marte.

TURISTAS EN EL ESPACIO

Con las décadas la Luna se irá poblando. Con qué tipo de personas no se sabe muy bien.

"Hombre rehecho para vivir en el espacio", imaginaba un artículo publicado en la revista *Life* el 11 de julio de 1960 en el que se detallaba cómo los próximos exploradores espaciales serían *cyborgs*, individuos parte humanos, parte máquinas, más adaptados para pasar largos períodos de tiempo en las difíciles condiciones de la superficie lunar.

David Parker de la ESA no cree que sea una locura:

"En 50 años, humanos, robots y *cyborgs* viajaremos a la Luna: la fusión de la tecnología con nuestro cuerpo (transhumanismo) será crucial para la exploración espacial".

A Thomas Zurbuchen, administrador de la Dirección de Misiones Científicas de la NASA, le agrada la idea de tener un traductor universal al estilo de *Star Trek* pegado al oído de una persona.

La analista Namrata Goswami predice que para 2069 una base lunar china será funcional: "Unos 50 habitantes permanentes supervisarán a miles de robots y a cientos de turistas lunares. China enviará sondas desde la base lunar a Marte, así como al cinturón de asteroides de los cuales extraerá metales concentrados".

No es algo tan disparatado. La compañía SpaceX ya vendió los primeros tickets para su viaje lunar: el mul-

El desarrollo de tecnología de cohetes que recuperen las etapas abaratará los costos y será un paso importante en la colonización.

timillonario japonés Yusaku Maezawa, fundador de la cadena de ropa Zozotown, planea llevar a un grupo de artistas para un proyecto que bautizó "Dear Moon".

Consistiría en un viaje redondo pero sin aterrizar ni entrar en órbita. SpaceX dice que podría suceder alrededor de 2023 usando la nave espacial Starship.

"En 50 años, la gente viajará a la Luna de vacaciones y volverá a la Tierra", dice Wu Ji, ex director general del Centro Nacional de Ciencias del Espacio de la Academia de Ciencias de China, quien concibe a nuestro satélite natural como nuevo centro turístico.

Según este investigador, el principal objetivo de China en el espacio en la próxima década consiste en construir una estación espacial propia en órbita alrededor Tierra. "Terminará en 2022 y durará 10 años. No contemplamos enviar un astronauta en el corto plazo. Aunque creemos que para el año 2035, habrá un chino en la Luna", asegura. "No tenemos prisa", dice.

Ni los Estados Unidos ni China firmaron el llamado "Acuerdo de la Luna" de 1979, que incluye el compromiso de que todos los recursos lunares —como los de los fondos marinos de la Tierra— son parte del "patrimonio común de la humanidad". Sin embargo, ambas naciones renunciaron a la apropiación del territorio extraterrestre y el uso de armas en el espacio, bajo el "Tratado del Espacio Exterior" de 1967, un acuerdo considerado frágil y que en cualquier momento podría romperse.

Aún así, la Luna será en unas décadas un espacio culturalmente diverso. "En la Tierra, seguiremos por redes sociales lo que los habitantes hacen en la Luna", imagina la arqueóloga espacial Alice Gorman.

"Podríamos cansarnos de escuchar a las personas contar sus anécdotas lunares. La Luna será como pensar en la Antártida. Un lugar remoto, pero que sigue siendo parte de nuestro mundo".

SPACEX

El infinito número de infinitos que hay dentro de una nuez

POR JAVIER ELIZONDO HUERTA

El concepto de aquello que no tiene fin ha fascinado a los matemáticos de todos los tiempos, aunque podrían ser los literatos quienes han aportado una visión más clara.

TWENTY20

“Oh Dios, puedo estar dentro de la cáscara de una nuez y considerarme a mí mismo como el rey del espacio infinito”

Las palabras que expresa Hamlet fueron escritas alrededor del año 1600 y albergan tanto sobre la naturaleza del infinito que difícilmente el propio Shakespeare podría haberlo imaginado.

Todos podemos aceptar que hay un número infinito de números de la forma 1, 2, 3, 4, 5,... a estos números los llamamos los números naturales. Pero veremos que cuando pensamos en ellos como un todo, éstos tienen un comportamiento distinto a lo que estamos acostumbrados. Veamos una historia que nos muestra este comportamiento. Se le conoce como el hotel de Hilbert.

Unos inversionistas querían construir un hotel tan grande que nadie pudiera ganarles. Así que hicieron uno con un número infinito de cuartos.

Un día que el hotel estaba completamente ocupado llegó un cliente muy destacado y pidió ser hospedado. Los dueños sabiendo que era un cliente importante le dijeron: el hotel está lleno pero seguro encontraremos algo para usted. Pensaron un rato qué hacer y se les ocurrió la grandísima idea de decirle al que estaba en el cuarto uno moverse al cuarto dos, y al del cuarto dos al tres, y al del cuarto tres al cuarto, y así sucesivamente.

De esta forma obtuvieron un cuarto para el distinguido cliente. El cuarto nú-

mero uno había quedado libre, ¡a pesar de que todo el hotel estaba ocupado!

Pero allí no acabó el asunto. Tiempo después llegó un número infinito de clientes, todos muy importantes, y el problema se les complicó.

Tuvieron que pensar un buen rato hasta que uno de ellos dijo, lo tengo, sé cómo resolver esto.

TWENTY20

Planteó lo siguiente: al del cuarto **1** lo movemos al **2**, al del cuarto **2** al **4**, al del cuarto **3** al **6**, al del cuarto **4** al **8**, al del cuarto **5** al **10**, así sucesivamente.

Es decir, hay que mover al que está en el cuarto cuyo número es n, al cuarto cuyo número es **2** veces n. De esta manera, todos los cuartos nones, **1, 3, 5, 7, 9,** ... quedaron libres, y esos cuartos fueron asignados al número infinito de los distinguidos visitantes.

Es decir, un número infinito entró en lo que uno pensaría es la mitad de cuartos, ¡pero no lo es! ¡es el mismo número de cuartos! Esto nos dice que hay tantos números nones como todos los números naturales.

¡Qué sorpresa! la misma que se llevaron los matemáticos de esa época con este descubrimiento.

EL ALEPH

“Para terminar el poema le era indispensable la casa, pues en un ángulo del sótano había un Aleph. Aclaró que un Aleph es uno de los puntos del espacio que contienen todos los puntos”,

escribió Borges en su multicitada obra, con lo que que deja ver que quizá las metáforas literarias nos puedan dar una idea clara de lo que representa el infinito en matemáticas.

De hecho, los matemáticos no tenían una idea muy precisa sobre el concepto de infinito hasta que el matemático Georg Cantor, alrededor del año 1900, estableció con claridad lo que esto significaba; de hecho hay varios infinitos que sólo viven en el mundo matemático. Aclaremos un poco lo que Cantor descubrió.

Los números reales son los que están en la recta numérica. Por ejemplo tenemos que los siguientes números son reales **1, 2, 3, √2,π,e, 1/3, 1/4.** Ahora bien, tenemos que el conjunto de los números naturales está contenido en el conjunto de los números reales; pero no son iguales; por ejemplo π es número real pero no es un número natural.

NÚMERO INFINITO DE INFINITOS

Cantor se planteó si el infinito de los números naturales era igual al de los números reales. En el ejemplo del hotel de Hilbert vimos que el infinito de los números nones era igual al de los números naturales, a pesar de que los números nones están contenidos en el conjunto de los números naturales. Así que esta pregunta no tenía una respuesta obvia.

Él mostró que el infinito de los números reales es mayor que el infinito de los números naturales.

Así es, difícil de creer. Pero probó mucho más. El infinito de los números naturales les llamamos Aleph cero, lo escribimos **א_0**, al infinito de los reales lo llamamos Aleph uno, lo escribimos **א_1**, y como mencionamos **א_1** es más grande que **א_0**. Pero Cantor no paró ahí, vio que había más infinitos: **א_2**,**א_3**,... cada uno menor que el siguiente, es decir **א_0<א_1<א_2<**... .

Hay tantos números infinitos como números naturales, un número infinito de infinitos, un **א_0** de infinitos. Parece una locura, pero muestra que Cantor fue un genio que rompió con todo lo establecido y a partir de ahí todo cambió. Se planteó lo que se conoce como la hipótesis del continuo: ¿hay un infinito distinto entre **א_0** y **א_1**? Es decir, entre el conjunto de los números naturales y el conjunto de los números reales. Fue hasta la década de los sesentas que se probó que no es posible probar esto a partir de los axiomas que tenemos, y usamos en matemáticas, pues es independiente de ellos. Cantor murió tratando de probar la hipótesis del continuo, no podía saber que era imposible lograrlo con las herramientas que tenía a la mano. El trabajo de Cantor sobre los infinitos y la teoría de conjuntos, que le permitió desarrollar su teoría de los infinitos, llevó a cuestionarse los fundamentos de la matemática.

Ahora podemos decir que hay tantos números en un segmento de la recta numérica como en toda la recta, precisamente **א_1**, y el número de puntos en el plano es también **א_1**. En otras palabras, hay tantos puntos en un milímetro de una regla, como en mil (un millón, millón de millones) de reglas, o como puntos en el universo, este número es **א_1**. Estas ideas crearon una revuelta en su momento, matemáticos famosos se negaban a aceptar semejante realidad. ¡Infinitos más grandes que otros! ¡¿de qué está hablando ese señor Cantor?!

¡Hay tantos puntos en el interior de una nuez, como en el universo!

¡Viva Shakespeare y Borges!

Este libro se terminó de imprimir en noviembre de 2019
en la IMPRENTA ZODIACO.
Tauro 904, Col. Zodiaco, Cuernavaca,
Morelos, México
La edición de este libro consta de 2,000 ejemplares
más sobrantes para reposición.

El conocimiento ha sido una estrategia de supervivencia del ser humano. Nuestro cableado neurológico fundado en la necesidad nos ha permitido encarar de manera efectiva eso que llamamos realidad y nos ha llevado a convertirnos en la especie dominante del planeta Tierra.

En esta aventura milenaria, el pensamiento científico es una coronación de la búsqueda de la verdad frente a la irracionalidad y las supersticiones. Se trata de una actividad humana y, por lo tanto, falible en su mecanismo de pensamiento escéptico y contraintuitivo. A pesar de ello, su metodología de experimentación y comprobación ha sido el camino más efectivo para mejorar la calidad de vida humana y lograr sociedades más armoniosas y justas. Es, también, la mejor herramienta para encarar la pobreza, la seguridad alimentaria, el cambio climático y la degradación de la naturaleza.

Presente, pasado y futuro de la ciencia (vista por el periodismo) es una pequeña ventana al gran universo del conocimiento humano y la forma en que transforma, ha transformado y transformará nuestras vidas.

Iván Carrillo
Editor

Tangible

MORELOS
2018 - 2024

ISBN 978-607-95261-3-9