

CIENCIA Y EL HOMBRE

LA FÍSICA DEL UNIVERSO

DE UNA NUEVA ERA EN LA ASTRONOMÍA AL ORO COSMICO | INVISIBLE, INTANGIBLE, CASI IMPERCEPTIBLE | CRÁTERES: DE ESCALA PLANETARIA A UNA CAJA DE ARENA | CAPTURANDO AGUJEROS NEGROS DESDE MÉXICO | ¿QUÉ ESTUDIA LA ASTROFÍSICA? | UNA DANZA AZAROSA | DE MARIPOSAS Y DEMONIOS: CAOS DETERMINISTA | ÓPTICA Y LUZ EN LA ATMÓSFERA | INTERACCIÓN MOLECULAR DE LA LUZ | FRACTALES: PATRONES Y NATURALEZA | LA DIABETES ABORDADA CON CIENCIA DE DATOS
I BREVES DE CIENCIA | CREACIÓN | DISTINTAS Y DISTANTES: MUJERES EN LA CIENCIA | CURIOSIDADES CIENTÍFICAS I

CONTENIDO

LAS SECCIONES
BREVES DE CIENCIA 2 | CREA-
CIÓN 54 | **DISTINTAS Y DISTAN-
TES: MUJERES EN LA CIENCIA 56**
| CURIOSIDADES CIENTÍFICAS 62



18

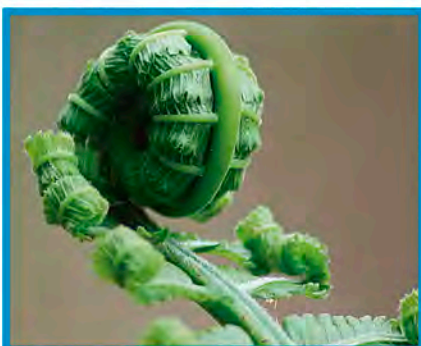
CAPTURANDO AGUJEROS NEGROS DESDE MÉXICO

Después de años de planeación, en el ambiente había una tímida sensación de que, de alguna manera, estábamos haciendo historia.

22

¿QUÉ ESTUDIA LA ASTROFÍSICA?

La astrofísica, de manera observacional y teórica, busca entender la historia del Universo a través de las distintas presentaciones de la luz.



46

FRACTALES: PATRONES Y NATURALEZA

Existe una dimensión fractal que es producto de la recursividad o autosimilitud, que indica cómo y cuánto se repite un fractal.

6 De una nueva era en la astronomía al oro cósmico

10 Invisible, intangible, casi imperceptible

14 Cráteres: de escala planetaria a una caja de arena

28 Una danza azarosa

34 De mariposas y demonios: caos determinista

38 Óptica y luz en la atmósfera

42 Interacción molecular de la luz

50 La diabetes abordada con ciencia de datos



LA CIENCIA Y EL HOMBRE | REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA | UNIVERSIDAD VERACRUZANA | VOLUMEN XXXII | **NÚMERO 3** | SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2019

La CIENCIA y el HOMBRE, revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana | Publicación cuatrimestral de distribución gratuita, indizada en Latindex | Núm. de certificado de reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2017-072710124100-102 | Núm. de certificado de licitud de título y contenido: 17159 | Impreso en Industria Gráfica Internacional, S.A. de C.V. Av. Arco Sur 102 B, Lomas Verdes; CP 91097, tel. (228)141656, Xalapa, Veracruz, México | Producción y distribución: Dirección de Comunicación de la Ciencia UV, Lomas del Estadio s/n, edificio D, Zona Universitaria, CP 91000, Xalapa, Ver. | Para toda correspondencia e informes dirigirse al correo: ciencia_hombre@uv.mx | Esta revista se terminó de imprimir el mes de agosto de 2019 | Tiraje: 1000 ejemplares



EN PORTADA: CIANO TIPO DE FRIDA BUILOS

LA FÍSICA DEL UNIVERSO

EDITORIAL

DIRECTOR

Manuel Martínez Morales

EDITORA RESPONSABLE

Aída Pozos Villanueva

COMITÉ CONSULTIVO

Arturo Gómez Pompa

Carlos Contreras Pérez

Estrella Burgos

José Velasco Toro

Miguel Rubio Godoy

Pablo Pacheco Cabrera

Rafael Bullé Goyri-Minter

COMITÉ EDITORIAL

Elvira Morgado Viveros

Gilberto Silva López

Heriberto Contreras Garibay

Idalia Illescas Nájera

Ignacio Mora González

Laura Ruelas Monjardín

Lázaro Sánchez Velásquez

Maité Lascuirain Rangel

Martha Elena Nava Tablada

María Elena Hernández Aguilar

Raymundo Dávalos Sotelo

Valentina Martínez Valdés

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Francisco Cobos Prior

Aída Pozos Villanueva

REDES SOCIALES

facebook: @CienciaUV /

twitter: @CienciaUV

SECRETARÍA TÉCNICA

Martha Judith Vásquez Fernández

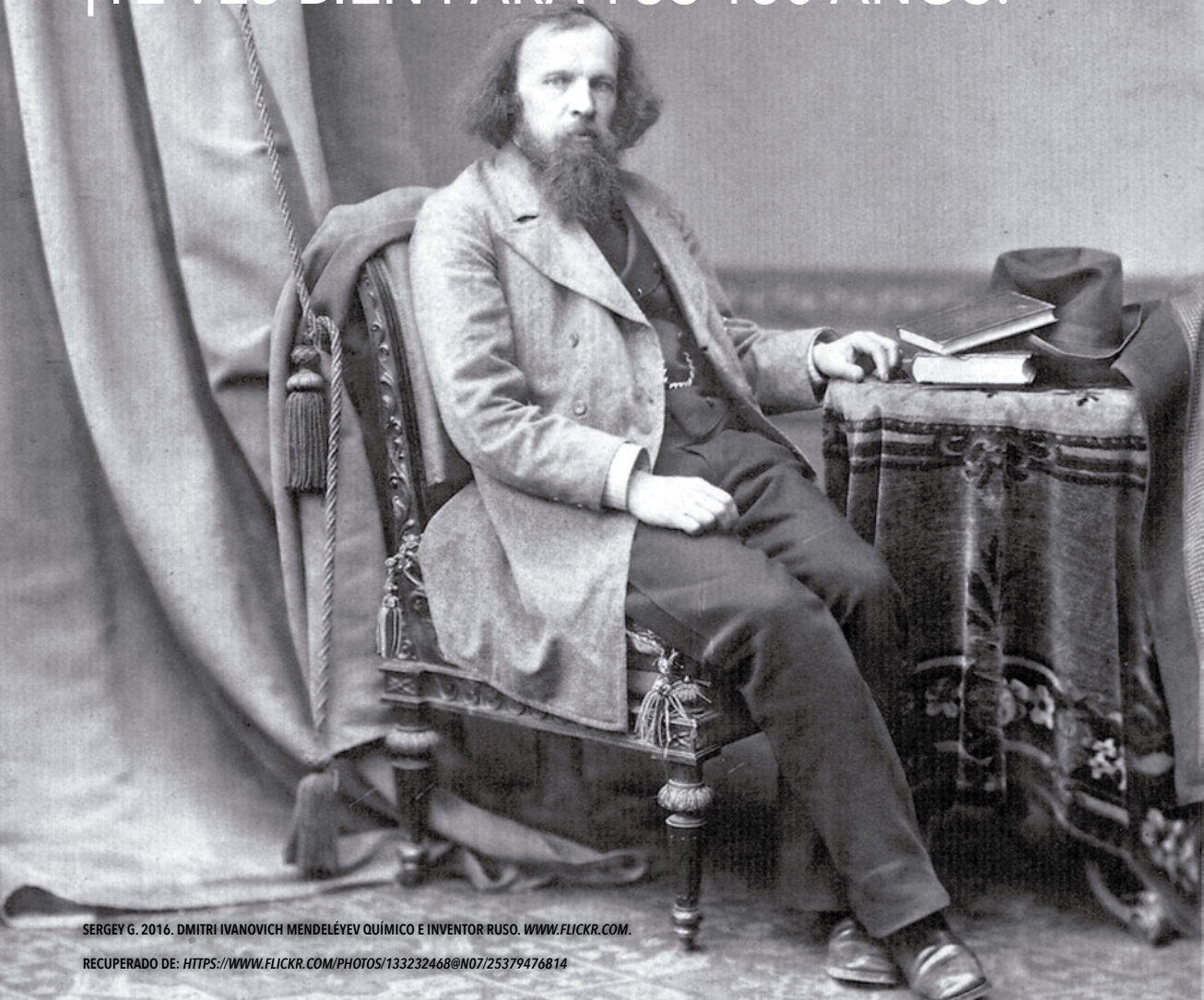
Estimado lector, hoy volvemos a las andanzas en esta tarea que es nuestro derrotero: traducir el lenguaje de la ciencia. Ante disciplinas como la Física reconocemos que ciertas ciencias son en sí mismas lenguajes, y ahí radica lo complejo de nuestra labor; reconocer además que para el común de la gente el lenguaje científico se antoja opaco, sobre todo en los grupos ajenos a su uso y ello contribuye a crear una barrera que, en la práctica, aísla a la comunidad científica del resto de su sociedad. Luego entonces, no debe sorprendernos que el lenguaje científico especializado sea una suerte de muralla comunicativa, pero nuestra tarea es romperla y hacerlo motivante, por ello, en esta ocasión, un grupo de investigadores ensayan herramientas de traducción para ofrecernos las particularidades de una disciplina a veces temida.

Si bien en este ejercicio se busca lo atractivo de la disciplina, los textos tratan de observar las cualidades más esencialmente epistemológicas de la ciencia: universalidad, objetividad, neutralidad y verificabilidad. La cualidad dominante en estos textos, y que posibilitó su difusión, fue tratar de desplazar términos para crear eventos e imágenes actuales que mostraran la belleza de la física y su avance. Esperamos haber hecho lo correcto.

Así, podemos acudir a la Tabla Periódica y acercarnos al origen de los elementos que la conforman; reconocer los aportes de la Teoría de la Relatividad General de Einstein y de la Ley de la Gravitación Universal de Newton; vislumbrar la composición de la materia oscura; experimentar con la formación de cráteres en la Luna; atisbar el misterio de los agujeros negros; a través de la luz recorrer la historia del Universo; buscar comprender el tan desconocido movimiento browniano; hallarnos estupefactos ante el determinismo caótico; maravillarnos ante el espectro electromagnético y sus posibilidades; conocer de qué trata la Biofotónica; quedar en éxtasis ante las formas producto de la geometría fractal o asombrarnos de los usos que puede ofrecer la ciencia de datos para la resolución de problemas actuales.

Acá queda este esfuerzo y esperamos la Física se sitúe un poquito más cerca de todos nosotros.

EL OGANESÓN AL HIDRÓGENO: -¡TE VES BIEN PARA TUS 150 AÑOS!



SERGEY G. 2016. DMITRI IVANOVICH MENDELÉYEV QUÍMICO E INVENTOR RUSO. WWW.FLICKR.COM.

RECUPERADO DE: [HTTPS://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/133232468@N07/25379476814](https://www.flickr.com/photos/133232468@N07/25379476814)

El 2019 se designó como el Año Internacional de la Tabla Periódica, con el eslogan "Un lenguaje común para la ciencia". La Asamblea General de las Naciones Unidas y la Unesco consideran que la tabla periódica de los elementos químicos es uno de los logros más significativos de la ciencia, ya que captura la esencia no solo de la química sino también de la física y de la biología.

Hace 150 años, en 1869, Dmitri Mendeléyev, un científico ruso, publicó el más logrado intento de organizar los elementos que existían en la naturaleza. Antes de Mendeléyev otros científicos habían identificado cierta periodicidad entre los elementos; sin embargo, fue el primero en ordenar según su masa

atómica a los 63 elementos que en ese entonces se conocían, incluso dejó espacios vacíos asegurando que algún día serían descubiertos los elementos que llenarían esos huecos, y tenía razón.

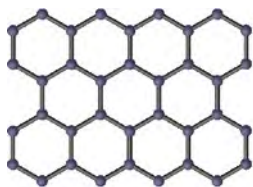
Actualmente, la tabla periódica contiene 118 elementos y es una gran herramienta que agrupa una gran cantidad de información que se encuentra organizada en columnas verticales o familias que comparten propiedades, y en periodos o filas horizontales que tienen masas similares.

Existe un elemento que fue descubierto por Andrés Manuel del Río, un científico hispano-mexicano. Lo encontró en 1801 en una mina de Zimapán (México) y lo llamó eritronio, ya que al calentarse se volvía rojo y *eritros* significa rojo en

griego. Del Río dio muestras a Alexander von Humboldt para que las analizaran en Europa, pero recibió la respuesta de que era cromo y no un nuevo elemento. Treinta años después el químico sueco Nils Gabriel Sefström anunció el descubrimiento de un nuevo elemento al que denominó vanadio, pero un año después se confirmó que las muestras que había mandado a analizar Andrés Manuel del Río y el vanadio eran el mismo elemento y entonces se le reconoció también.

Mendeléyev nunca ganó el premio Nobel, sin embargo, un elemento honra su memoria, el mendelevio. Seguramente estaría orgulloso de tantos festejos en este 2019 por la creación de su Tabla Periódica. ▀

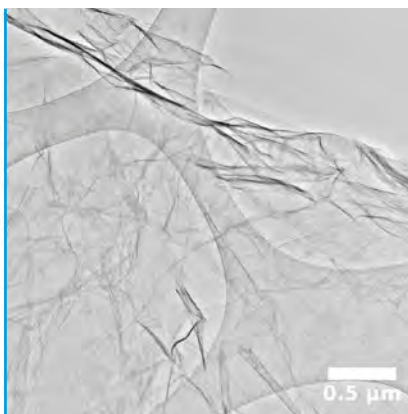
GRAFENO: UN MATERIAL DEL FUTURO



El grafeno es un polímero elaborado de carbono puro, está formado por una red hexagonal de un átomo de espesor. Fueron Andre Geim y Konstantin Novoselov, científicos rusos, quienes trabajando en la Universidad de Manchester, Reino Unido, aislaron el grafeno en 2004 al reducir el grafito a una monocapa y recibieron el premio Nobel de Física en 2010 por este descubrimiento.

Las características electrónicas y mecánicas del grafeno lo hacen un material muy interesante y prometedor, ya que es ultraconductor eléctrico y térmico, súper resistente, pero con gran flexibilidad, ligereza y transparencia.

La ultraresistencia del grafeno y su ligereza lo hacen un material muy útil para algunas aplicaciones. Con él se pueden construir fuselajes de aviones, pantallas táctiles, flexibles y transparentes. Como es un súper conductor de la electricidad se puede producir tinta de grafeno y pintar circuitos, los cuales funcionarían como cables reales. Al ser un poderoso anticorrosivo se puede agregar a pinturas para la preservación de metales. Es un gran conductor de información que funciona más rápido que la fibra óptica. Puede absorber energía solar y generar energía eléctrica, por lo que es un material excelente para construcción de baterías dada su mayor capacidad y velocidad de carga.



A pesar de las grandes promesas del grafeno, a casi 20 años de su aparición todavía no hay aplicaciones cotidianas a precios accesibles para hacer realidad todos los posibles usos. El problema consiste en la complejidad y el alto costo de la producción industrial.

La Unión Europea inició en 2013 un gran proyecto de investigación, el Graphene Flagship, que cuenta con mil millones de euros para invertir durante una década en el desarrollo de tecnologías basadas en el grafeno. Habrá que esperar los resultados; además, otro super material parece asomarse como la gran promesa tecnológica, se trata del borofeno, pero esa es harina de otro costal. ▀

LECTOR INTERESADO:

Graphene Flagship, proyecto de la Unión Europea para el desarrollo tecnológico del grafeno. En: graphene-flagship.eu.

Graphenemex, empresa mexicana que está desarrollando aplicaciones utilizando el grafeno.

En: <http://graphenemex.com/es/>

Grafenano, empresa española líder en producción de dióxido de grafeno.

En: <https://www.grafenano.com>

FOTO DE MATERIALESNANO.COM - TRABAJO PROPIO, CC

BY-SA 3.0. RECUPERADO DE: [HTTPS://COMMONS.](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24732038)

[WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=24732038](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24732038)

LAS BATERÍAS: UNA PIEDRA EN EL ZAPATO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES



Actualmente, la crisis de los combustibles fósiles y la necesidad de disminuir la liberación de gases de efecto invernadero ha hecho que se preste atención a las energías renovables.

La electricidad de forma general se produce dependiendo de la demanda. Las centrales termoelectricas, las hidroelectricas e incluso las plantas nucleares son flexibles para satisfacer la demanda de energía eléctrica que cambia durante el día o la época del año.

Las energías renovables dependen de fuentes variables, como la solar y la eólica, por lo tanto es indispensable contar con almacenamiento, ya que no siempre coincide la hora de producción de esa energía con la demanda. Entonces, surge el problema no sólo de la cantidad que se pueda generar, sino de la que se puede almacenar, ya que los precios de almacenamiento todavía son muy altos.

Las baterías son los dispositivos que almacenan energía. La primera batería recargable fue la de plomo con ácido, que es la que utilizamos en los coches, aunque actualmente se están rediseñando para ser una opción para el almacenamiento de energías renovables; las baterías que más se utilizan en dispositivos electrónicos son las de litio. La compañía Tesla construyó en Australia una batería de litio gigante (129 MWh) para almacenar

energía de un campo eólico, esa batería es capaz de suministrar energía durante una hora para 30 mil hogares.

También se están investigando otros materiales para construir baterías, por ejemplo, las basadas en el azufre, que durarían más y serían más baratas. Hay baterías que utilizan elementos que son mil veces más abundantes en la Tierra que el litio, como el potasio y el sodio, pero cuya limitante es que las baterías serían excesivamente grandes, aunque podrían ser útiles para la acumulación de energía en casas o edificios donde no importaría mucho su gran tamaño.

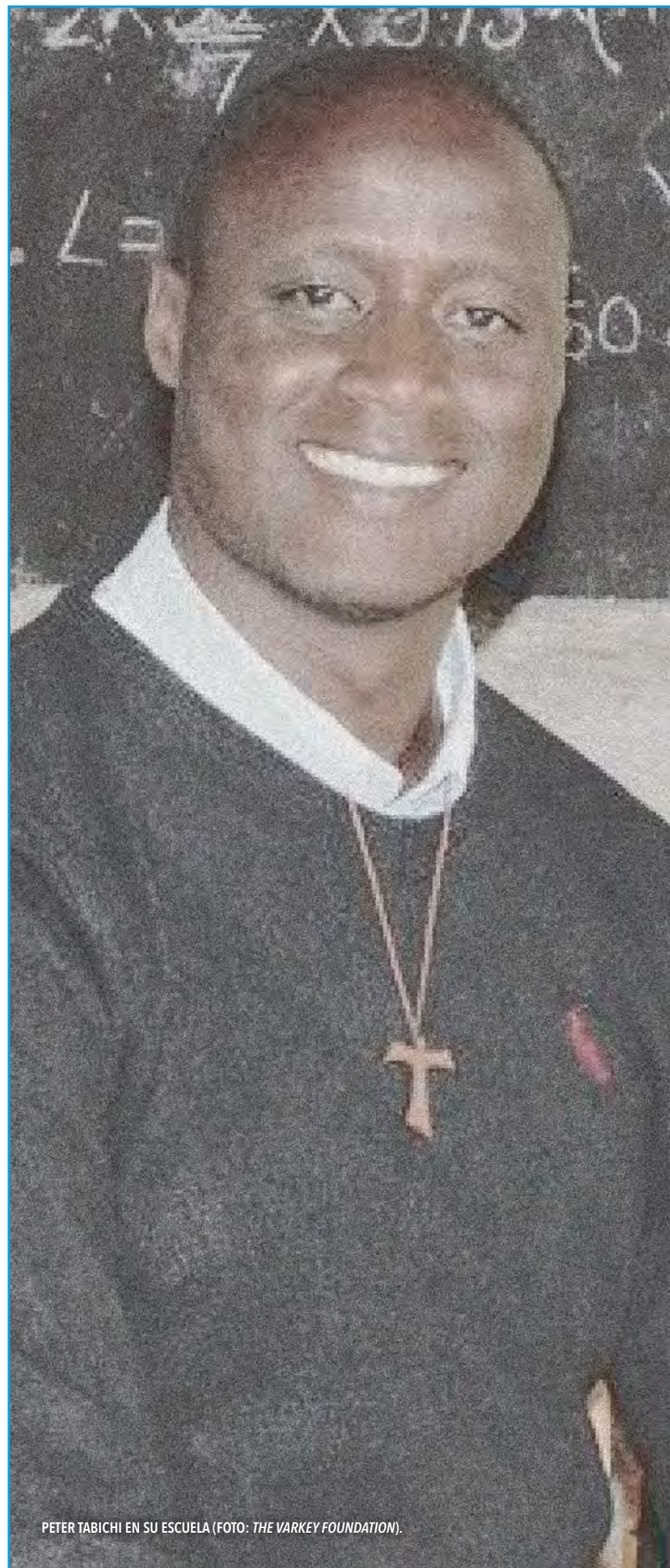
Además, están en desarrollo nuevas baterías con materiales novedosos como el grafeno y el vanadio; sin embargo, hay que reflexionar que si no disminuimos nuestros niveles de consumo energético no habrá energía renovable ni batería que nos alcance. ▀



NOTAS BREVES ESCRITAS POR: BEATRIZ TORRES BERISTÁIN

CORREO: betorres@uv.mx

PETER TABICHI: EL MEJOR PROFESOR DE 2019



PETER TABICHI EN SU ESCUELA (FOTO: THE VARKEY FOUNDATION).

Este año fue noticia la educación de una zona rural de África, gracias a que el premio Nobel de la Educación lo recibió Peter Tabichi, un hombre de 36 años, religioso franciscano dedicado a la docencia desde hace 12 años en una zona rural de Nakuru, en Kenia.

Es profesor en una escuela secundaria rural, en donde enseña física y matemáticas. Este año fue galardonado con el Global Teacher Prize, que es el llamado Nobel de la Educación, que incluye un millón de dólares y el cual es otorgado por la Fundación Varkey. Tabichi fue elegido entre 10 mil profesores nominados de 179 países.

Sus clases están sobrepobladas, atiende a cerca de 80 estudiantes, su escuela tiene muchas carencias de infraestructura, sus alumnos son de estratos muy pobres y algunos son huérfanos o con un solo mentor, lo que hace que tengan pocas posibilidades de prepararse; sin embargo, Tabichi se ha esforzado en cambiar esta realidad a través de la educación y dona 80% de su sueldo para proyectos comunitarios. Cree que África puede producir grandes científicos y agentes de cambio, tiene especial interés por las niñas y motiva a los padres para que les permitan estudiar en lugar de casarse jóvenes, como es la costumbre local.

En la región de Nakuru, en la que trabaja Tabichi, se dan hambrunas cada 3 o 4 años, por lo que este profesor también enseña a las familias cómo producir cultivos resistentes a la sequía, ya que cree que es un tema de vida o muerte. Además, en esta región, entre 2007 y 2008 hubo masacres debido a conflictos étnicos y políticos que rompieron el tejido social del lugar, por lo que Peter ha iniciado un club de paz para la unión de las siete tribus que conviven en la escuela a través de los alumnos.

El legado de Peter Tabichi es inspirador. Es importante llenarnos de estos ejemplos y como dice él: "¡hablar menos y hacer más!" ▀

DE UNA NUEVA ERA EN LA ASTRONOMÍA AL ORO CÓSMICO

JCEL MENDOZA-TEMIS*

El principio de la ciencia, casi su definición, es: "La prueba de todo conocimiento es el experimento". El experimento es el único juez de la verdad científica [...] creo que es mucho más interesante vivir sin saber que tener respuestas que podrían estar mal.

RICHARD P. FEYNMAN

La fuente de los elementos de la tabla periódica son las estrellas masivas que al agotar su combustible nuclear explotan como supernovas.

La astrofísica nuclear es una ciencia interdisciplinaria que busca comprender los procesos nucleares que tienen lugar en el Universo, es decir, explicar las distintas fases de evolución de las estrellas, el origen y abundancia de los elementos químicos.

La curiosidad es una necesidad intelectual que nos ha llevado a plantearnos preguntas acerca del Universo, en ese contexto, una de las interrogantes más interesantes en la ciencia es la concerniente a ¿cómo, dónde y en qué proporción produce la naturaleza sus elementos? La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, por sus siglas en inglés) ha proclamado el 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos, es así, queridos lectores, que los invito a que me acompañen por este *tour* guiado con un toque de astrofísica nuclear.

Para contarles bien esta historia les propongo el siguiente experimento mental (*gedankenexperiment*, término latino-germano originalmente acuñado por Hans Christian Oersted). Imaginen que se encuentran en el dominio del universo microscópico, allá donde las leyes de la mecánica cuántica rigen todo lo que ocurre. Ahora bien, digamos que deciden pesar un racimo de uvas (esto equivaldría a pesar un núcleo). Posteriormente, se les ocurre volver a pesarlo, pero esta vez con las uvas y el tallo por separado (esto equivaldría a pesar a los protones y los neutrones que forman un núcleo). El resultado de estas mediciones sería que, sorprendentemente, la masa de este racimo de uvas es más ligera que la suma de sus constituyentes por separado. A esta propiedad del universo microscópico se le denomina *defecto de masa* y, debido a la ecuación más famosa en la física: $E = mc^2$, se traduce en la fuente de energía de las estrellas, esa que da lugar al origen (nucleosíntesis) de los elementos y a su posterior evolución. En resumen, el conocimiento de las masas nucleares es fundamental para cálculos de interés astrofísico, pero ¿acaso es este el final de nuestra historia?, la respuesta es no.

A fin de hacerles más divertida la discusión que sigue, me enfocaré en la evolución de estrellas con masas superiores a ocho masas solares. Hoy en día sabemos que los procesos nucleares que ocu-

rren en el interior de este tipo de estrellas son responsables del origen de los elementos de la tabla periódica, hasta el hierro (Fe), ya que al agotar su combustible colapsan gravitacionalmente y después explotan como supernovas provocando la expulsión de sus capas externas por medio de poderosas ondas de choque, enriqueciendo así el espacio que las rodea con algunos elementos más allá del hierro (Fe).

En la década de los años sesenta se creía que todos los elementos presentes en la naturaleza se producían en explosiones de supernova, actualmente se sabe que sus condiciones físicas no permiten que se formen elementos demasiado exóticos. Cabe mencionar que no todo se destruye en una explosión de supernova, existen dos posibilidades para el destino final del núcleo de estas estrellas, ya sea que se colapse en una estrella de neutrones (un gran núcleo formado esencialmente por neutrones, con alrededor de 1.3 masas solares confinadas por la fuerza de gravedad a una esfera del tamaño de la ciudad de Xalapa) o en un agujero negro (restos fríos de estrellas masivas, tan densas que ninguna partícula material, ni siquiera la luz, es capaz de escapar a su poderosa fuerza gravitatoria).

Es tiempo ahora de contarles que mi investigación hace uso de la mecánica cuántica para tratar de responder un par de preguntas muy interesantes: ¿cuál es la probabilidad de que alguna reacción nuclear ocurra en ambientes astrofísicos extremos (supernovas, fusión de estrellas de neutrones y de agujeros negros)? y ¿cuál es la energía liberada por dichas reacciones?

En particular he explorado los procesos rápidos de captura de neutrones (los denominados *r-process*) como responsables del origen de los elementos más exóticos; entender estos procesos no es una tarea fácil, esto es, porque involucran:

- Materia expulsada muy rica en neutrones, procedente, por ejemplo, de la fusión de un par de estrellas de neutrones (Figura 1).
- Núcleos que aún no han sido medidos de forma experimental, puesto que decaen muy rápido (viven billonésimas de segundo) o simplemente no es posible producirlos en el laboratorio, en consecuencia, debemos hacer uso de modelos teóricos (Gráfica 1).

Hay dos posibles destinos para el núcleo de las estrellas masivas: colapsar en una estrella de neutrones o convertirse en un agujero negro.

Figura 1. Al fondo de éstas páginas, fusión de un par de estrellas de neutrones (representación artística).

Gráfica 1. Representación de todos los isótopos en función del número de neutrones (N) y el de protones (Z) (EMMI).

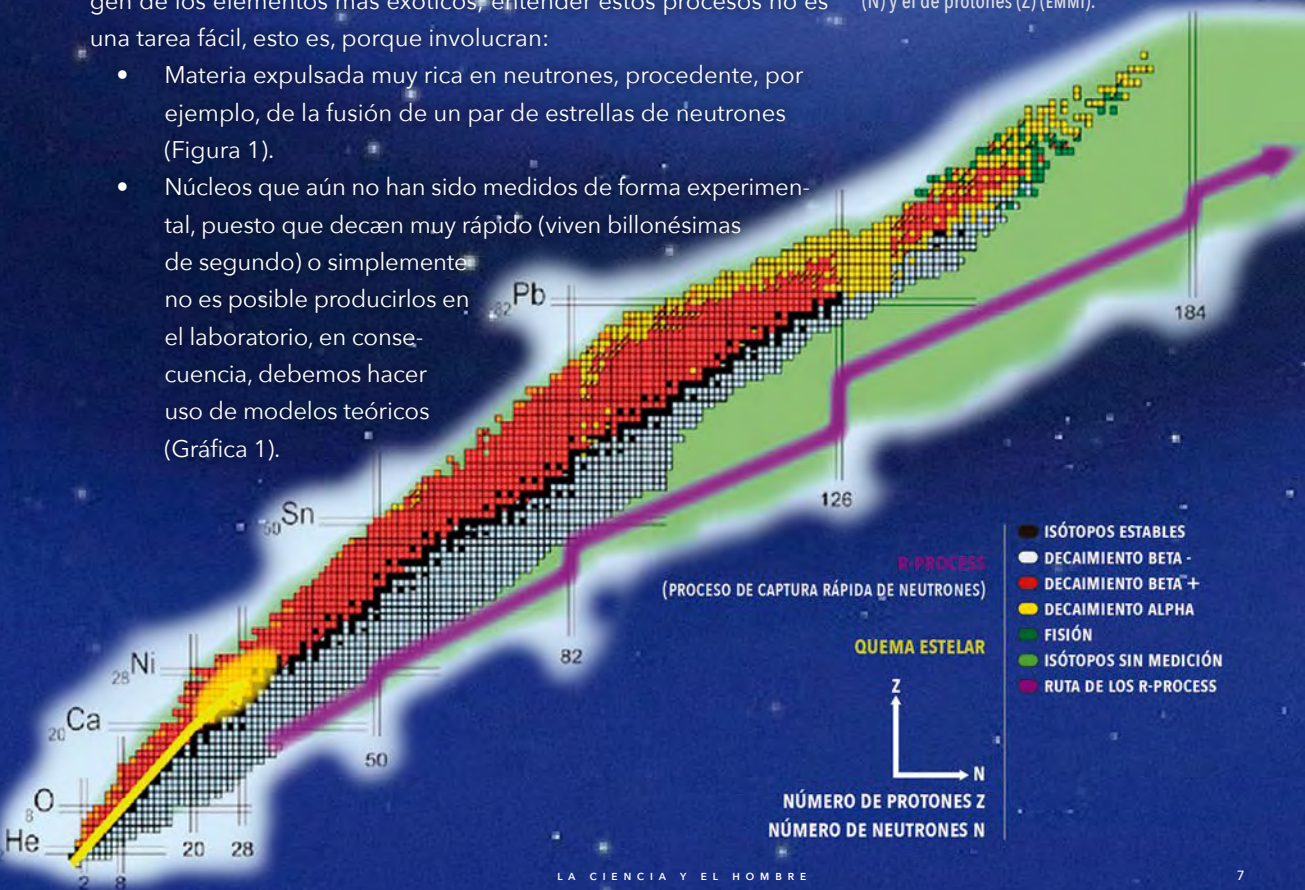




Figura 2

Figura 2. Arriba, emisión de ondas gravitacionales y su efecto en la Tierra; se ha exagerado su distorsión (CALTECH/MIT/LIGO).

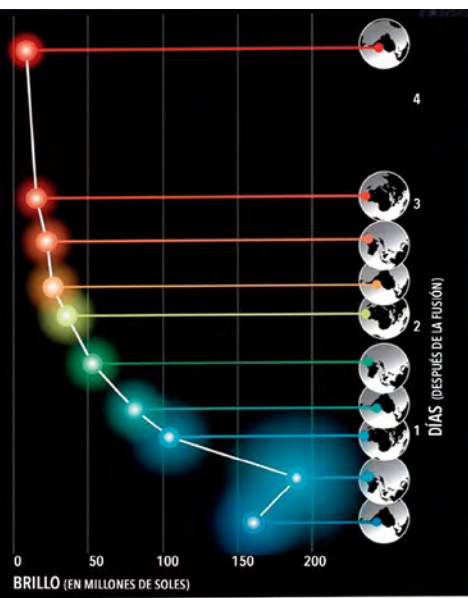
- Simulaciones numéricas muy costosas para determinar la evolución de la composición de unas 9 000 especies (isótopos).

Hasta hace algunos años mi línea de investigación era una mera especulación, hacía falta la evidencia observacional. En septiembre de 2015, fuimos testigos del descubrimiento de una nueva forma de astronomía, la cual se basa en la detección de ondas gravitacionales (perturbaciones en el entramado del espacio y el tiempo debidas a cuerpos masivos en movimiento), el evento en cuestión fue ocasionado por la fusión de un par de agujeros negros; las ondas gravitacionales generadas por la colisión de estos titanes viajaron 1300 millones de años hasta llegar a la Tierra (Figura 2).

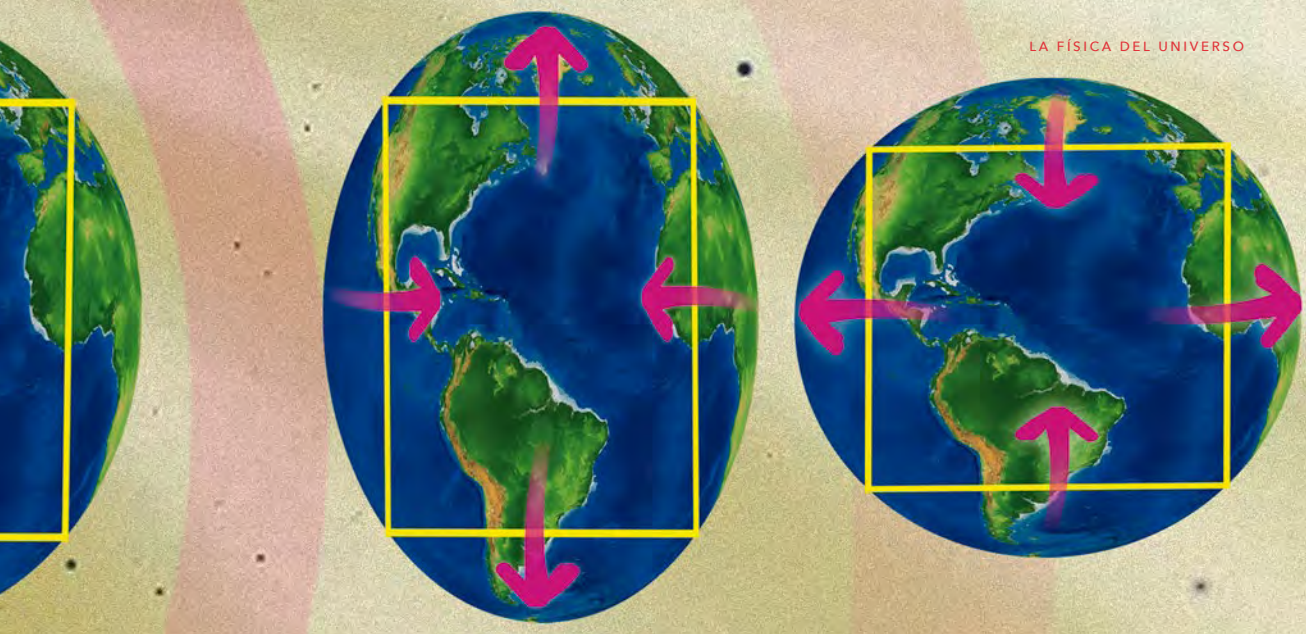
La importancia de tal descubrimiento su anuncio se postergó hasta febrero de 2016, para conmemorar el centenario de la Teoría de Gravitación de Albert Einstein, y posteriormente el observatorio de ondas gravitatorias por interferometría láser (LIGO, por sus siglas en inglés) recibió el premio Nobel de Física de 2017.

Finalmente, el respaldo observacional de mi línea de investigación llegó el 17 de agosto de 2017, cuando escuchamos el eco de las ondas gravitacionales procedentes de la colisión de un par de estrellas de neutrones, las cuales estuvieron danzando cósmicamente hasta fusionarse hace 130 millones de años; a diferencia del evento anterior que involucraba la fusión de agujeros negros, este singular evento produjo curvas de luz (emisión tipo kilonova, producida por el decaimiento radiactivo de núcleos muy exóticos), y estas señales fueron colectadas en cada rango de longitud de onda (radio, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma).

Para darles el contexto de esta proeza, la señal en cuestión se originó en algún lugar del Universo, cuando los dinosaurios aún habitaban la faz de la Tierra. Para medirla se requirió una red de observatorios en nuestro planeta (Gráfica 2) y el espacio, colaborando todos juntos para coleccionar estas curvas de luz por un lapso de unos cuatro días posteriores a la detección de las ondas gravitacionales. La recompensa, estimados amigos, fue el nacimiento de una nueva forma de astronomía, la denominada Astronomía de Multimensajeros. El veredicto final de tal observación fue que se forjaron oro y platino en cantidades de cientos de masas de la Tierra. En con-



Gráfica 2. Sobre estas líneas, curvas de luz colectadas por diferentes observatorios; los puntos rojos contienen huellas de los elementos más exóticos (Las Cumbres Observatory).



clusión, la fusión de un par de estrellas de neutrones es el ambiente astrofísico donde la naturaleza forja sus elementos más exóticos (Figura 3).

Espero haber sido claro y que ustedes lectores me hayan podido acompañar hasta el final. Como premio a su paciencia les comparto finalmente una frase célebre acuñada por Carl Sagan: "Somos polvo de estrellas [...] el oro, el platino y los demás metales preciosos se originaron en el mismo lugar del cosmos que muchos de los átomos que nos constituyen; dicho de otra forma, la naturaleza se conoce a sí misma a través de nosotros". ▀

LECTOR INTERESADO:

Einstein, A. (1916). "Approximative integration of field equations of gravitation". *Prussian Academy of Sciences*, 688-696.

LIGO and Virgo Collaboration. (2016). "Observation of gravitational waves from a binary black hole merger". *PRL* 116, 061102.

-. (2017a). "Observation of gravitational waves from a binary neutron star inspiral". *PRL* 119, 161101.

-. (2017b). "Multi-messenger observations of a binary neutron star merger". *Astrophys. J. Lett.* 848, L12.

Mendoza-Temis et al. (2017). *Nuclear robustness of the r-process in neutron-star mergers*. *PRC* 92 (5), 055805.

* INSTITUTO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES, UNIVERSIDAD DE XALAPA, A.C.
CORREO: temisnike@gmail.com

Cien años después de que Albert Einstein postulara su Teoría de la Gravitación, ésta pudo comprobarse.

Figura 3. Tabla periódica de los elementos según su origen (ESA/NASA/AASNOVA).

1 H	BIG BANG					RAYOS CÓSMICOS					SÍNTESIS HUMANA					2 He		
3 Li	4 Be	ESTRELLAS DE NEUTRONES					ESTRELLAS MASIVAS					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg	ESTRELLAS POCO MASIVAS					ENANAS BLANCAS					13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra																	
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	MUY RADIOACTIVOS, PRINCIPALMENTE SINTETIZADOS EN LABORATORIOS										

INVISIBLE, INTANGIBLE, CASI IMPERCEPTIBLE

ADIV GONZÁLEZ MUÑOZ*

Newton planteó, en 1687, la Ley de la Gravitación Universal para explicar el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y de otros cuerpos presentes en el Universo.

El término de «materia oscura» fue utilizado por primera vez en 1906 por Henri Poincaré para denominar aquellos objetos que no emiten luz, pero sí ejercen una fuerza de atracción sobre los otros cuerpos celestes.

Imagina un rascacielos de oficinas. Visto desde lejos ese edificio se vería sólido y estable. De acuerdo con la física que conocemos, para que ese edificio se mantenga en pie necesita unos buenos cimientos y una estructura interna de acero o concreto armado. Esa estructura debería tener un número mínimo de columnas conectadas entre sí con trabes, los cuales le darían firmeza a cada uno de los pisos de esa torre imaginaria. Columnas o trabes de menos y ese edificio colapsaría.

Ahora imagina que cuando entras a ese edificio descubres que le hacen falta no solo algunas columnas o trabes, sino 85% de estos. Antes de entrar en pánico supones que de alguna manera esas columnas están presentes, pero son invisibles. Entonces, cuando las quieres buscar con tus manos no encuentras nada, es como si no estuvieran ahí, como si no existieran; sin embargo, el edificio se mantiene en pie. Algo similar pasa con la mayoría de las galaxias y cúmulos de galaxias en el Universo, hay algo que mantiene unidas esas estructuras, pero es algo que no hemos podido ver de ninguna forma. Este tipo de materia, invisible e intangible, es lo que se conoce como materia oscura.

Todos los cuerpos celestes en el Universo (satélites, planetas, asteroides, estrellas, galaxias, etc.) se mueven siguiendo la Ley de Gravitación Universal propuesta por Isaac Newton en 1687. Esa ley nos dice que un par de objetos son atraídos entre sí con una fuerza directamente proporcional a su masa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Así, se puede describir y predecir el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, como el de la Vía Láctea respecto a otras galaxias.

Casi todos los objetos, bajo la influencia de la gravedad, se mueven en órbitas alrededor de un centro de gravedad común. En el Sistema Solar los planetas orbitan alrededor del Sol, y esto es porque el Sol es mucho más grande que aquellos. Pero en el caso de Plutón y su compañero Caronte, los cuales tienen una masa similar, se mueven alrededor de un punto en el vacío del espacio.

Con el uso de telescopios sofisticados, los astrónomos detectaron que en el movimiento de las estrellas ocurría algo extraño.

Las estrellas siguen una dinámica similar, ya que se mueven alrededor de centros de gravedad común. Los astrónomos, conforme mejoraron el alcance de sus telescopios fueron identificando este tipo de movimientos; sin embargo, a finales del siglo XIX empezaron a notar algo extraño: el movimiento de las estrellas no encajaba con la cantidad de estrellas que estaban observando.

En un grupo de estrellas, la forma en que estas se mueven está determinada por la cantidad de materia en el sistema, es decir, cuántas estrellas hay y cuánta masa tienen. Entonces, si se suma la masa de un grupo de estrellas esto define qué tan rápido pueden moverse entre ellas. Si una estrella se mueve muy rápido saldrá de este sistema porque no hay suficiente masa para mantenerla ligada. Los astrónomos se dieron cuenta de que había muchas estrellas moviéndose muy rápido en sistemas que no tenían masa suficiente para mantenerlas ligadas, sin embargo, lo estaban. Ante esta falta de materia, Lord Kelvin propuso que tenía que haber objetos que no emitían luz. Henri Poincaré, en 1906, al discutir esta propuesta utilizó por primera vez el concepto de materia oscura.

En 1933, el astrónomo suizo Fritz Zwicky empezó a estudiar el movimiento de galaxias en cúmulo. Utilizando el brillo de cada galaxia estimó la cantidad de materia en ese cúmulo y al medir las velocidades de éstas obtuvo un resultado similar al de las estrellas en nuestra galaxia: se movían demasiado rápido como para estar en un sistema ligado.

Conforme avanzaba el siglo XX también avanzaron las técnicas para observar el Universo, con lo que se pudo encontrar más materia presente en nubes interestelares; sin embargo, apenas sumaban un pequeño porcentaje de la materia faltante. En los años setenta, la astrónoma estadounidense Vera Rubin midió la rotación de varias galaxias y se dio cuenta que las mediciones no correspondían con lo que se hubiera esperado, considerando la cantidad de materia luminosa en tales galaxias (Figura 1).

Había muchas estrellas moviéndose muy rápido en sistemas que no tenían masa suficiente para mantenerlas ligadas, y que, sin embargo, lo estaban. Esta fuerza de unión fue llamada materia oscura.

En 1982, el astrofísico israelí Mordehai Milgrom propuso que la Segunda Ley de Newton (fuerza es igual a masa por aceleración) podía presentar modificaciones cuando las aceleraciones eran muy pequeñas. La teoría recibió el nombre de MOND (Modified Newton Dynamics). Con esta idea se pueden explicar las curvas de velocidad en las galaxias sin necesidad de invocar la presencia de materia oscura; sin embargo, no logra predecir con exactitud el rápido movimiento de las galaxias en los cúmulos. El entusiasmo por la MOND se vino abajo con la medición del Cúmulo de la Bala. Este cúmulo de galaxias es el resultado de la colisión de dos antiguos cúmulos en los cuales la distribución de estrellas se separó de la distribución de gases y polvo intergaláctico. Esos cúmulos pueden producir un fenómeno que se llama Lente Gravitacional, el cual se produce cuando la luz de galaxias lejanas –pero en la misma línea de visión del cúmulo– se curva por la presencia de la gravedad ejercida por el mismo cúmulo (Figura 2). Al medir la deformación de las imágenes sujetas al lente gravitacional se puede calcular la cantidad de materia en el cúmulo y comparando estas mediciones con la cantidad de materia visible se descubrió que era necesaria la presencia de materia oscura.

Se ha propuesto que la materia oscura se compone de un tipo de partícula que interactúa débilmente con la materia ordinaria y que es masiva o muy abundante. En el caso que sea una partícula con mucha masa, ésta podría chocar con un núcleo atómico y transferir su momento, como si fueran bolas de billar. Existen varios experimentos en el mundo que intentan hacer esta medición, destacando XENON1T, DEAP, PICO, LUX, COGENT y DAMA. De estos, sólo DAMA ha detectado algo que podría ser materia oscura. Sin embargo, ninguno de los otros experimentos ha confirmado esa detección, sin tal confirmación no se puede afirmar que se haya encontrado la materia oscura.

Hasta el día de hoy la materia oscura representa uno de los grandes misterios del Universo, y si hay algo que motiva a la comunidad científica, es resolver misterios. ▀

LECTOR INTERESADO:

Krauss, L. (2000). "Quintessence: the search for missing mass in the universe". *Basic Books*.

Matos, T. (2004). *¿De qué está hecho el Universo? Materia oscura y energía oscura*. Fondo de Cultura Económica.

Panek, R. (2011). "The 4 percent of the universe: dark matter, dark energy, and the race to discover the rest of reality". *Mariner Books*.

* INSTITUTO DE FÍSICA, UNAM
 CORREO: vidadiv@gmail.com

La composición de este tipo de materia oscura es uno de los grandes misterios del Universo.

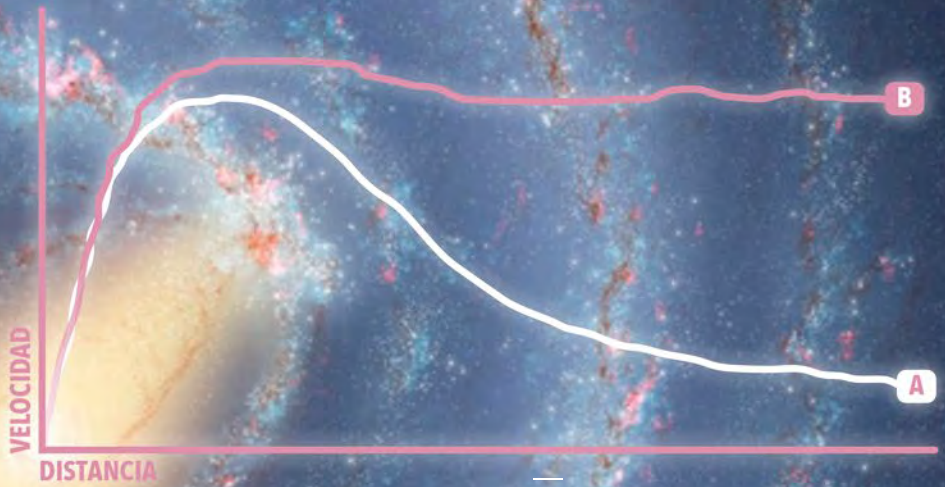


Figura 1. La curva A representa la curva de velocidad esperada si toda la materia correspondiera a la materia visible. La curva B es la velocidad observada.

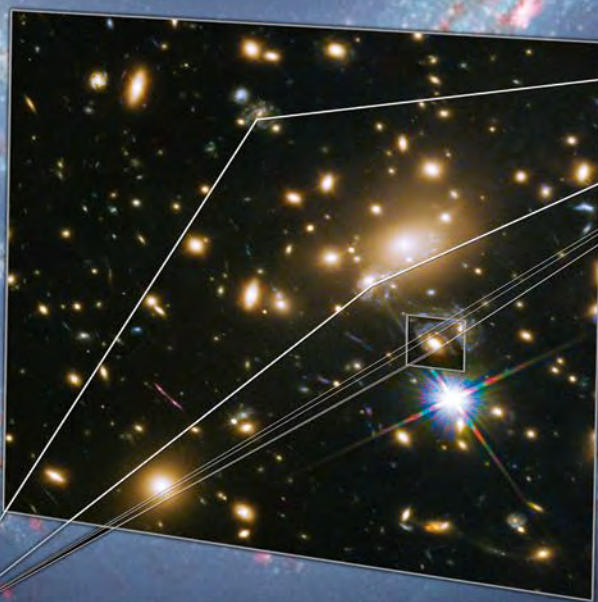


Figura 2. La luz proveniente de la galaxia lejana se desvía debido a la presencia del alto contenido de materia en el cúmulo de galaxias. Esto hace que desde la Tierra se vean múltiples imágenes deformadas de la misma galaxia. Foto: NASA/ESA.

CRÁTERES: DE ESCALA PLANETARIA A UNA CAJA DE ARENA

FELIPE PACHECO VÁZQUEZ*

En *Siderius Nuncios* se describe la superficie de la Luna por primera vez; fue escrito por Galileo Galilei a inicios del siglo XVII.

La Luna, nuestro único satélite natural, desde la antigüedad ha sido blanco de muchas teorías y estudios; a pesar del interés de distintos astrónomos a lo largo del tiempo, no fue sino hasta mediados del siglo XX, con el desarrollo de nuevas tecnologías, que se pudo conocer con más exactitud su geología.

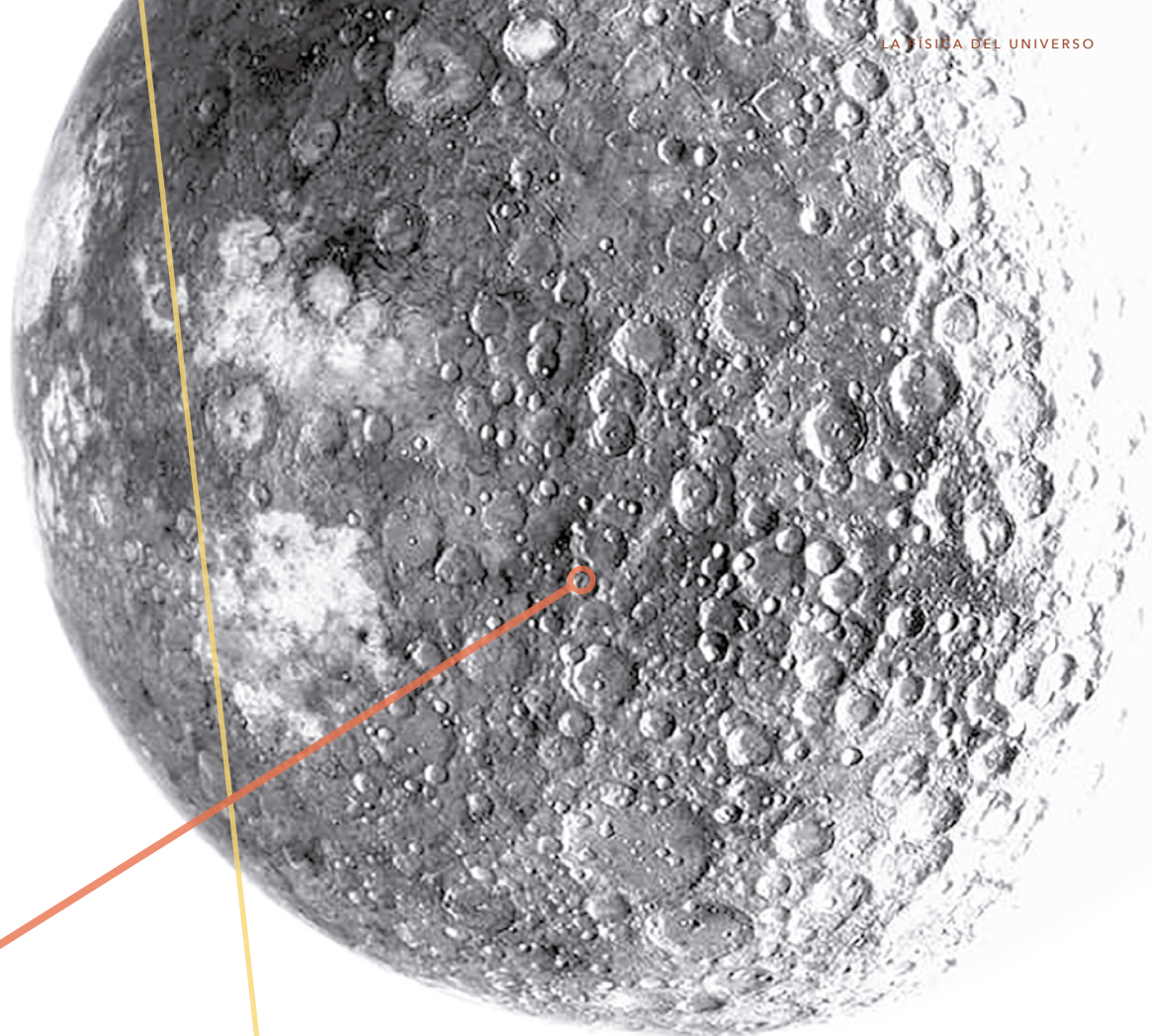
En 1609, con el telescopio que acababa de perfeccionar, Galileo observó por primera vez la Luna. Para su sorpresa, nuestro astro vecino no era una esfera perfecta como sugería la visión religiosa, la Luna tenía una superficie moldeada con valles y montañas. Las observaciones de Galileo quedaron plasmadas en su *Siderius Nuncios* como la primera evidencia documentada de la observación de depresiones en forma de tazón en la superficie lunar, las cuales ahora conocemos como "cráteres".

La palabra cráter viene del griego *krater*, que significa "tazón para mezclar", y se acuñó debido a la similitud de las depresiones lunares con la forma de un tazón antiguo que se utilizaba para mezclar vino y agua.

Pero ¿cuál era el origen de las depresiones en la superficie lunar? Galileo no planteó ningún origen, e hizo bien, pues ya suficientes problemas le había causado describir algo que iba en contra del perfecto mundo sideral de la visión cristiana dominante. Así, tuvieron que pasar más de 50 años para que Robert Hooke propusiera dos mecanismos de formación de cráteres basándose en experimentos caseros: erupciones de gas o impactos.

En aquel entonces se consideraba al espacio como un entorno vacío, así que ¿impactos de qué? Por lo anterior, la hipótesis de impacto quedó descartada y durante casi 300 años se consideró que los cráteres tenían un origen volcánico, ya que era bastante lógico pensar que una erupción volcánica, claramente, generaría un cráter. La hipótesis de impacto retomó nuevamente fuerza a inicios del siglo pasado (con los trabajos de Ernst Öpik, Algernon Gifford, Daniel Barringer, Ralph Baldwin, entre otros) cuando se demostró, tras el análisis de material eyectado en la periferia del cráter de Arizona, que los cráteres lunares eran similares a los producidos por el impacto de un proyectil y no a los de una erupción.

La teoría de impacto no fue totalmente aceptada hasta inicios de los años setenta, después de la llegada del hombre a la Luna. ¡Ima-



gínate! Aunque hoy en día sabemos que la mayoría de los cráteres fueron producidos por el impacto de meteoritos, solo llevamos unos 50 años aceptando tal mecanismo.

Además de los cráteres generados por impacto de meteoritos y erupciones volcánicas, existen cráteres producidos por otros mecanismos, como los cráteres por hundimiento o maars. Un maar es producido cuando agua subterránea entra en contacto con magma y se vaporiza, el aumento de presión en la cavidad que contiene el gas es capaz de fracturar la capa de rocas, al escapar el gas la superficie se colapsa generando la depresión. Los cráteres también pueden ser creados de manera artificial mediante explosiones, como el gigante cráter Sedan, que se produjo mediante la explosión de una bomba nuclear de 104 kilotonnes de TNT en Nevada, el cual es el cráter más grande generado por el hombre.

Los cráteres en la naturaleza no pueden estudiarse de manera sistemática dada la no reproducibilidad de las condiciones y de los procesos que los generan, por tal motivo, durante las últimas dos décadas se han estudiado los procesos de formación de cráteres a escala de laboratorio utilizando materiales granulares.

El proceso más investigado es el impacto de proyectiles esféricos, sólidos o granulares, que se dejan caer desde varias alturas contra una cama plana de materia granular (arena seca, húmeda, esferas de vidrio, etc.). Tras la colisión, el material es expulsado desde el punto de impacto formando una cortina uniforme de granos que se dispersa radialmente, dejando una depresión en el suelo que toma la forma final del cráter (Figura 2).

El telescopio permitió a Galileo distinguir las regiones lunares y observar depresiones en la superficie: cráteres.

—
Con la tecnología actual se ha descubierto que estas formaciones pueden originarse, además, por hundimiento: maars.

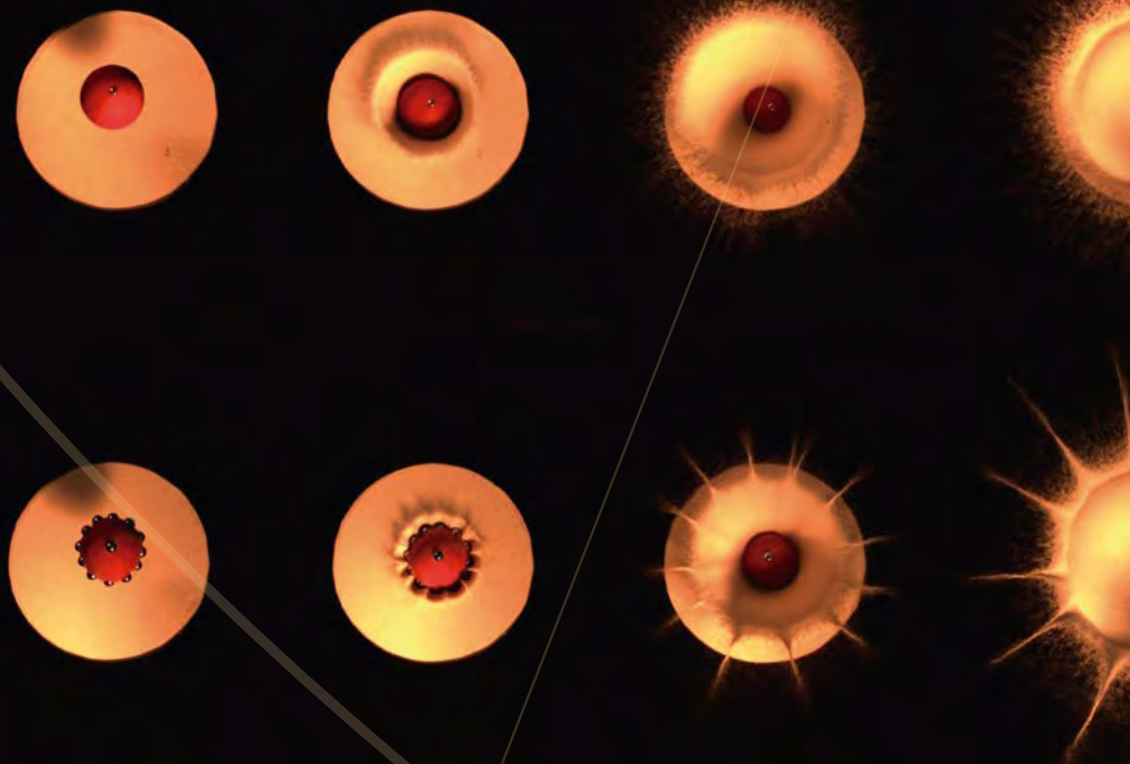


Figura 1. Comparación de eyección de material producido por un proyectil esférico y un proyectil con protuberancias. En el último caso se produce un sistema de rayos.

A mediados del siglo xx se demostró que los cráteres fueron producidos por el impacto de un proyectil.

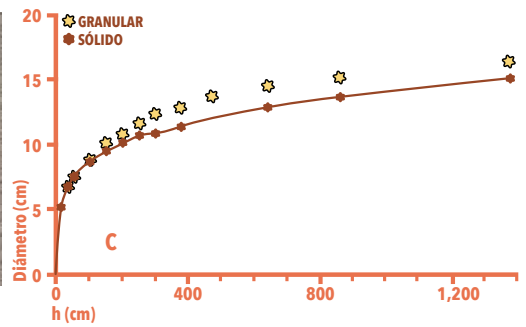
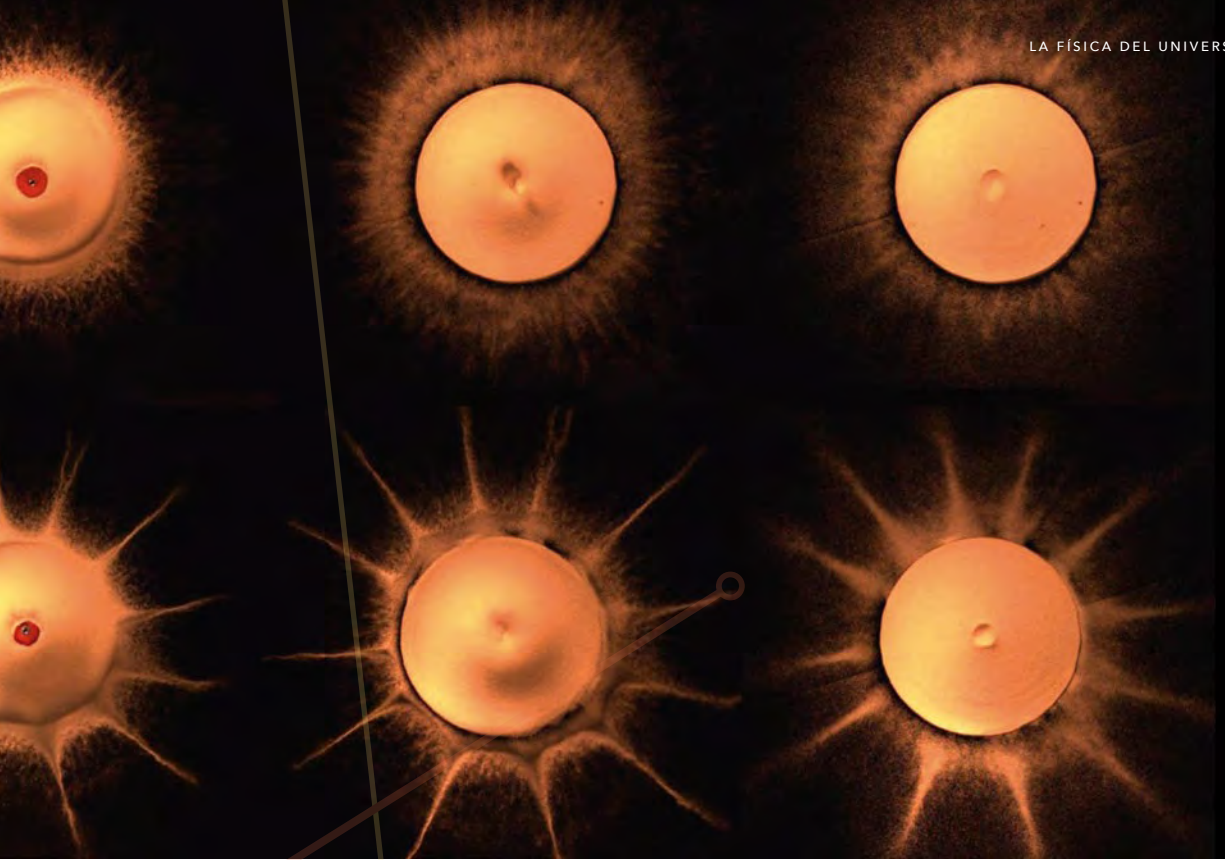
Dichos experimentos han demostrado que la morfología de los cráteres resultantes es similar a las observadas en los cráteres planetarios: cráteres simples, con picos, con terrazas, etc., lo cual depende de la energía de impacto, del tamaño del proyectil respecto al tamaño del grano, del empaquetamiento del medio, entre otros factores.

Además, se ha encontrado que el diámetro del cráter puede ir desde unos cuantos centímetros formados en una cama de arena, como en la que juegan los niños, hasta cráteres de varios kilómetros observados en las superficies de los planetas.

Sin embargo, los cráteres de impacto formados a escala de laboratorio siguen las mismas leyes de escalamiento que los cráteres a escala planetaria, y la morfología en ambos casos es similar; no obstante, existe un misterio que no había podido ser explicado o reproducido a escala de laboratorio durante las décadas de investigación de estos procesos: los sistemas de rayos.

Los sistemas de rayos son eyecciones de material en forma de líneas radiales que salen del punto de impacto y que se extienden considerablemente más allá del diámetro del cráter. Dichas eyecciones pueden o no observarse alrededor de un cráter a escala planetaria, pero no habían sido observadas a escala de laboratorio hasta muy recientemente (Figura 1).

Durante los últimos seis meses se ha logrado un avance importante en la comprensión del proceso que da origen a los sistemas de rayos. Experimentalmente y mediante simulaciones numéricas se demostró por primera vez que existen dos condiciones bajo las cuales se producen los sistemas de rayos: a) cuando un proyectil esférico impacta contra una superficie ondulada, no plana como en todos los experimentos previos o b) cuando un proyectil con curvaturas pronunciadas impacta contra una superficie plana. Dichos experimentos tienen gran relevancia considerando que las superfi-



cies arenosas de algunos planetas y lunas pueden presentar dunas y, principalmente, que los meteoritos no son esferas perfectas. Los sistemas de rayos son entonces producidos cuando el material es expulsado en dirección no-radial, ya sea debido a la topología de la superficie o a la forma del proyectil, por lo que las eyecciones pueden converger en cierto punto y ser redirigidas en un solo rayo.

Además, se muestra también que los cráteres resultantes del impacto de un proyectil no esférico siempre tienen una forma circular conforme la energía de impacto aumenta independientemente de la geometría del proyectil. Dicha observación explica por qué la mayoría de los cráteres observados en la naturaleza son circulares a pesar de que un meteorito es amorfo.

Finalmente, es importante mencionar que, aunque en menor medida, otros procesos de formación de cráteres también han sido estudiados a escala de laboratorio utilizando materiales granulares, mediante explosiones, colapso de cavidades presurizadas y ablación láser. ▀

Figura 2. Cráter generado a escala de laboratorio por el impacto de un proyectil a) sólido, b) granular; c) en ambos casos el diámetro del cráter escala con la energía como una ley de potencias con exponente 1/4.

* INSTITUTO DE FÍSICA, BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
CORREO: fpacheco@ifuap.buap.mx

CAPTURANDO AGUJEROS NEGROS DESDE MÉXICO

ARTURO GÓMEZ-RUIZ Y ALFREDO MONTAÑA*

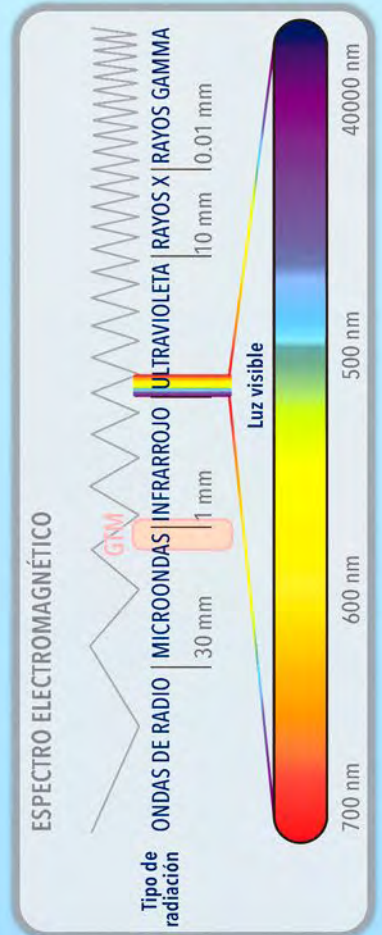


En abril del año 2017, científicos de distintas partes del mundo llegaron a las instalaciones del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (conocido como el GTM¹) para encontrarse con sus colaboradores mexicanos. Eso ocurrió después de años de planeación, trabajo y esfuerzo, desarrollo e instalación de instrumentos, pruebas, complicaciones de logística y noches de desvelo; en el ambiente había una tímida sensación de que, de alguna manera, estábamos haciendo historia.

Hace ya más de 100 años, en 1915, que Albert Einstein publicó la Teoría de la Relatividad General, la cual describe la fuerza de gravedad (esa que nos mantiene sobre la superficie de la Tierra, así como a los satélites en sus órbitas, y a la Tierra girando alrededor del Sol) como un efecto geométrico producido por la deformación del espacio-tiempo ante la presencia de la materia.

Una de las predicciones más intrigantes de esta teoría de gravedad, y que ha fascinado a científicos y a la humanidad en general, es la posible existencia de agujeros negros: encontrar en el Universo enormes concentraciones de materia en regiones pequeñas del espacio, las cuales, en consecuencia, producen una fuerza de atracción gravitacional tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar de ella. A la frontera virtual (una hipersuperficie del espacio-tiempo) a partir de la cual nada puede escapar de la atracción de un agujero negro se le conoce como su *horizonte de eventos*.

Unos meses después de la publicación de la Teoría de la Relatividad General, Karl Schwarzschild, físico, matemático y astrónomo alemán, resolvió las ecuaciones de campo de Einstein para un agujero negro esférico y estático, encontrando que el tamaño de su horizonte de eventos (caracterizado por lo que hoy se conoce como el radio de Schwarzschild) es directamente proporcional a su masa. Si quisiéramos hacer de la Tierra un agujero negro, deberíamos comprimirla hasta que fuera una esfera de 2 cm de diámetro; en el caso del Sol, el cual tiene unas 333 mil veces la masa de la Tierra, deberíamos concentrar toda su masa en una esfera de 6 km de diámetro.



—
¹El GTM, ubicado en el estado mexicano de Puebla, es el telescopio milimétrico más grande del mundo en su tipo, y está optimizado para captar la luz con longitud de onda en el rango de 0.8 mm a 4 mm (www.lmtgtm.org).

—
 FOTOMONTAJE Y EDICIÓN DIGITAL DE LAS FOTOGRAFÍAS DEL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO FERNANDO SERRANO, RECUPERADAS DE: [HTTP://WWW.LMTGTM.ORG](http://www.lmtgtm.org)

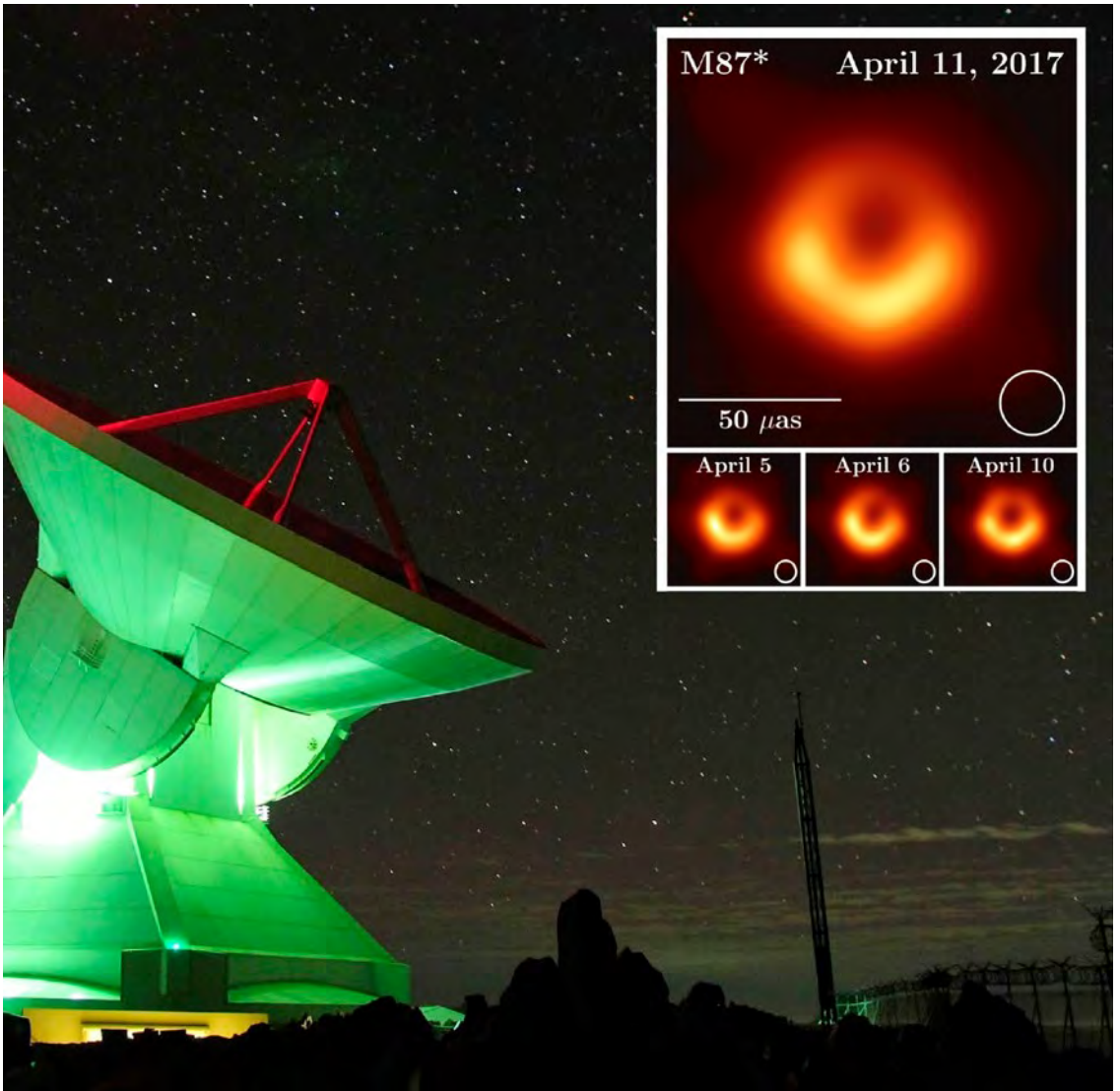


Ya que ninguna señal puede escapar del potencial gravitacional de un agujero negro, estos no pueden ser observados (salvo que se pueda detectar la radiación de Hawking, la cual se mantiene como una predicción teórica). Sin embargo, sí se podrían ver su sombra y los efectos en el material circundante, el cual es calentado en su caída hacia el agujero negro. Simulaciones por computadora, que consideran las ecuaciones de la relatividad y los distintos procesos físicos que se dan en las inmediaciones de un agujero negro, predicen una imagen conformada por un anillo luminoso que rodea una región oscura casi circular. El anillo luminoso estaría formado por los fotones con trayectorias distorsionadas por el efecto de lente gravitacional, con la circunferencia de la sombra delineando el horizonte de eventos. Las simulaciones aplicadas a los casos de los agujeros negros super masivos en la Vía Láctea (llamado Sgr A*) y la galaxia M87 (M87*), nos dicen que estos son los dos mejores candidatos a ser capturados, ya que los tamaños de sus sombras son lo suficientemente grandes para ser observados por un telescopio sensible a ondas milimétricas ¡del tamaño del diámetro de la Tierra!

Un telescopio de tales dimensiones es físicamente imposible de construir, pero esta limitante puede evadirse mediante una técnica de observación desarrollada en radioastronomía a mediados del siglo pasado. Esta técnica, llamada síntesis de apertura (comúnmente conocida como radio interferometría), consiste en mezclar las señales detectadas por un arreglo de telescopios para producir imágenes con una resolución angular, o nitidez, que tendría un solo telescopio del tamaño total del arreglo.

Pues resulta que para la longitud de onda de un milímetro los telescopios localizados a lo largo de un diámetro terrestre podrían producir, mediante la técnica de radio interferometría, imágenes con una nitidez igual o mejor al tamaño predicho para el horizonte de eventos de Sgr A* y M87*. Este ha sido, justamente, el objetivo del Event Horizon Telescope (EHT): sincronizar a los telescopios milimétricos más importantes del mundo para capturar, por primera vez en la historia de la humanidad, la imagen de estos dos agujeros negros.

El 10 de abril de 2019, tras dos años de procesar y analizar los datos, la colaboración EHT, conformada por más de 200 investigado-



res de todo el mundo, revelaron la primera imagen del horizonte de eventos en M87*. La imagen obtenida mostró justamente la predicción de las simulaciones relativistas: un anillo de luz rodeando una región oscura con las características de un horizonte de eventos. El GTM en México jugó un papel preponderante al ser el segundo telescopio más sensible a la radiación milimétrica (sólo detrás de un arreglo de telescopios milimétricos/submilimétricos en el desierto de Atacama en Chile, ALMA). Esta imagen representa la evidencia más directa de la existencia de agujeros negros en el Universo y la comprobación de la validez de la Teoría de la Relatividad General en campos gravitacionales extremos.

El segundo individuo en la caza de las sombras de agujeros negros es Sgr A*, el monstruo en el centro de nuestra galaxia. En los próximos años la colaboración EHT dará a conocer los resultados de esta cacería. Los cazadores planean expandir el área de caza al incluir telescopios milimétricos en órbita y los más osados proponen más aún ¡telescopios milimétricos en la Luna!

Y es así como, después de años de planeación, trabajo y esfuerzo, el nombre de México y el GTM han quedado escritos en la historia como parte de una de las hazañas más asombrosas de la ciencia moderna. ▀

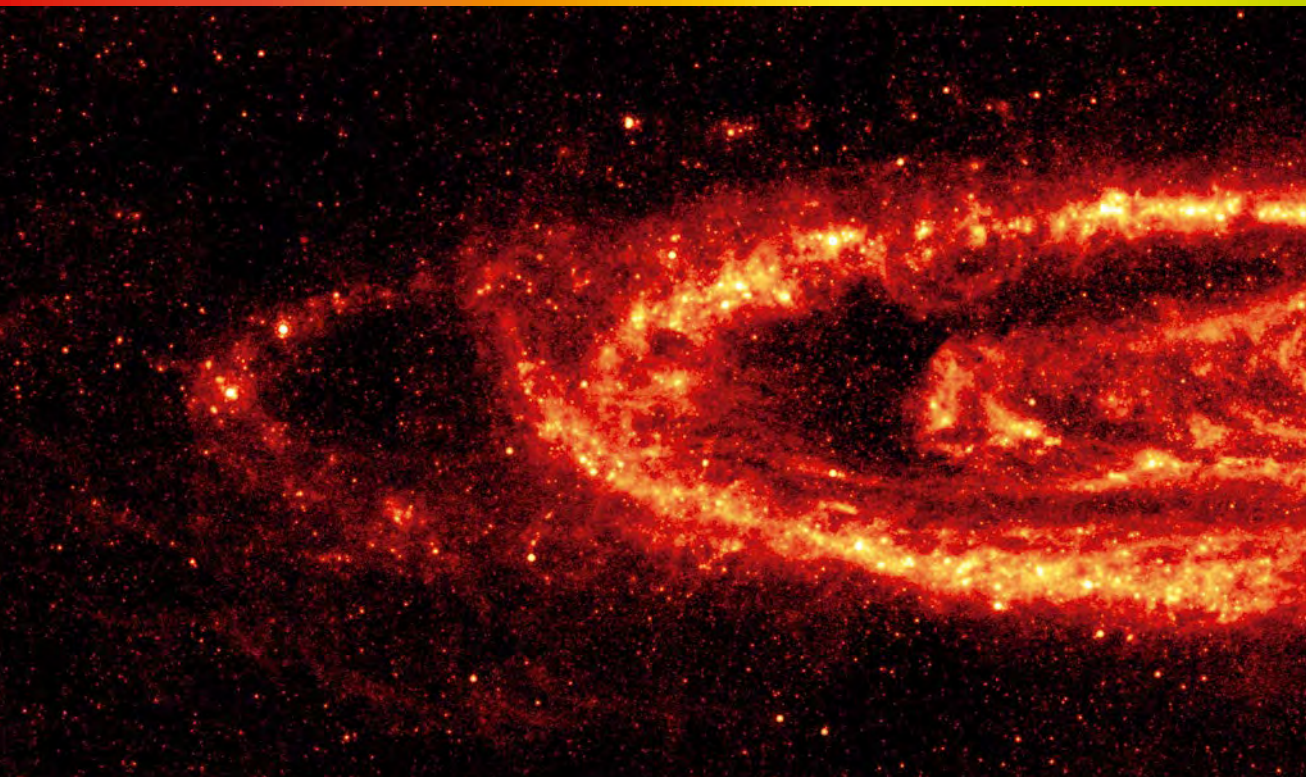
* CONACYT, INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA (INAOE), PROYECTO GTM

CORREOS: aigomez@inacep.mx,
amontana@inacep.mx

El GTM (fotografía de James Lowenthal) y las cuatro imágenes del agujero negro súper masivo M87* capturadas en abril de 2017.

¿QUÉ ESTUDIA LA ASTROFÍSICA?

PAKAL MOYRÓN CASTILLO*



La noción de una totalidad en constante cambio es una idea que ha recorrido grandes periodos de tiempo, desde el pensamiento colectivo de los primeros hombres hasta el mundo contemporáneo.

La astrofísica, de manera observacional y teórica, busca entender la historia del Universo a través de las distintas presentaciones de la luz.

La evolución de preguntas primitivas sobre nuestro lugar en el cosmos, junto con el gran cúmulo de respuestas que nos han probado la cantidad inigualable de conocimiento que aún falta por descubrir, son algunos de los pilares fundamentales de la astrofísica.

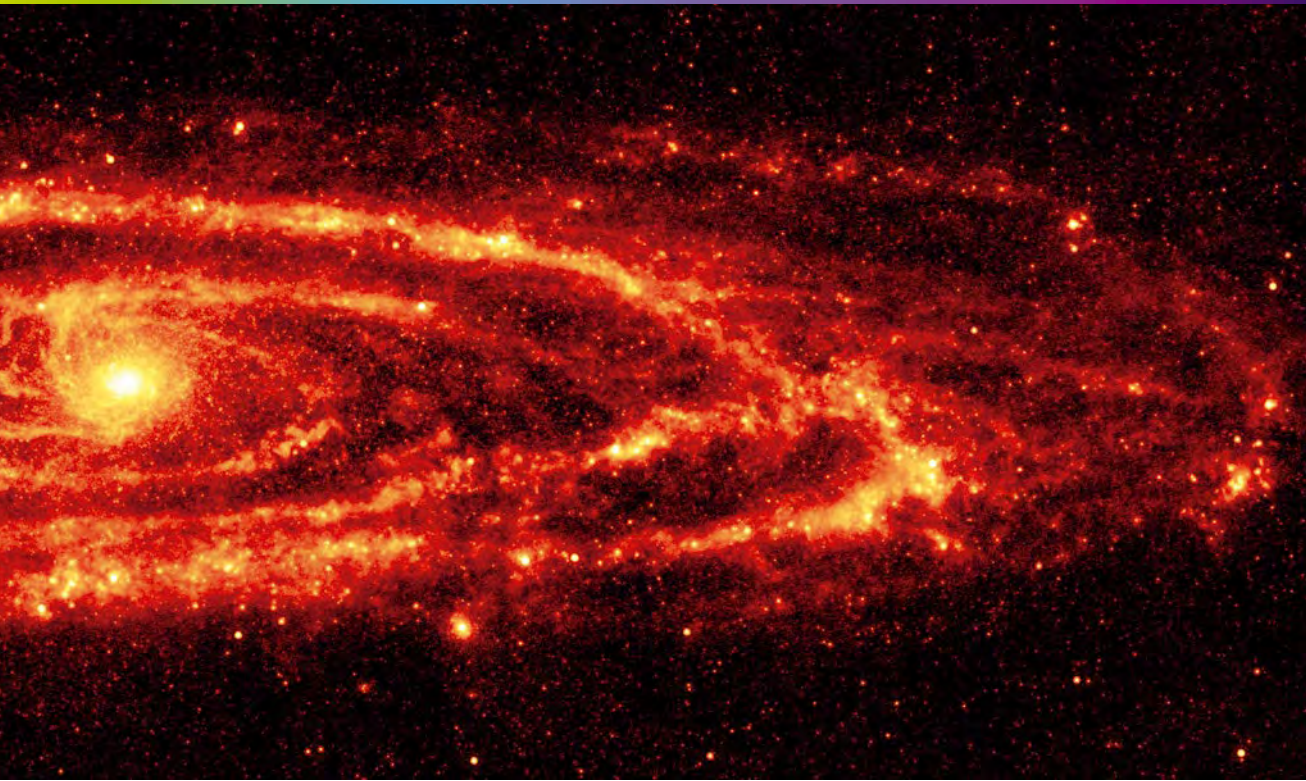
Hay registros, desde hace 32 mil años, de marcas en grupos de 28 incisiones talladas sobre huesos que sugieren las fases lunares; estos registros nos muestran cómo la observación metódica de las estrellas ha estado presente incluso antes que el sedentarismo y la agricultura.

LA INCÓGNITA: PUNTO DE PARTIDA

Desde la copa de un árbol, mientras observaba la sutileza con la cual se movían las nubes cirrus y escuchaba el sonido de las hojas con el viento, me pregunté acerca del movimiento del Universo.

Esta pregunta ha fomentado la curiosidad en la búsqueda de respuestas y ha impulsado la representación matemática de fenómenos universales, sobre todo debido a la intrínseca naturaleza del motor de nuestro mundo.

Muchas personas podemos asustarnos ante la inmensidad de una pregunta que nos remite al pensamiento de nuestra pequeña aportación en el vasto Universo desconocido, pero si tienes apertura



hacia lo que trataré de explicar, te darás cuenta de que entender la forma en que aprendemos sobre el cosmos, del cual somos parte, es más fácil de lo que crees. Así, ya no nos asustaremos en el momento en que se presente una de las incógnitas que ahora trataremos, y entenderás cómo distan de tener la complejidad que ahora te imaginas.

LA OBSERVACIÓN: COLECTA DE DATOS

La astrofísica, a diferencia de otras ciencias, no avanza por medio de la experimentación *in situ*, lo hace de forma observacional y teórica –por la sencilla razón de no estar en contacto directo con los objetos celestes ni con su tiempo presente, ya que “solamente” observamos su pasado–. Entonces, ¿cómo podemos entender el Universo que nos rodea si lo único que nos llega son las distintas presentaciones de la luz?

EL FENÓMENO A ESTUDIAR: LA LUZ

Bueno, la luz es un fenómeno electromagnético, esto quiere decir que tiene dos componentes que generan su comportamiento transversal y ondulatorio: el campo magnético y el campo eléctrico.

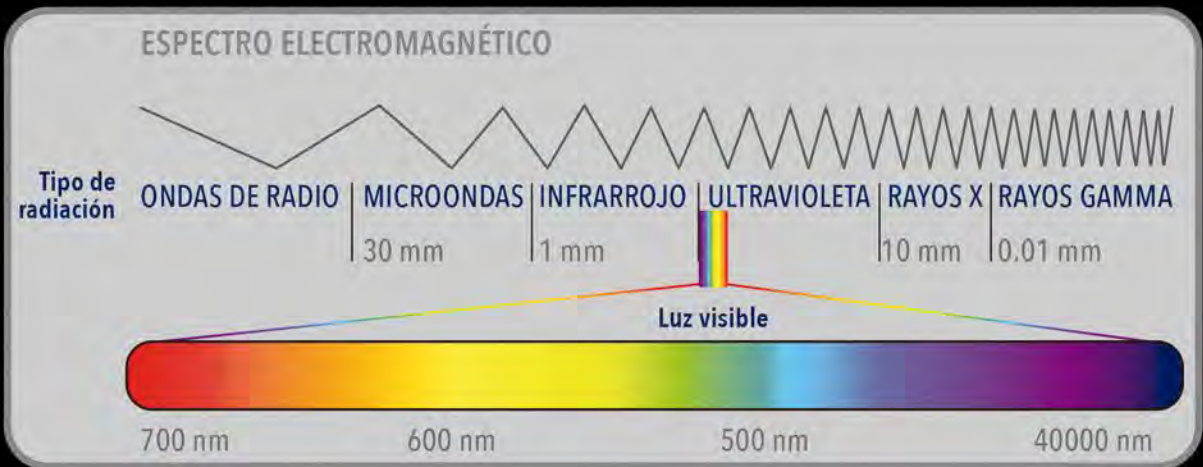
Con el estudio de este fenómeno electromagnético se intentan conocer las propiedades de las estrellas y las galaxias.


GALAXIA ANDRÓMEDA EN RAYOS INFRARROJOS: NASA/JPL-CALTECH/K. GORDON (UNIVERSIDAD DE ARIZONA). 25 DE AGOSTO DE 2004. RECUPERADA DE: [HTTP://WWW.SPITZER.CALTECH.EDU/IMAGES/1493-SSC2005-20A1-ANDROMEDA-IN-THE-INFRARED](http://www.spitzer.caltech.edu/images/1493-SSC2005-20A1-ANDROMEDA-IN-THE-INFRARED)



Cuando Isaac Newton realizó aquel famoso experimento en el que hizo pasar un haz de luz blanca a través de un prisma para descomponerlo en sus diversas longitudes de onda (colores) del espectro visible, nació lo que ahora se llama espectroscopía.

El espectro electromagnético es la fuente de conocimiento más grande con la que podemos entender la composición e historia del cosmos.





Los fotones, esas partículas que componen la luz, en su recorrido por el espacio se «cargan de historia»; guardan la información de sus interacciones con los gases y polvos cósmicos.

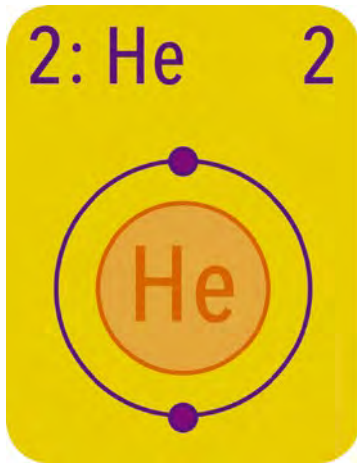
La astrofísica se ayuda de la espectroscopía, que estudia las interacciones de la luz para conocer la estructura química y las propiedades físicas de los cuerpos celestes.

LA PORTADA DEL DISCO *THE DARK SIDE OF THE MOON* DEL

GRUPO DE ROCK PINK FLOYD Y CUADRO DEL ESPECTRO

ELECTROMAGNÉTICO REINTERPRETADOS PARA ILUSTRAR ESTE

ARTÍCULO, POR FRANCISCO J. COBOS PRIOR



El helio no sólo sirve para inflar globos.

Esta transferencia de energía se emite con las famosas partículas llamadas fotones. Dependiendo de la velocidad con la que oscilan estos dichosos fotones, la longitud de su onda se acorta o se alarga, y a este conjunto se le conoce como espectro electromagnético.

A su vez, este continuo está dividido en función de tamaños: ondas de radio, microondas, infrarrojo, visible (esta franja del espectro es lo que comúnmente se conoce como luz y son las longitudes de onda que el ojo humano puede observar), luz ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

El espectro electromagnético es la fuente de conocimiento más grande con la que podemos entender la composición e historia del cosmos. Recientemente se detectaron las ondas gravitacionales, las cuales estaban predichas por Einstein; su descubrimiento nos brinda un nuevo medio de entendimiento de nuestra morada cósmica y expande los límites de nuestra mente, al generar nuevas formas de obtener información.

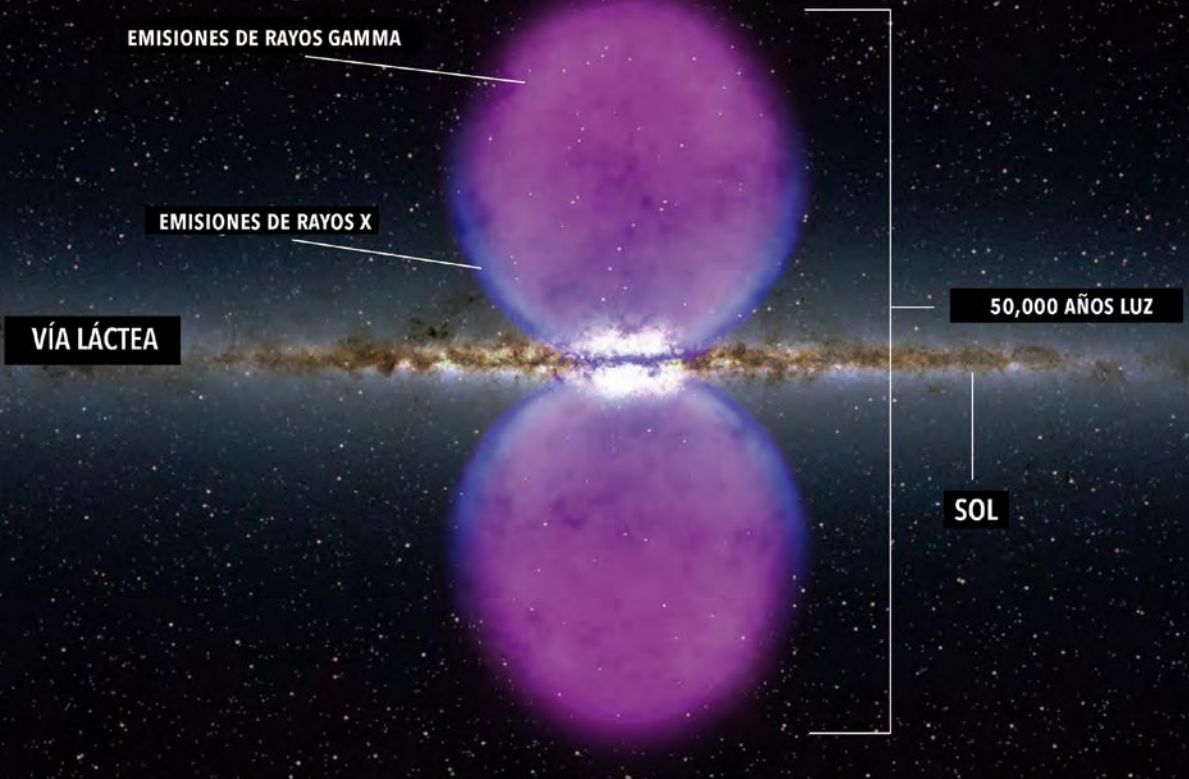
De acuerdo con el tipo de radiación electromagnética que estamos analizando, requerimos de instrumentos adaptados (telescopios) para captar luz que ha viajado desde épocas pretéritas hasta nosotros. Actualmente, podemos analizar fotones de todo el espectro electromagnético, algo increíble, considerando que hace 100 años estos aparatos parecían sueños de ciencia ficción: inalcanzables.

EL MÉTODO: LA ESPECTROSCOPÍA

Entonces, la pregunta importante es: ¿cómo podemos transformar esta luz a información que sea relevante para entender la composición del Universo? Para intentar la respuesta es necesario mencionar que los fotones que recibimos están cargados con la historia de todo su recorrido por el espacio, hasta llegar al planeta que habitamos.

Esta "carga histórica" depende de las propiedades del gas y del polvo cósmico con los que han interactuado en su largo trayecto. Estas interacciones generan líneas espectrales de absorción o emisión que sirven para determinar la estructura química y las propiedades físicas de estrellas o galaxias. A este estudio se le conoce como espectroscopía y comenzó con el conocido experimento de Newton, en el que hizo pasar un haz de luz blanca a través de un prisma para descomponerlo en sus diversas longitudes de onda (colores) del espectro visible. Para una mejor idea gráfica, serviría recordar la portada del álbum *Dark side of the moon*, de Pink Floyd.

Incluso después de todo lo que te he contado, podrás preguntarte: ¿y a mí en qué me afecta lo que sucedió hace miles de millones de años, en otro rincón de una galaxia perdida? o ¿por qué es importante estudiar lo que está tan lejos si aún no entendemos en su totalidad todo lo que nos rodea en la Tierra? Pero la verdad es que mucho de lo que entendemos de nuestra naturaleza viene precisamente "desde afuera".



* INGENIERÍA EN INSTRUMENTACIÓN

ELECTRÓNICA, UV

CORREO: pakal10299@hotmail.com

LA RESPUESTA: QUÍMICA DEL UNIVERSO

El planeta en el que vivimos es producto de una sucesión de oleadas de material nebuloso proveniente de los confines del Universo, por eso compartimos elementos químicos y propiedades físicas de lugares tan lejanos, cuyas distancias tienen cifras extraordinarias.

Si aún sientes escepticismo ante la importancia de la astrofísica, tal vez este ejemplo te sirva para recapacitar en sus implicaciones prácticas: el helio, el segundo elemento más abundante en el Universo, que tiene diversas utilidades, entre las que destaca su participación en el sistema de enfriamiento de las máquinas de resonancia magnética que sirven para la detección de cáncer, fue descubierto en nuestro Sol antes que en la Tierra.

Este elemento químico también es fundamental para hacer el compuesto que utilizan los tanques de oxígeno, vitales en el estudio de la oceanografía. Y esta historia se repite para otros elementos que tienen aplicaciones en múltiples áreas del conocimiento humano, en comprobaciones de otras ciencias como la geología y para una serie de descubrimientos que han moldeado la forma en la que vemos lo que nos rodea.

Espero que esta breve descripción de la ciencia que estudia los fotones te sirva para fomentar la imaginación ante lo desconocido. Ser parte del momento presente en el que grandes descubrimientos toman lugar es algo impresionante, sin embargo, ¿acaso no tienes inquietud en pensar sobre lo que ahora estamos pasando por alto y que nos puede acercar respuestas a preguntas que aún no hemos formulado? 🚀

ARRIBA: BURBUJA DE RAYOS GAMMA EN EL CENTRO DE LA VÍA

LÁCTEA, DE: NASA'S GODDARD SPACE FLIGHT CENTER,

RECUPERADA DE: [HTTP://WWW.NASA.GOV/MISSION_PAGES/](http://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/new-structure.html)

[GLAST/NEWS/NEW-STRUCTURE.HTML](http://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/new-structure.html)

UNA DANZA AZAROSA

GUSTAVO VÁZQUEZ, GERARDO MORALES Y ADRIÁN HUERTA*

Observa lo que acontece cuando rayos de Sol son admitidos dentro de un edificio y cómo arroja luz sobre los lugares oscuros. Puedes ver la multitud de pequeñas partículas moviéndose en un sinnúmero de caminos [...] su baile es un indicio de movimientos subyacentes de materia escondidos de nuestra vista [...] eso origina el movimiento de los átomos en sí mismos... Entonces, los pequeños organismos que son eliminados del impulso de los átomos son puestos en marcha por golpes invisibles y a su vez lanzados en contra por unos diminutos cañones. Así, el movimiento de los átomos emerge gradualmente [...] los cuerpos están en movimiento como vemos en el rayo de Sol, movidos por soplos que parecen invisibles.

Sobre la naturaleza de las cosas, LUCRECIO.

Las partículas, cuando están inmersas en algún fluido presentan movimientos aleatorios que son el resultado del choque entre éstas y las moléculas del medio en el que se encuentran. A esta danza irregular se le conoce como «movimiento browniano», lleva el nombre del botánico inglés que lo descubrió en 1827.

El día internacional de la danza fue establecido en 1982 por la Unesco, y se celebra cada 29 de abril. Dado que en Veracruz contamos con una gran tradición y diversidad de danzas, nos gustaría hacer una analogía entre esta expresión artística y un movimiento muy singular de la materia que se encuentra subyacente en las pequeñas partículas suspendidas en el seno de un fluido y que, si somos lo suficientemente observadores, podríamos identificar, tal como lo indica el texto de Lucrecio con el que iniciamos.

Claro está, nos referimos al movimiento conocido con el nombre de browniano. Robert Brown, en 1827, al observar este movimiento en unas pequeñas partículas de polen en suspensión, se preguntó si la naturaleza de dicho movimiento era biológica o si se debía a algún efecto físico, como ocurre con las corrientes de agua o como el polvo que levanta el viento. Mediante una comparación de diferentes materiales orgánicos e inorgánicos concluyó que su origen no era biológico sino físico, ya que ambos tipos de materiales lo presentaban.

Intrigado por este movimiento, Einstein, en 1905, realizó su tesis suponiendo la hipótesis atómico-molecular de la materia, que en esos días se encontraba en debate. Posteriormente, Perrin, en 1908, mediante una serie de experimentos mostró la validez de la teoría de Einstein, obteniendo así el premio Nobel en 1926. Observó entonces que el origen del movimiento browniano era debido a las colisiones de los átomos o moléculas del medio con las partículas en suspensión, de tal forma que las moléculas, al moverse y colisionar con las partículas, transfieren momento y energía originando así su movimiento.



En la actualidad, estamos familiarizados con la existencia de átomos y moléculas, aunque no los veamos a simple vista sino solo en modelos o simples representaciones caricaturizadas. La idea de que la materia está formada por átomos (término que significa indivisible) viene desde los griegos. Los átomos pueden considerarse las partículas más pequeñas que conforman los elementos químicos de nuestra tabla periódica, que también celebramos este año.

Por su parte, la física nuclear nos enseña que incluso hay partículas más pequeñas, digamos subatómicas, pero dejemos esto para otro momento y concentrémonos en las danzas que hacen nuestras partículas.

Como se observa en la Figura 1, debido al paso de la luz a través de un medio, que podría ser aire o agua, es posible apreciar el reflejo de las pequeñas partículas suspendidas, dichas partículas presentan movimientos muy claros que, principalmente, se deben a las corrientes de aire.

Otro ejemplo para visualizar el movimiento de las partículas es dejar caer una gota de aceite en un vaso transparente con agua y agregar una pizca de jabón lavatrastes, agitar y hacer pasar la luz de un apuntador láser a través de la mezcla, entonces podremos observar los reflejos de las partículas de aceite en suspensión, muchas de ellas coalescen, es decir, se unen en un único cuerpo y flotan en la superficie.

Luego, si esperamos un tiempo suficientemente largo podremos ver que algunas de las partículas, las más pequeñas, quedarán en suspensión moviéndose de forma aleatoria de un lado hacia otro y reflejando parte de la luz, aun cuando ya se hayan calmado las corrientes de agua producto de la agitación. Este movimiento incesante se considera que es debido a las fluctuaciones térmicas de las moléculas de agua y al constante golpeteo con las partículas. En este experimento el tensoactivo del jabón que recubre el aceite estabiliza las partículas y logra mantenerlas en suspensión por un largo periodo de tiempo.

Las partículas brownianas muestran distribuciones características que contrastan con el determinismo caótico.

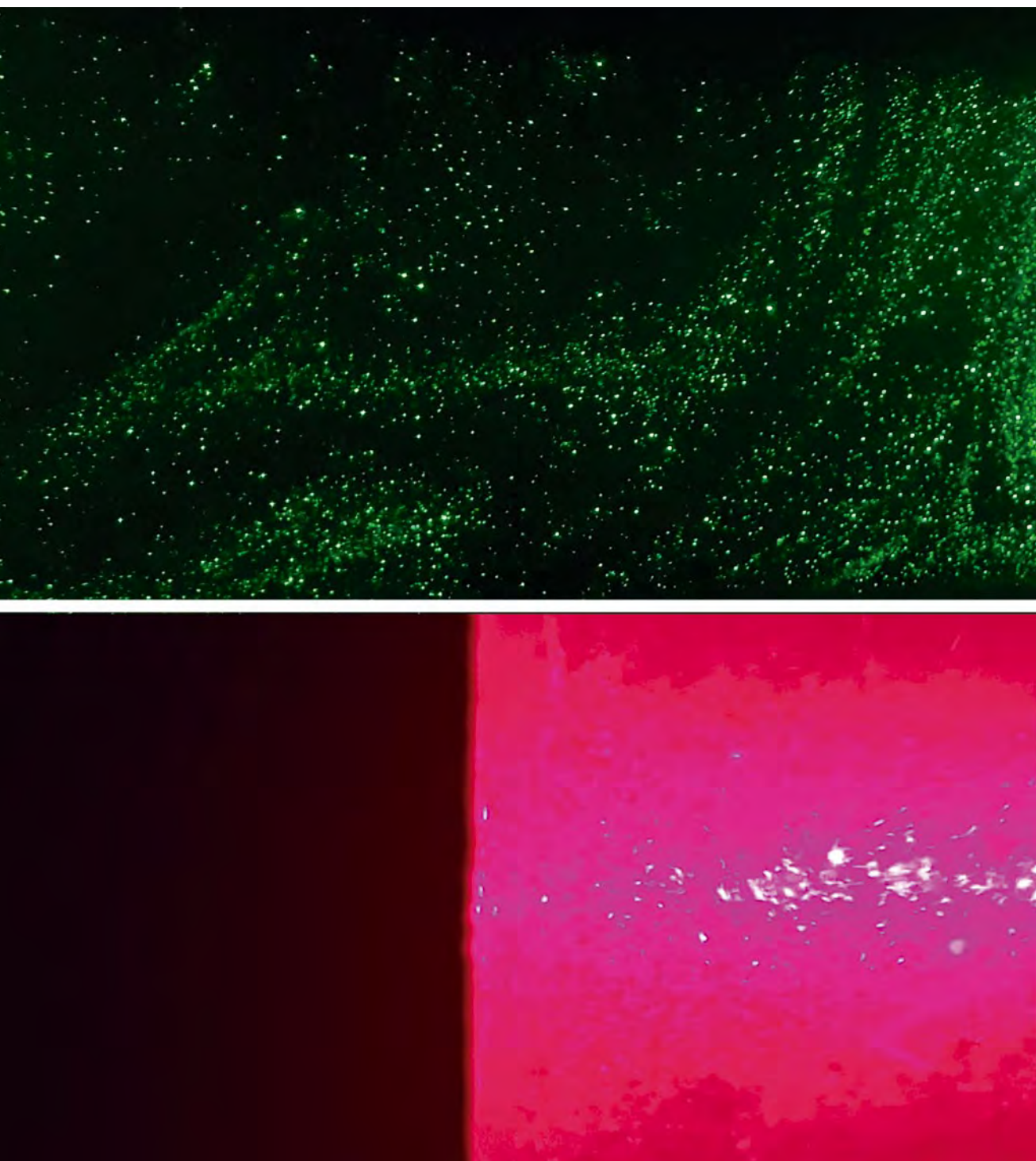
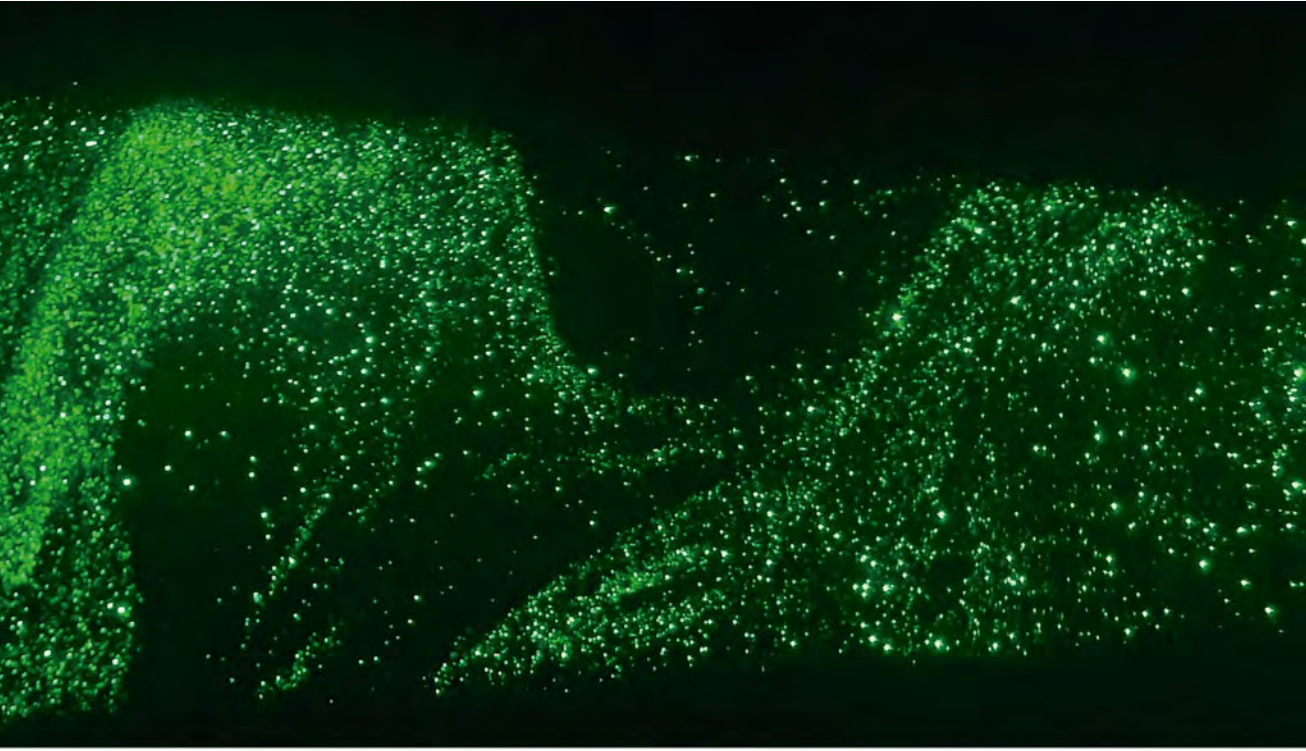


Figura 1. Luz de un apuntador láser color verde dispersada por partículas de polvo (arriba); luz de un apuntador láser rojo dispersada por una emulsión (abajo).

El movimiento de las partículas puede observarse a través de dos mecanismos: por la dispersión dinámica de la luz o con ayuda de un microscopio.



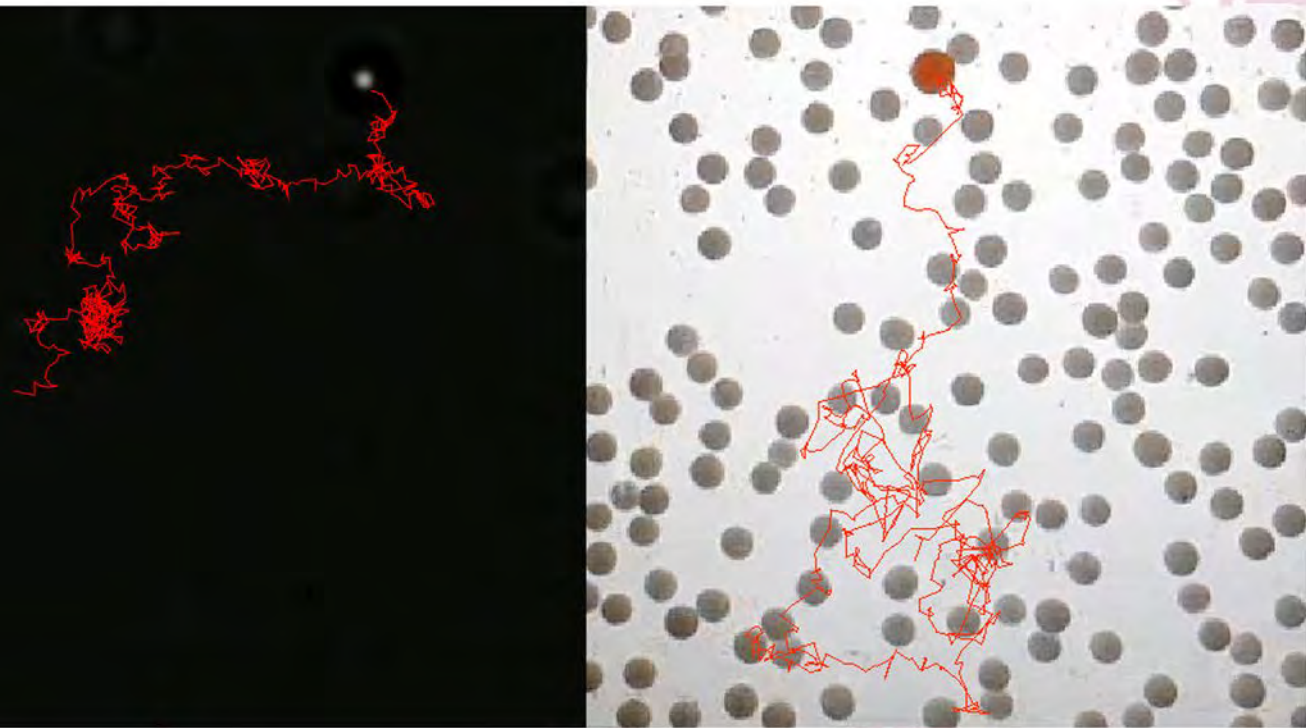


Figura 2. Movimiento browniano de una partícula en una emulsión (izquierda); modelo de movimiento browniano usando materia granular (derecha). En ambos sistemas puede apreciarse el movimiento errático de la trayectoria.

La técnica de observación que estamos usando se llama dispersión dinámica de luz y se usa comúnmente para caracterizar muestras de ese tipo.

Otra manera de observar este movimiento es usando un microscopio. Bajo las condiciones de confinamiento entre los vidrios del microscopio, y al tener una buena estabilidad y nivelación, es posible observar esa danza impredecible (movimiento caótico, errático), podemos incluso intentar adivinar hacia dónde se dirigirá la partícula en el siguiente paso.

Una representación hecha con medios granulares y con una emulsión se presenta en la figura 2 y un ejemplo de este movimiento puede observarse en la figura 3, en donde se grafica un caminante aleatorio.

La predictibilidad de dicho movimiento contrasta de forma notoria con el movimiento de una piedra al lanzarla. Jugando al tiro al blanco sabemos hacia dónde se dirigirá, y también podemos predecir, orientando bien nuestro tiro, dónde caerá, tanto así que hasta podríamos poner una cruz e intentar dar en el blanco al lanzarla.

El determinismo (o indeterminismo) ha intrigado al hombre desde tiempos remotos, intentando predecir qué es lo que ocurrirá al siguiente día, las condiciones meteorológicas, el comportamiento de la bolsa de valores actualmente, etcétera.

El libre albedrío ha formado parte de la historia de la filosofía y de la historia de la ciencia; por ejemplo, podríamos preguntarnos si del movimiento de nuestra partícula en suspensión podría surgir algún tipo de orden.

Si bien, los eventos aleatorios ocurren sin ningún tipo de orden, lo cual los hace impredecibles, contrario a lo que podría pensarse, de un conjunto muy grande de eventos aleatorios es posible obtener comportamientos generales y con ello calcular y hacer estimaciones macroscópicas basadas en la probabilidad y estadística de los eventos individuales. De esta manera podemos observar, que tanto en el

* FACULTAD DE FÍSICA, UV

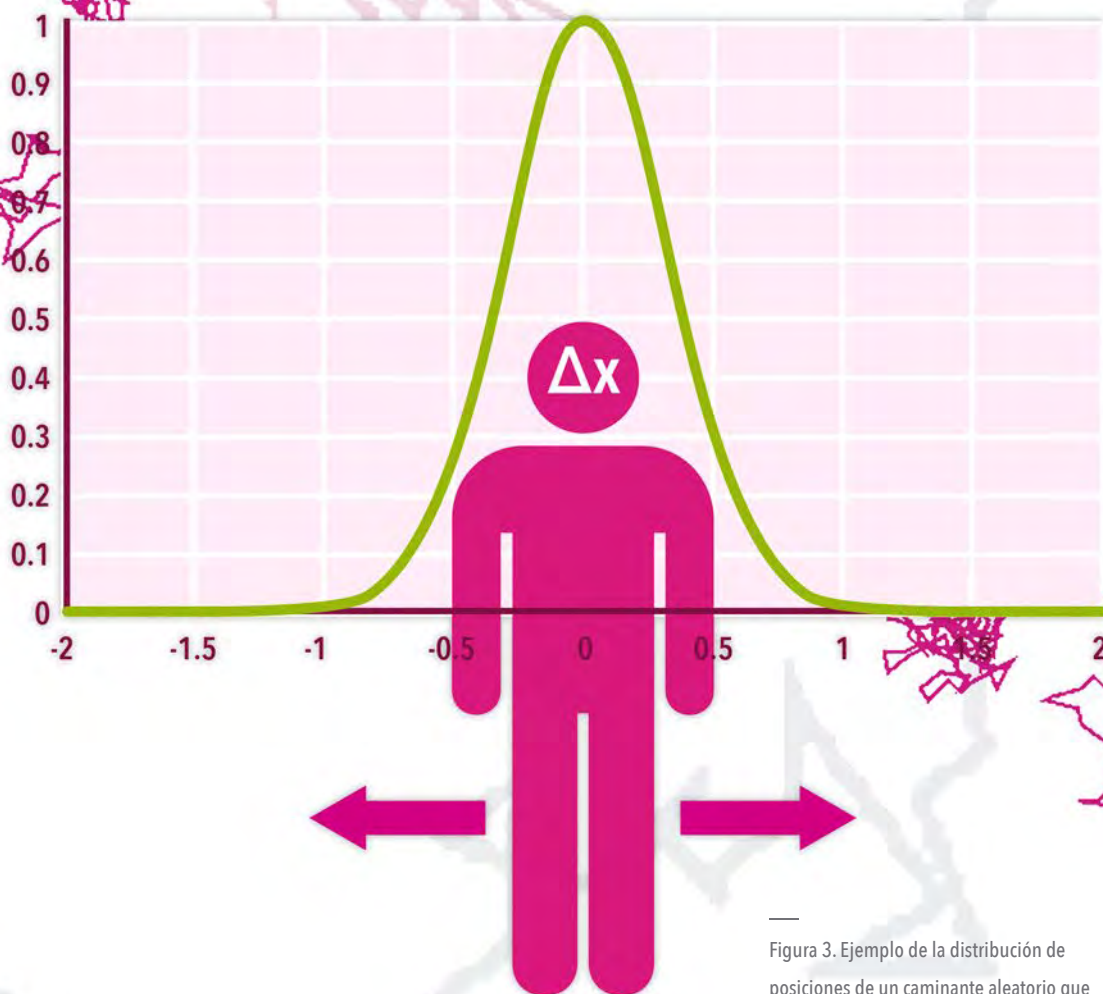
CORREOS: adhuerta@uv.mx,moralesnavarretegerardo@gmail.com,gvæsp@gmail.com

Figura 3. Ejemplo de la distribución de posiciones de un caminante aleatorio que puede dar pasos a la izquierda o a la derecha con la misma probabilidad.

movimiento de la partícula en suspensión, como en el movimiento de la esfera grande del medio granular, se producen trayectorias erráticas (líneas en rojo) de la figura 2. Por ello, esperamos que la probabilidad de encontrar a la partícula en alguna posición se encuentre dentro de una distribución como la que se observa en la figura 3 y con esto podemos hacer predicciones estadísticas sobre el comportamiento de las partículas que se encuentren sujetas a las mismas condiciones.

Ahora bien, supongamos que en cada dirección existe un caminante aleatorio, definiendo a éste como aquel que puede dar pasos en la dirección positiva o negativa de cada eje, entonces, ¿cómo se comparan las distribuciones?, ¿de dónde viene la aleatoriedad del movimiento de las partículas?

Poincarè decía: "El azar no es más que la medida de la ignorancia del hombre". Esa afirmación nos conduce a otros temas, como el caos determinista, la hipótesis de caos molecular, el azar, la entropía, etc. Ahora se nos ocurre que sería bueno investigar cómo son las trayectorias que siguen los danzantes en Veracruz y compararlas con la trayectoria del danzante que ejecuta la Danza del Venado en Sonora, por ejemplo. ¿Notaríamos alguna diferencia? ▀

De un conjunto muy grande de eventos aleatorios pueden obtenerse datos estadísticos, y así es posible predecir un comportamiento.

PÁGINAS 30-32, FOTOS DE GUSTAVO VÁZQUEZ, GERARDO MORA-

LES Y ADRIÁN HUERTA, AUTORES DEL ARTÍCULO

PÁGINA 33, INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA POR FRANCISCO

J. COBOS PRIOR

DE MARIPOSAS Y DEMONIOS: CAOS DETERMINISTA

SERGIO LERMA HERNÁNDEZ Y HUMBERTO VÁZQUEZ SÁNCHEZ*

Estoy obligado a tolerar que el sol salga todos los días...

Antes de volver a dormirme imaginé un universo plástico, cambiante, lleno de maravilloso azar, un cielo elástico, un sol que de pronto falta o se queda fijo o cambia de forma.

Rayuela, JULIO CORTÁZAR



En todos los sistemas, desde los más simples hasta los más complejos, puede estar presente el caos; es decir, que en ellos hay aparente desorden e impredecibilidad.

A finales del siglo XVIII, Laplace, en su obra *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, imaginó “una inteligencia que en un momento determinado conociera todas las fuerzas que animan a la naturaleza, así como la situación respectiva de los seres que la componen. Si [esta inteligencia] además fuera suficientemente amplia como para someter a análisis tales datos, podría abarcar en una sola fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más ligero; nada le resultaría incierto y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos”.

Este ser omnisciente, conocido hoy como el Demonio de Laplace, resume la visión de la naturaleza que deriva de la exitosa ciencia física que ahora llamamos newtoniana o clásica. A dos siglos de distancia, hagamos dos observaciones.

Por un lado, en la física clásica se asume que no hay incertidumbre esencial para conocer la situación en la que se encuentra un sistema físico. Por ejemplo, en un momento dado, las limitaciones para conocer las posiciones y velocidades de las partículas que conforman un gas son tantas, que en la práctica es muy difícil determinarlas.

En este punto, la mecánica cuántica surgida a principios del siglo XX vino a trastocar el panorama: no solo es difícil determinar la posición y velocidad de las partículas, sino que es imposible, ya que las partículas ni siquiera tienen definidas sus posiciones y velocidades.

Por otro lado, aun cuando conozcamos el estado de las partículas y las fuerzas que las animan, existe una limitación a lo que de ellas podemos conocer en el futuro. La inteligencia imaginada por Laplace debería ser “suficientemente amplia”, pero nos preguntamos ¿qué tan amplia? La amplitud de la inteligencia a la que tenemos acceso ha cambiado mucho desde los tiempos de Laplace debido al desarrollo de las computadoras que permiten cálculos que en el siglo XVIII hubieran requerido años de obreros matemáticos y toneladas de papel y lápices.



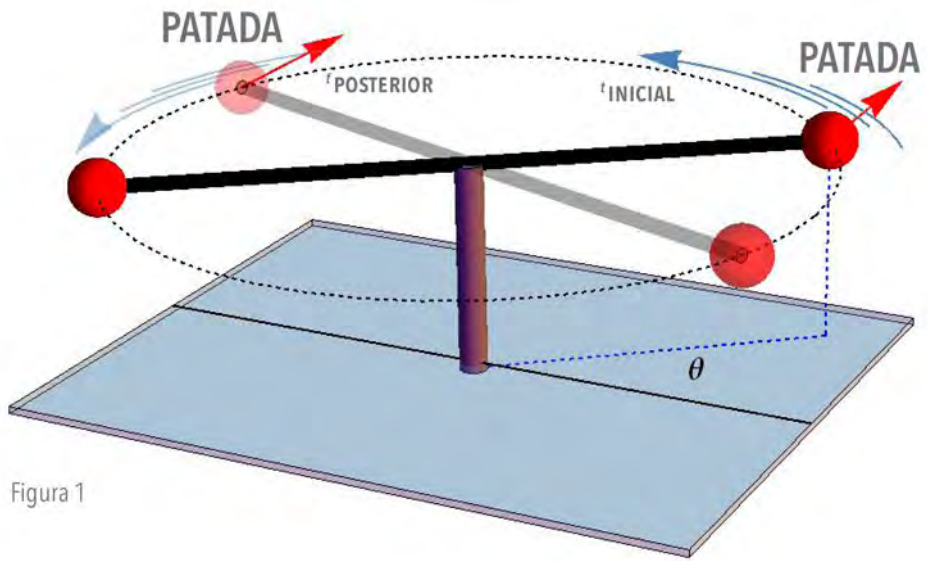


Figura 1

Figura 1. Varilla giratoria pateada a intervalos de tiempo regulares. Este sistema puede presentar caos.

Figura 2. Registro de los ángulos y velocidades de la varilla en cada patada para dos posiciones iniciales ligeramente distintas.

Caso de patadas débiles.

Figura 3. Caso para patadas fuertes. Los números cerca de los puntos indican a cuál de las primeras patadas corresponden.

El caos se presenta cuando ocurre un cambio en un sistema sensible a las variaciones, como el atmosférico o el pendular; la modificación hará que el sistema también cambie.

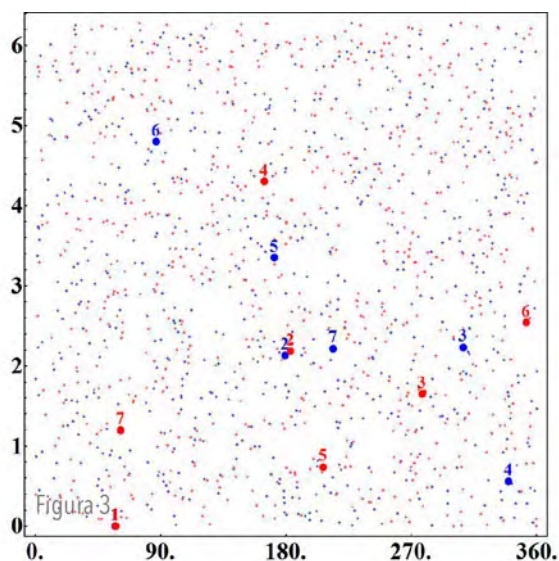
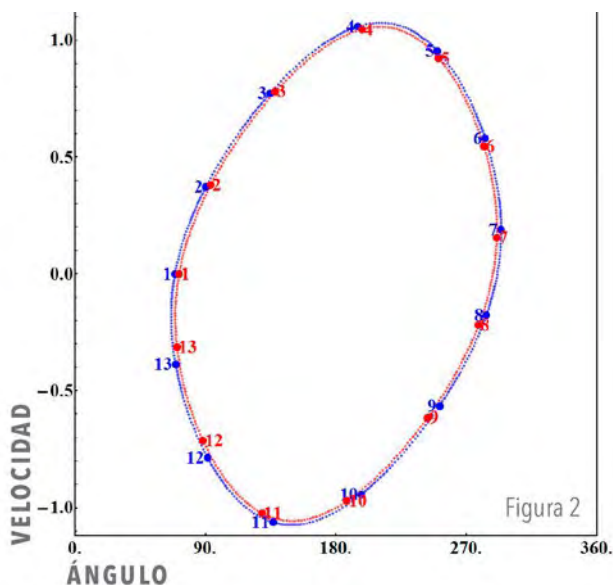
La amplitud de nuestra "inteligencia" sigue siendo limitada, aunque su amplitud es tal que hemos vislumbrado algunas limitaciones esenciales sobre lo que se puede saber del futuro de un sistema físico. En el fondo de esta limitación está el caos.

El término caos denota desorden y ausencia de regularidad. En el contexto de la física y las matemáticas, el caos mantiene esos elementos como característicos, pero tiene otros más que permiten definirlo con mayor precisión. Uno es la extrema sensibilidad de los sistemas caóticos: "el leve aleteo de las alas de una mariposa puede sentirse al otro lado del mundo en la forma de un tornado". A lo anterior habría que agregar: "...y quizá dos aleteos producirán ninguno". El punto esencial es que no sabemos.

Se podría pensar que esto se debe a que la atmósfera es tan compleja y depende de tantos factores que un pequeño cambio en las condiciones, en un momento dado, puede dar lugar a resultados inesperados. Pero no, el caos no es exclusivo de sistemas con muchos factores, puede aparecer en sistemas muy simples, como una varilla girando a la que se le pateaba de forma regular; aunque para apreciar el caos en este sistema hay que mirar cuidadosamente.

Consideremos el siguiente sistema físico; una varilla unida en su centro a un balero, de modo que pueda girar libremente. Coloquemos esta varilla-spinner sobre una tabla horizontal como se muestra en la figura 1. Ahora, a intervalos de tiempo regulares, pateemos la varilla siempre en la misma dirección y siempre con la misma intensidad. En ocasiones la patada coincidirá con la dirección del movimiento y hará que la varilla gire más rápido; en otras, la patada será en dirección contraria y hará que la varilla reduzca su velocidad o incluso que cambie de dirección.

Hagamos un experimento con nuestra varilla-spinner. Coloquemosla sin girar en un cierto ángulo e iniciemos las patadas. Inmediatamente antes de cada patada registremos el ángulo que forma la varilla respecto a una línea trazada en la tabla y también su velocidad. Repitamos, pero ahora modificando ligeramente el ángulo inicial; es decir, dejemos que el aleteo de una mariposa modifique apenas la posición inicial de la varilla. Los registros de ángulos y velocidades se muestran en las figuras 2 y 3. La manera en que se



manifiesta la ligera modificación del ángulo inicial, dependerá de la intensidad con la que pateamos la varilla. El ligero aleteo de la mariposa ha producido resultados distintos. Tenemos un sistema caótico.

En el caso de patadas débiles (Figura 2), los ángulos y velocidades se ordenarán de manera regular formando un patrón claramente identificable, mientras que, en el caso de patadas intensas (Figura 3), los ángulos y velocidades aparecerán dispersos, sin seguir ningún patrón identificable, como si sus valores hubieran sido generados aleatoriamente; esto ocurre a pesar de que los puntos fueron generados siguiendo rigurosamente las leyes de la física clásica.

En este caso de patadas intensas tenemos un sistema caótico, para que al Demonio de Laplace se le aparezca ante sus ojos todo el futuro de la varilla pateada, no sólo tendría que conocer con exactitud la posición inicial de la varilla, la amplitud de su inteligencia tendría que ser infinita. Cualquier aleteo de mariposa, por pequeño que sea y cualquier mínimo error en sus cálculos, harían que su vista se nuble y que ante sus ojos aparezca ya no la incertidumbre sino la aleatoriedad.

¿De qué manera se manifiesta el caos en los sistemas cuánticos? Puesto que en la mecánica cuántica no existen posiciones y velocidades definidas, no podemos fijarnos en estas variables de la manera en que ejemplificamos con nuestra varilla pateada; sin embargo, otra característica del caos clásico sí puede extenderse al mundo cuántico, y es la pérdida de información del estado inicial de nuestro sistema, conforme evoluciona.

Mientras que en el caso regular podemos, desde el estado final del sistema, cambiar el signo de la flecha del tiempo para hallar su estado inicial, en los sistemas caóticos este procedimiento no nos llevará al estado inicial, o sí, pero solamente si nuestros cálculos fueran de precisión infinita, lo cual es imposible en la práctica.

En los sistemas cuánticos caóticos ocurre algo similar, su evolución va haciendo inaccesible la información de su estado inicial, produciendo lo que hoy, en el argot de la comunidad de físicos cuánticos se conoce como revoltura (*scrambling*) de la información, un tema en el que la Facultad de Física de la Universidad Veracruzana ha hecho ya algunos aportes a la literatura científica. ▀

* FACULTAD DE FÍSICA, UV

CORREOS: slerma@uv.mx,

vazquezhumberto6991@gmail.com

La sensibilidad extrema a las variaciones es representada por la metáfora: “el leve aleteo de las alas de una mariposa puede sentirse al otro lado del mundo en la forma de un tornado”.

PÁGINA 34, REPRESENTACIÓN DEL DEMONIO DE LAPLACE.

RECUPERADO DE: [HTTPS://ENROQUEDECECIENCIA.BLOGSPOT.COM/2018/05/EL-DEMONIO-DE-LAPLACE.HTML](https://enroquedececiencia.blogspot.com/2018/05/el-demonio-de-laplace.html)

COM/2018/05/EL-DEMONIO-DE-LAPLACE.HTML

PÁGINA 35, MARIPOSA MORPHO AZUL - DE WIKIPEDIA- BY

DIDIER DESCOUENS - OWN WORK, CC BY-SA 4.0, RECUPERADO

DE: [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CU-](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15656403)

RID=15656403

PÁGINAS 36 Y 37, GRÁFICAS PROPORCIONADAS POR LOS

AUTORES DEL ARTÍCULO

ÓPTICA Y LUZ EN LA ATMÓSFERA

KAREN M. TAPIA FLORES*

El espectro electromagnético es la interacción de un campo eléctrico y uno magnético originados por dos ondas que oscilan de forma perpendicular a diferentes longitudes.

El Sol, al atravesar la atmósfera terrestre, produce diversos fenómenos ópticos que, ineludiblemente, dependen de las propiedades de esta capa que rodea la superficie de nuestro planeta.

La luz es algo a lo que estamos tan acostumbrados que nunca nos detenemos a pensar qué es realmente. Si lo piensas, nada de lo que conocemos sería igual si no existiera esta ¿partícula? u ¿onda? El estudio de su naturaleza ha dividido al mundo científico desde hace siglos, sin embargo, hoy hablaremos de cómo la interacción de la luz con la atmósfera puede jugarnos malas pasadas, una de ellas son los espejismos.

Se sabe que los espejismos son acontecimientos visuales que la luz manifiesta como ilusiones ópticas hermosas para el ojo humano, así, podemos mencionar montañas altas, carreteras mojadas, cielos color pastel, etc., que seguramente, lector, ya has tenido oportunidad de experimentar y ver más de una vez.

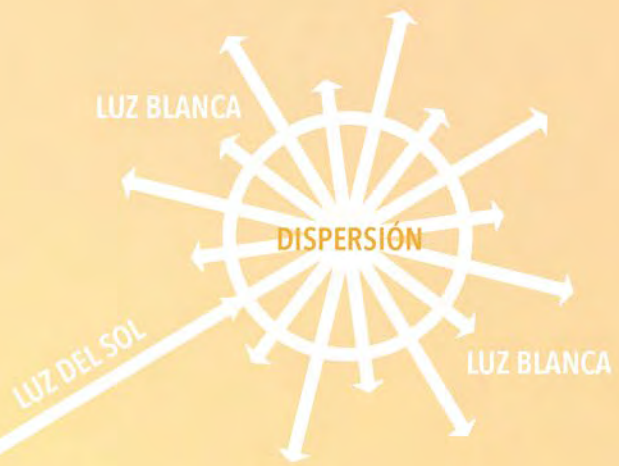
SI VEMOS LAS COSAS ES PORQUE HAY LUZ

La luz es radiación electromagnética. Cuando dentro de un átomo un electrón pasa de un nivel de energía mayor a uno menor libera un fotón, el fotón viaja a 300 000 km/s (velocidad de la luz) y crea un espacio eléctrico y magnético que se mueve formando ondas; los fotones con mayor energía se desplazan describiendo ondas de menor longitud, mientras que aquellos con menor energía producen ondas con mayor longitud. A esta variedad de longitud de onda se le conoce como espectro electromagnético. Las diferencias en la longitud de onda determinan, entre otras cosas, los colores.

Del espectro electromagnético hay una pequeña zona en la que el ojo humano puede distinguir lo que conocemos como luz visible. Así como hay objetos que pueden absorber las distintas longitudes de onda hay objetos que las emiten y son conocidos como fuentes luminosas.

Nuestra principal fuente de luz es, como ya sabemos, el Sol. Ya en la atmósfera, la radiación que emite este astro se comporta de distintas maneras, dependiendo de los sistemas con los que interactúe. Para fines de este artículo resaltaremos cuatro: dispersión, refracción, reflexión y difracción.





FENÓMENOS VISUALES DE LA DISPERSIÓN

La dispersión tiene lugar en el momento en que la luz “rebota” sobre un cuerpo y es emitida en todas direcciones. Si esta dispersión ocurre de manera más o menos simétrica, es decir, si la luz se difunde en cantidades similares se denomina dispersión geométrica y es causada por pequeñas partículas suspendidas, como las moléculas de aire, las partículas finas de polvo, las moléculas de agua y algunos contaminantes.

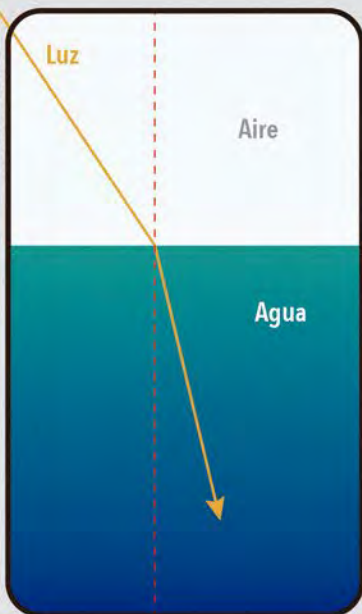
Imaginemos el siguiente escenario: un cielo azul con un majestuoso sol brillante que atraviesa las nubes blancas con sus tenues rayos. Algo digno de ser admirado, pero ¿qué pensarías si pudiéramos definir cada uno de estos fenómenos con sólo luz y atmósfera?

Así es, la clave de esto es la dispersión. En las nubes, los millones de gotitas de agua que las componen actúan como dispersantes para la luz que intenta atravesarlas, logrando descomponer los miles de rayos solares en todas direcciones, produciendo así luz blanca. De manera análoga, las moléculas de aire en la atmósfera sirven como dispersores selectivos de la radiación solar, separando la luz en tonos violeta, azul y verde, los cuales tienen mayor potencia si se comparan con los tonos rojos, amarillos y naranjas (y si vemos el cielo azul es porque nuestra vista es más sensible a este color). Debajo de las ya mencionadas nubes se encuentran algunas partículas como sal y polvo que, como buenos dispersores, dan una apariencia “celestial” a la luz que atraviesa en forma de rayos solares. Finalmente, cuando nuestra estrella se encuentra en los puntos altos de su trayectoria podemos apreciarla de un color blanco brillante debido a que todas las longitudes del espectro visible inciden hacia la superficie de manera recta y uniforme.

La longitud de onda determina algunas características de la luz, como su color.



REFRACCIÓN

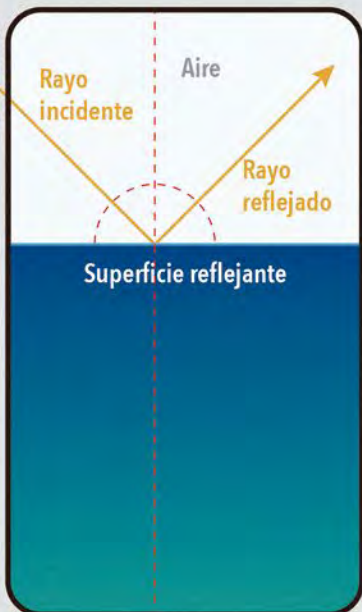


FENÓMENOS VISUALES DE LA REFRACCIÓN

La refracción es la flexión que sufre la velocidad y trayectoria de la luz al atravesar una sustancia con distinta densidad. La cantidad de refracción depende principalmente de dos factores: la densidad del material y el ángulo en el que la luz entra en el mismo.

Las estrellas en el cielo también producen luz, sin embargo, al encontrarse tan lejos deben atravesar más atmósfera densa, redirigiéndose cientos de veces antes de alcanzar nuestros ojos. Por eso al mirarlas apreciamos un titilar. Durante las madrugadas y atardeceres, cuando el sol aparece y desaparece por el horizonte, la atmósfera refracta su luz a nuestros ojos. A este fenómeno de permanencia de luz se le llama crepúsculo. En un día caluroso la superficie de la tierra se calienta significativamente, en consecuencia las capas superiores de la atmósfera se vuelven más densas, lo que provoca que al llegar un rayo de luz este se refracte varias veces e induzca una especie de reflejo del cielo en el suelo, lo que vemos como un oasis, un espejismo.

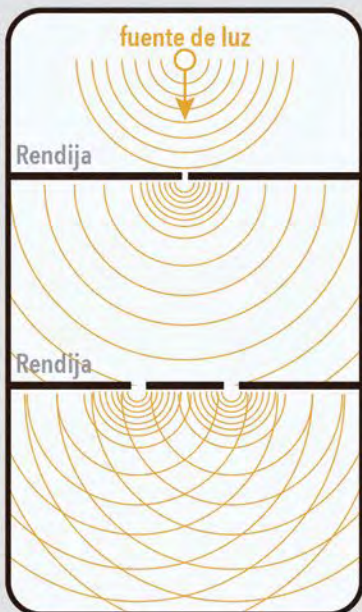
REFLEXIÓN



FENÓMENOS VISUALES DE LA REFLEXIÓN

La reflexión es un fenómeno parecido a la dispersión, con la diferencia que, en este caso, la luz rebota en el mismo ángulo en que golpea la superficie. Un ejemplo de fenómeno de reflexión son los llamados pilares de sol que pueden formarse en presencia de cristales de hielo que se encuentren flotando, los cuales facilitan la reflexión del sol en sus superficies, esto permite que la luz cree un área brillante por arriba o por debajo del sol.

DIFRACCIÓN



FENÓMENOS VISUALES DE LA DIFRACCIÓN

La difracción es la desviación que experimenta la luz cuando atraviesa un cuerpo opaco. Como ejemplo tenemos a las coronas y la iridiscencia. Una corona es una delgada nube que da la apariencia de descansar sobre el Sol o la Luna, según sea el caso. Las gotitas de la nube difractan la luz y, con base en el comportamiento ondulatorio de la luz (que puede unirse de manera constructiva o destructiva con otras ondas), podemos apreciar o no la corona. Si la interferencia es constructiva (se unen) la difracción puede apreciarse, si es destructiva (se anulan) la difracción no se aprecia.

Por otra parte, la iridiscencia es la coloración de las nubes, generalmente en tonos pastel como el rosa, azul y verde. Esto se debe a que los diámetros de las gotitas que conforman las nubes no son exactamente iguales y la difracción ocurre de manera irregular, por lo que el resultado es una corona distorsionada.

FENÓMENOS VISUALES DE DOS O MÁS INTERACCIONES

El fenómeno óptico por excelencia es el arcoíris. Este se produce gracias a la coexistencia de agua en precipitación y luz solar, es decir, cuando la luz del sol sufre una deformación de velocidad y de ángulo al entrar en una gota, refractando más algunas longitudes de onda (como el violeta) y refractando menos algunas otras (como el rojo). Existe un ángulo llamado crítico, en el cual la luz entra a la gota y es reflejada ¡hacia dentro de ella misma! Cuando la luz golpea la gota en un ángulo mayor al crítico es reflejada hacia nuestros ojos, y como no todos los rayos de luz llevan el mismo ángulo, se refractan en direcciones distintas, esto quiere decir que cada gota refleja un color distinto, por eso la luz que emerge de la gota se dispersa en un espectro que va de violeta a rojo (colores que componen la luz visible). Así, el arcoíris no solo depende del ángulo de refracción y de dispersión, sino también de la incidencia en nuestros ojos, por esto se dice que nadie puede ver el mismo arcoíris que nosotros.

Al mirar formas en las nubes, los pintorescos atardeceres o apreciar un humilde arcoíris, estoy segura de que no recordarás cada uno de los procesos microfísicos que intervienen para que dicho evento pueda ocurrir, pensarás únicamente en lo deslumbrante que luce en el cielo, maravillándote del resultado. No obstante, podemos encontrar un regalo que la física nos hace en cada efecto óptico descrito en este artículo, un trabajo en equipo que la luz y la atmósfera reflejan en preciosos espectáculos visuales.

No es mi intención rebajar estas maravillas a un simple resultado de la física, al contrario, pensar que estos eventos pueden ser tan particulares en el cosmos nos debe convencer de que somos realmente afortunados. Es maravilloso pensar que con un ligero cambio en la composición de nuestro aire o en el ángulo de incidencia de los rayos solares, nuestra apreciación del entorno sería totalmente distinta.

La próxima vez que mires al cielo en busca de algo extraordinario no dudes en que el cielo mismo, las montañas lejanas y esas nubes que atraviesan tu campo de visión desbordando blancura, son en sí mismas un efecto óptico extraordinario, digno de apreciarse cada día. ▀

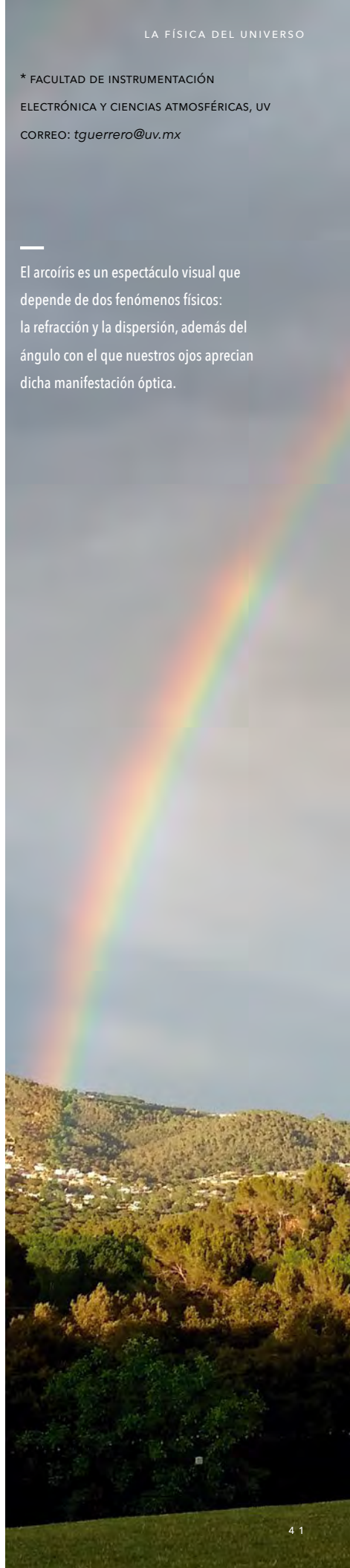
LECTOR INTERESADO:

Einstein, A. (1905). *Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz*. Recuperado de: http://www.relatividad.org/ef_fotoel_einst_heuristico.pdf.

Rodríguez García, J. y J. Virgós. (1998). *Fundamentos de óptica ondulatoria*. Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.

Romero Rochín, V. (2014). *Cómo Planck introdujo la constante h: una interpretación*. Recuperado de: <http://www.fisica.unam.mx/personales/romero/TERMO2014/planck-h.pdf>.

El arcoíris es un espectáculo visual que depende de dos fenómenos físicos: la refracción y la dispersión, además del ángulo con el que nuestros ojos aprecian dicha manifestación óptica.



INTERACCIÓN MOLECULAR DE LA LUZ

BÁRBARA PAULET DOMÍNGUEZ CAPITAINE, HÉCTOR HUGO CERECEDO NÚÑEZ*

ABSORCIÓN DE LUZ

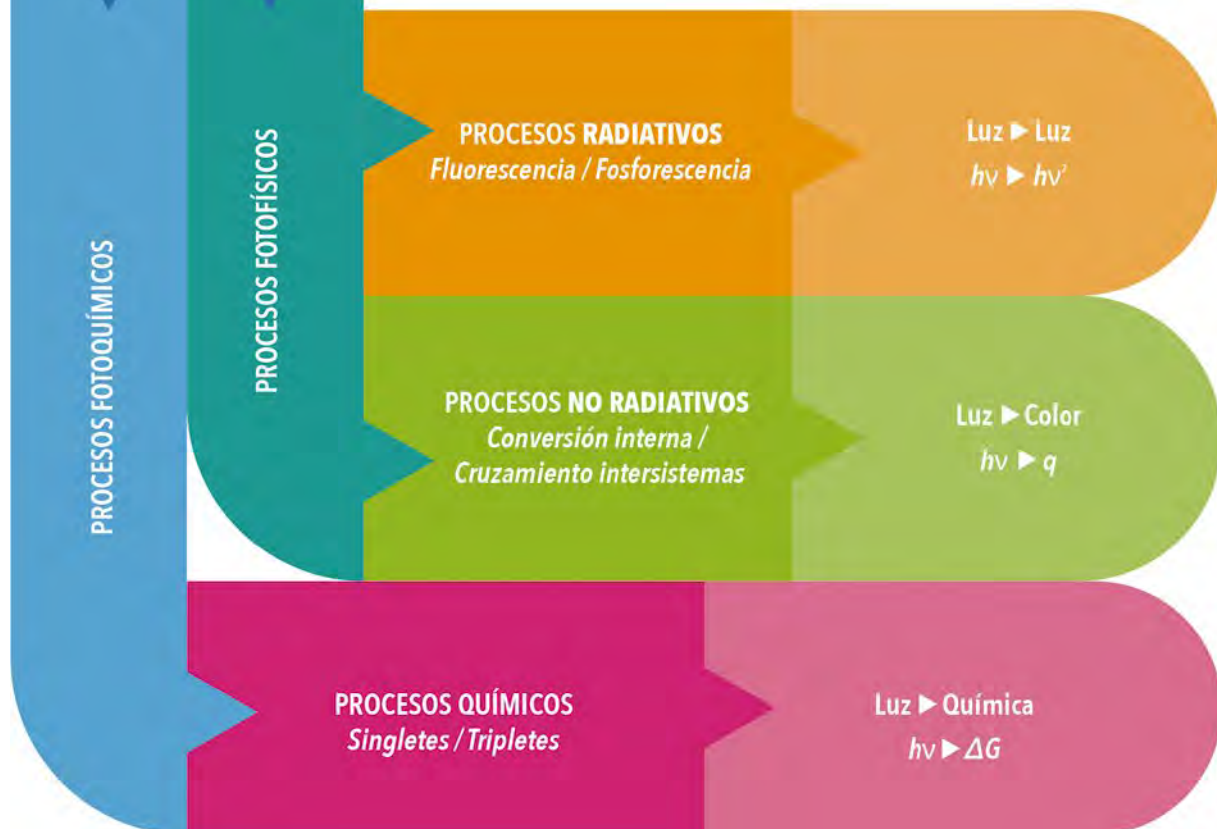
EXCITACIÓN ELECTRÓNICA

MECANISMOS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA

La luz tiene un papel fundamental en todos aquellos compuestos con los que interactúa. Su interacción con moléculas orgánicas e inorgánicas, es decir, con los seres vivos, da lugar a procesos vitales para la vida terrestre.

Es posible observar cómo las sustancias al ser irradiadas pueden absorber, transmitir o reflejar la luz, ya que las moléculas que absorben radiación electromagnética conducen a la excitación de un electrón, llevándolo a un estado de mayor energía y, como la molécula no puede permanecer por mucho tiempo en estado excitado busca diferentes caminos para devolver el exceso de energía. Hay distintas vías de desexcitación, es decir, de pérdida de energía tanto fotoquímica como fotofísica. La más favorable dependerá del tipo de molécula y de la naturaleza de los estados excitados implicados que podrían clasificarse en procesos fotoquímicos y fotofísicos o procesos radiativos y no radiativos.

Gráfico 1. Procesos fotoquímicos y fotofísicos



PROCESOS FOTOQUÍMICOS Y FOTOFÍSICOS

Cuando una partícula de luz se acerca a una molécula se produce una interacción entre el campo eléctrico de la molécula y el campo eléctrico de la radiación; esta alteración puede conducir a una reacción en la que la molécula absorbe el fotón, el cual cede su energía a la molécula produciendo un cambio en su estructura electrónica (organización de los electrones de un átomo).

Procesos fotoquímicos. Se trata de fenómenos de naturaleza física que involucran la absorción de un fotón de luz por una molécula, produciendo estados electrónicamente excitados de gran reactividad química; es decir, cuando una molécula absorbe luz posee mayor energía, llamándose así molécula excitada, aunque esa energía se puede perder cuando la molécula reacciona con otras produciendo un cambio en su estructura. Una forma de que se produzcan las reacciones fotoquímicas es mediante la absorción de radiación ultravioleta (100-400 nm), visible (400-700 nm) o infrarroja (700-1000 nm).

Procesos fotofísicos. Estos involucran cambios en los estados cuánticos de las moléculas sin afectar su naturaleza química. Algunas formas de desexcitación de las moléculas son la emisión de luz o transferencia de calor, aunque existen varios procesos de desexcitación fotofísica, los cuales suelen ser muy rápidos y se pueden clasificar en radiativos y no radiativos.

Procesos radiativos. En dichos procesos las moléculas excitadas emiten radiación electromagnética para regresar al estado fundamental, el cual es el estado de menor energía. Además, la cantidad de energía que es emitida por las moléculas excitadas es menor que la que se utilizó para excitar dichas moléculas. Los procesos de emisión radiativos son la fluorescencia y la fosforescencia, en ambos fenómenos las moléculas que han absorbido radiación emiten luz. La diferencia entre una y otra es el tiempo de duración del fenómeno: la fluorescencia cesa de inmediato una vez que la fuente de excitación ha sido retirada de la sustancia (de 6-10 segundos) mientras que la fosforescencia dura al menos 104 segundos y en algunos casos hasta horas.

En los procesos fotoquímicos, las moléculas al absorber un fotón de luz experimentan cambios en la forma en que están organizados sus electrones, es decir, las moléculas cambian químicamente.

En el gráfico de la página anterior se muestra que no todas las moléculas que entran en contacto con la luz se comportan de la misma manera; de acuerdo con su naturaleza algunas pueden absorberla, transmitirla o reflejarla.

La vía fotofísica no modifica la estructura química de las moléculas. La forma de transmitir esa energía excedente es a través de la emisión de luz o la transferencia de calor.

Los procesos radiativos ocurren cuando las moléculas excitadas transmiten luz, dicha emisión se da por medio de la fluorescencia o por la fosforescencia.

En la transmisión no radiativa la transmisión de la energía extra se da a nivel intramolecular y es conocida como «relajación vibracional».

En las moléculas orgánicas la luz interactúa de manera diferente; de este aspecto se encarga la Biofotónica.

Procesos no radiativos. Cuando una molécula en estado excitado pasa a un estado de menor energía, pero sin emisión de radiación electromagnética (luz), la transición está dada por la transferencia intramolecular de energía; es decir, una transición que ocurre entre estados cuánticos de una molécula sin necesidad de perturbaciones externas como colisiones entre partículas. Por ejemplo, en la conversión interna y el cruce intersistemas, las transiciones dejan a la molécula con un exceso de energía vibracional; en solución, esta energía es rápidamente removida por colisiones con moléculas del solvente en un proceso denominado relajación vibracional.

También es posible abordar los fenómenos que describen las interacciones de luz con las moléculas desde una perspectiva diferente. Ese enfoque está sugerido por la Biofotónica, ciencia encargada del uso de la luz en aplicaciones biológicas y médicas para estudiar procesos orgánicos, por lo cual esa aplicación está más enfocada a moléculas orgánicas.

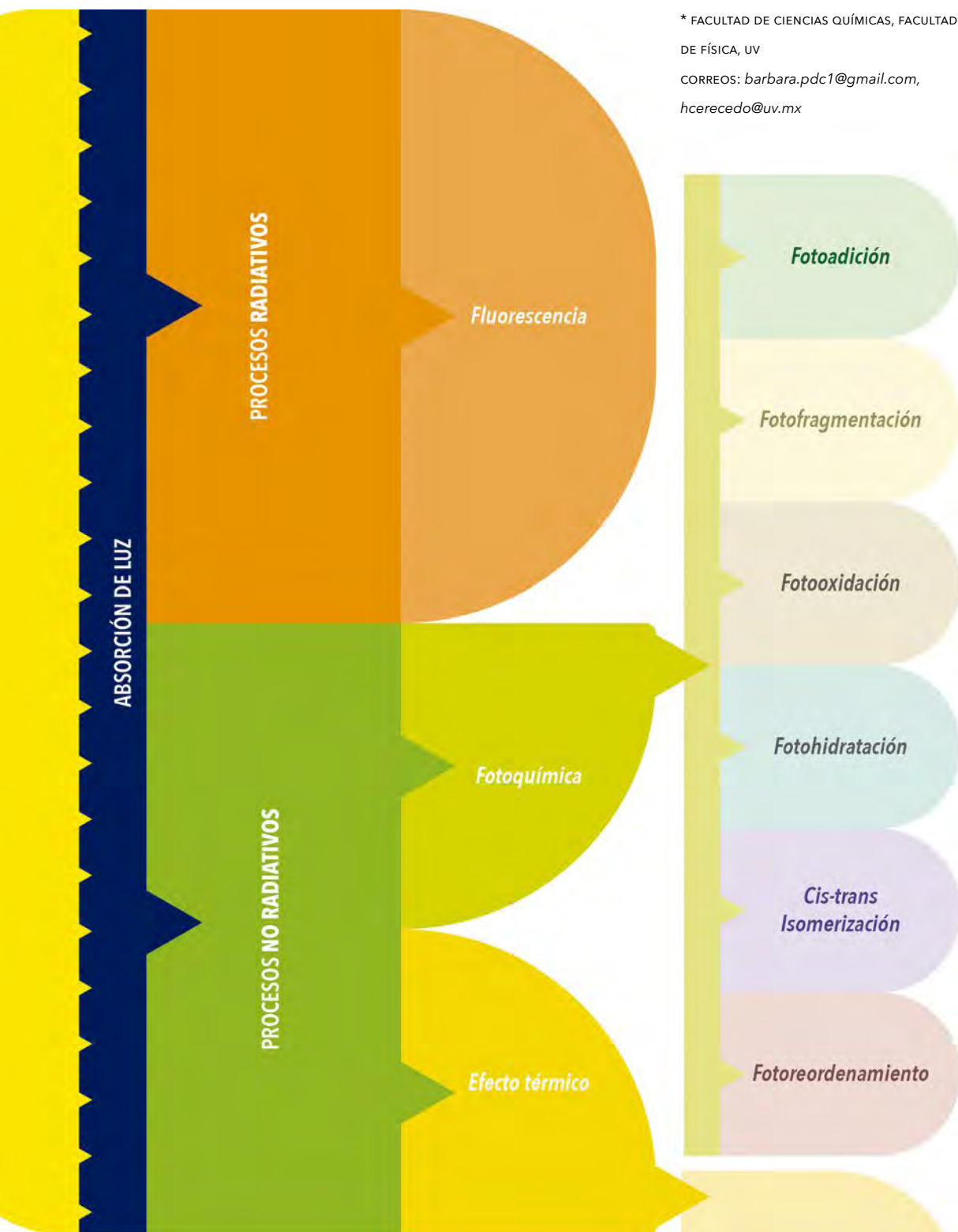
Se pueden clasificar las interacciones de la luz con dichas moléculas en dos caminos diferentes: los procesos radiativos y no radiativos. Ambos se distinguen por tener diferentes formas de desexcitación, ya sea por la emisión de luz (procesos radiativos) o sin necesidad de emitirla (procesos no radiativos). Por el lado de los procesos radiativos, para el caso particular de componentes biológicos se encuentran fenómenos como la fluorescencia y en algunos casos fosforescencia, mientras que por la parte de los procesos no radiativos se desprenden dos líneas que pueden seguir las moléculas para alcanzar un estado de menor energía (estado basal): efectos térmicos y fotoquímica.

Los efectos térmicos resultan de la conversión de la energía de la luz a calor, a través de una combinación de procesos no radiativos como la conversión interna, el cruce intersistemas y las relajaciones vibratorias. Para el caso de la fotoquímica, la interacción de la luz con las moléculas se da a partir de una transformación química de dichas moléculas, ya sea por la emisión o absorción de radiación electromagnética de cierta longitud de onda. No existe sólo una forma de transformación, ya que depende tanto de las moléculas como de la forma de excitación de éstas, es así como podemos encontrar diferentes tipos de reacciones fotoquímicas, resultando importante la luz en dichos procesos. ▀

Gráfico 2. Clasificación por procesos radiativos y no radiativos

GRÁFICO 2. PRASAD, P. N. (2003). *INTRODUCTION TO BIOPHOTONICS*. NEW JERSEY: JOHN WILEY & SONS, INC.

* FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FACULTAD DE FÍSICA, UV
 CORREOS: barbara.pdc1@gmail.com, hcerecedo@uv.mx



LECTOR INTERESADO:

- Atkins, P. y J. De Paula. (2008). *Química física*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Cabildo Miranda, M. (2012). *Procesos orgánicos de bajo impacto ambiental. Química verde*. Madrid: UNED.
- De la Rosa Acosta, M. A. (2005). *La luz en biología: aplicaciones de interés agrícola e industrial*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Lorente, C. (2003). *Fotofísica y propiedades fotosensibilizadoras de pterinas en solución acuosa*. Argentina: Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Exactas.

(i) Luz convertida en calor local por IC y/o ISC y relajación vibratoria.

(ii) Conducción térmica a otras áreas


FRACTALES: PATRONES Y NATURALEZA

ISAAC J. CABALLERO*

En la naturaleza existen formas geométricas que se repiten a diferentes escalas formando patrones. A este fenómeno estructural, en el que un objeto puede tener exactamente la misma forma o al menos parecerse a las partes que lo conforman, se le conoce como autosimilitud y es una propiedad de los fractales.

Los seres humanos nos caracterizamos por ser curiosos. Desde pequeños nos interesamos por las formas, los sonidos y el funcionamiento del exterior; aprendemos los nombres de las figuras geométricas básicas: triángulos, rectángulos, círculos, etc. En la secundaria y el bachillerato estudiamos nuevas formas geométricas, sin embargo, cuando empezamos a observar los objetos a nuestro alrededor notamos que, en la naturaleza, éstas no aparecen como tales.

En la experiencia cotidiana vemos que los objetos se comportan de manera compleja, ya que no hay formas que correspondan exactamente a la figura geométrica que evocan. Es conveniente en este punto recordar la visión platónica, opuesta a la aristotélica, que sos-



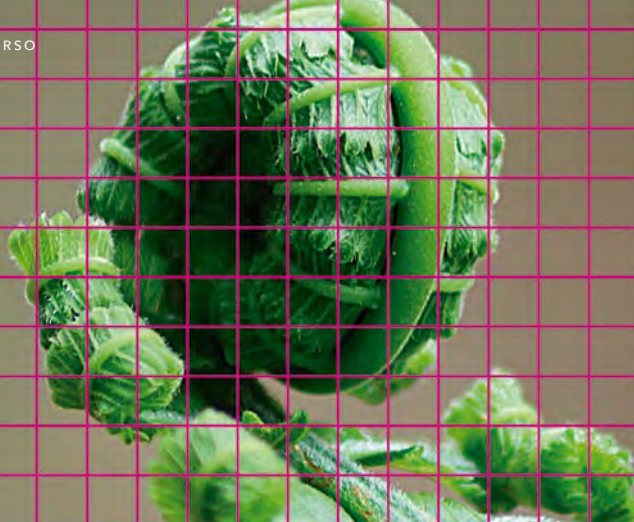
**La geometría fractal
es la rama de las
matemáticas que
estudia el
comportamiento de
los objetos
autosimilares.**

El término «fractal»,
propuesto por
B. Mandelbrot, en
*The fractal geometry
of nature*, denomina
a los objetos que
poseen un patrón
de repetición a
diferentes escalas.

tiene la Teoría de las Ideas, la cual afirma que todos los entes del mundo sensible son imperfectos, deficientes y participan de otros entes perfectos (las ideas) de los cuales son copias defectuosas; mientras que para Aristóteles el mundo es uno solo, sin compartimentos.

Algo muy curioso sucede en la naturaleza, ya que pareciera tener un comportamiento autosimilar. Pero, ¿qué implica esto? Podríamos decir que su forma sigue un patrón que se repite constantemente. Por ejemplo, si observamos un helecho podremos notar que su estructura se repite a ciertas escalas, o al contemplar un día nublado descubrimos que las nubes son similares, es decir, que las nubes se

FRACTAL DE FRIDA BULOS



Estudiar los fractales puede ser muy útil para diversas disciplinas, desde la cosmología, la medicina, hasta las artes visuales.

parecen a otras nubes y no hay una figura que pueda describir su forma, más que la de ellas mismas. Sorprendentemente, este fenómeno se encuentra de forma frecuente en la naturaleza, la cual exhibe ese mismo patrón de autosimilitud.

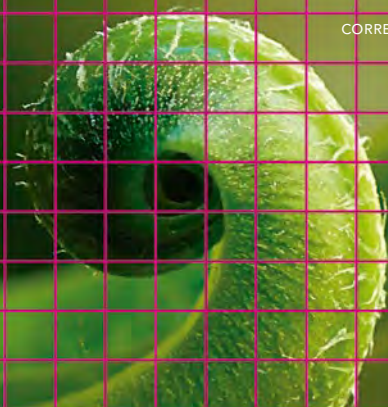
Existen muchos ejemplos más, como es el caso del brócoli, el de la distribución de una serie de montañas o las carreteras que a diario transitamos (estas dos últimas, desde luego, tienen que ser observadas desde una gran altura para poder ver la autosimilitud). A esos patrones se les conoce como fractales, palabra derivada del latín *fractus* que significa «roto» o «quebrado»; el término fue propuesto por B. Mandelbrot en su libro *The fractal geometry of nature*, para referirse a los objetos geométricos que siguen un patrón de repetición a ciertas escalas y que aparecen en la naturaleza.

El estudio de estas entidades conforma una nueva rama de las matemáticas: la geometría fractal. En este punto es necesario hacer notar que, pese a que se usa el término fractal de manera común, no se tiene una definición matemática rigurosa acerca de esos comportamientos similares.

Existen diversos tipos, los más comunes son aquellos que surgen de la repetición del mismo patrón geométrico una y otra vez; hay también fractales que se definen por la probabilidad de que sea repetible el patrón, otros surgen puramente de un análisis gráfico de funciones matemáticas en el plano complejo, conocido como conjunto de Mandelbrot/Julia, que se logra mediante el llamado Método de Newton.

Quizás el concepto más importante de la geometría fractal es el de dimensión fractal. En nuestro mundo cotidiano estamos en contacto con tres dimensiones espaciales las cuales solemos enumerar y representar, de manera que una dimensión puede ser imaginada como una línea recta, dos dimensiones como un plano y tres dimensiones como algo con un volumen. Tales dimensiones van aumentando de uno en uno; dicho de otra manera, el número de dimensiones siempre es un número natural (1, 2, 3...) y a esto se le llama dimensión topológica o, en lenguaje ordinario, dimensiones cotidianas.

Una vez que vemos cómo funciona nuestro mundo cotidiano podríamos pensar, ¿qué pasaría si en lugar de tener una dimensión cotidiana tuviéramos una dimensión no cotidiana? A la que está compuesta por un número con decimales, es decir, por un número real, se le llama dimensión fractal.



Imaginemos que tenemos un fractal, como un helecho. Si midiéramos el helecho sobre una hoja cuadrículada podríamos ver cuántos cuadritos abarca su silueta; si realizáramos este mismo procedimiento de contar cuadritos con una "repetición del helecho", como una rama del mismo, y las comparamos, tendríamos entonces una idea de lo que es la dimensión fractal. Esta dimensión, al final, lo que nos dice es en qué factor o de cuánto en cuánto se va repitiendo el comportamiento fractal.

Ahora bien, es natural que nos preguntemos para qué nos sirve esto. En realidad esta pregunta no puede tener una sola respuesta, ya que los fractales aparecen en todos lados, desde teorías físicas que tratan de describir el comportamiento de la naturaleza, y donde se usa la geometría fractal, o por ejemplo para hacer cosmología o describir desde fenómenos caóticos hasta modelos biológicos que se rigen por la probabilidad de que un patrón sea repetido. Por ejemplo, el fenómeno conocido como movimiento browniano, el cual consiste en un movimiento aleatorio como el que se observa en el movimiento de ciertas bacterias.

Y no es el único uso que se le da a este tipo de patrones, algunos artistas han realizado obras que siguen alguno de ellos. Así, se puede decir que una característica de los fractales es su versatilidad, ya sea para hacer modelos matemáticos, para representar ciertos aspectos físicos del mundo o para deleitarnos en obras plásticas. Es por ello que actualmente se desarrollan muchas líneas de investigación en las que se usa geometría fractal. Entonces, es muy posible que lo que haces en tu día a día se pueda resumir en un fractal. ▀

Además de las dimensiones cotidianas, existe una dimensión fractal que es producto de la recursividad o autosimilitud, que indica cómo y cuánto se repite un fractal.

LECTOR INTERESADO:

Naumis, G.G. (2017). *Fractales*. Recuperado de: <http://www.fisica.unam.mx> y <http://www.fisica.unam.mx/personales/nauis/fractales.php>.

Mandelbrot, B.B. y R. Pignoni. (1983). *The fractal geometry of nature*. Nueva York: WH Freeman.

Mandelbrot, B.B. (1993). *Los objetos fractales. Forma, azar y dimensión*. Tusquets Editores, S.A.

LA DIABETES ABORDADA CON CIENCIA DE DATOS

LUIS ALFONSO ORTEGA-SÁINZ, IRVING O. MORALES Y EMMANUEL LANDA*

Para dilucidar sobre un fenómeno es necesario ver al sistema como un proceso colectivo, donde la dinámica espacial y temporal puede ayudar a revelar patrones o factores del entorno de los individuos; por lo tanto, contar con estadísticas históricas y actuales, y de ser posible con información georreferenciada, permite una mayor comprensión del fenómeno.

En 2016, la tasa de mortalidad por diabetes en México fue de 86.3 por cada 100 mil habitantes, casi cuatro veces más que a nivel mundial.

La diabetes tipo II o diabetes mellitus es un trastorno crónico-degenerativo que afecta a múltiples órganos; a diferencia del tipo I, aparece generalmente en la etapa adulta y está asociada a un exceso de peso. En los últimos años, esta enfermedad ha representado un problema de salud pública en nuestro país.

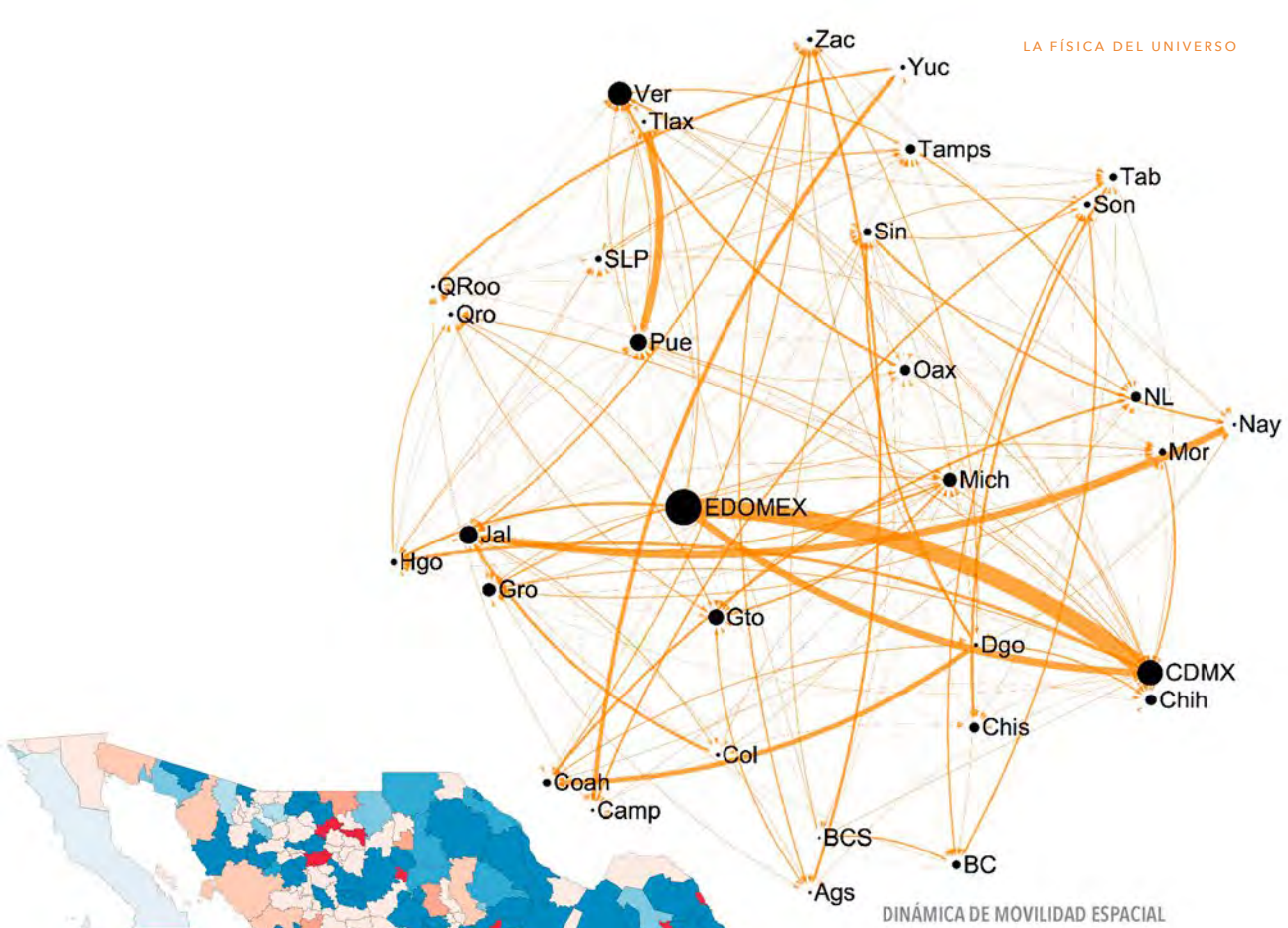
México ocupa los primeros lugares de obesidad en el mundo y es el número uno en obesidad infantil (Unicef, 2018). En los últimos años se ha observado un incremento en el número de defunciones por diabetes, siendo los principales factores de riesgo la obesidad y el sobrepeso; esto representa un desafío para las políticas de salud, que no solo requieren comprender la dinámica de la enfermedad desde la perspectiva del paciente, sino aplicar un enfoque sistémico que permita entender las múltiples interacciones involucradas.

Actualmente, no existe una base de datos diseñada de forma apropiada para estudiar la dinámica espacial de la incidencia de la diabetes, sin embargo, es posible utilizar los datos sobre defunciones a nivel municipal para buscar indicios que nos permitan entender mejor la problemática.

Esta contribución presenta un panorama específico de las defunciones por diabetes, a través de un análisis geoespacial aplicado a este grave problema, y con ello se busca tener un diagnóstico más certero que permita diseñar e implementar políticas públicas más eficaces y eficientes.

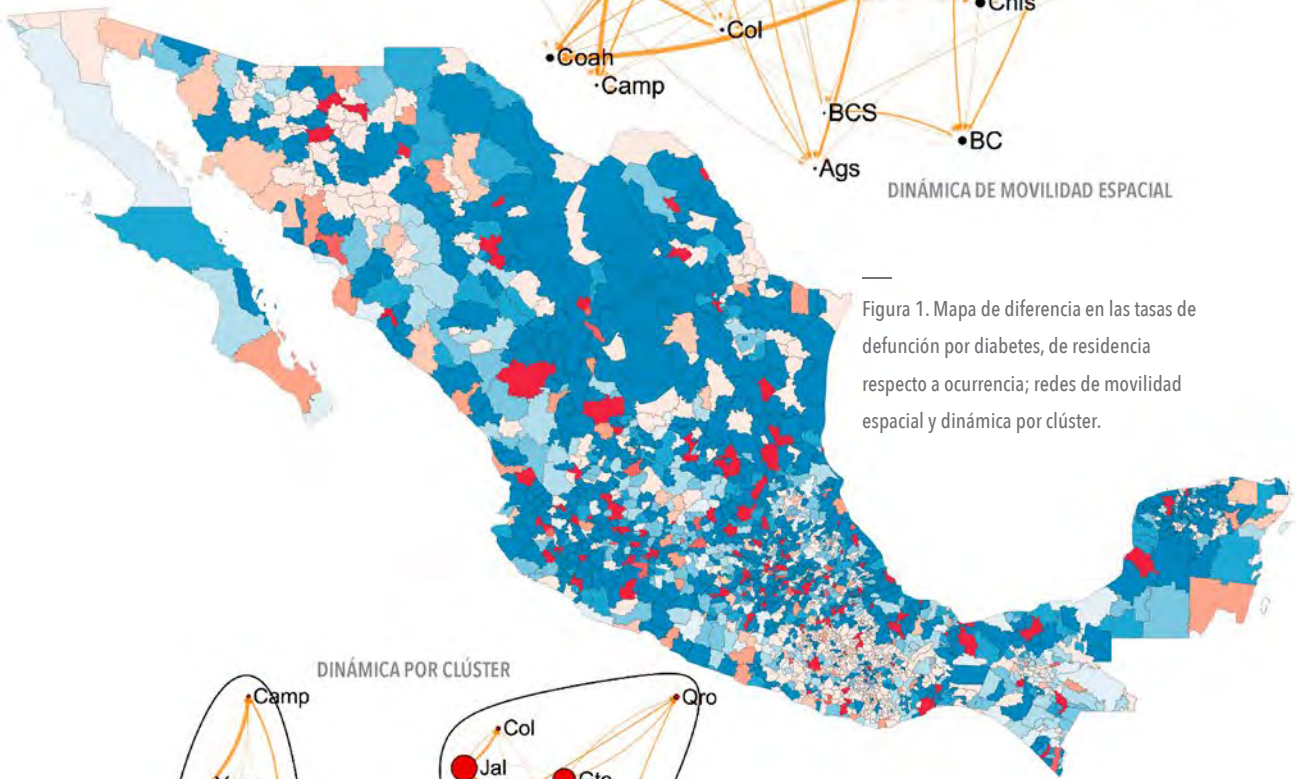
EL PROBLEMA Y LA SITUACIÓN ACTUAL

En México, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, siete de cada 10 adultos presenta obesidad o sobrepeso (ENSANUT, 2016). Una enfermedad crónica asociada estrechamente con la obesidad es la diabetes mellitus (Al-Gloaban, 2014). En México, en 2016, la tasa de mortalidad por diabetes fue de 86.3 por cada 100 mil habitantes, casi cuatro veces más que a nivel mundial (WHO, 2016). Este problema ha mostrado una tendencia creciente a lo largo del tiempo: entre 1990 y 2016 este indicador creció 191.6%,



DINÁMICA DE MOVILIDAD ESPACIAL

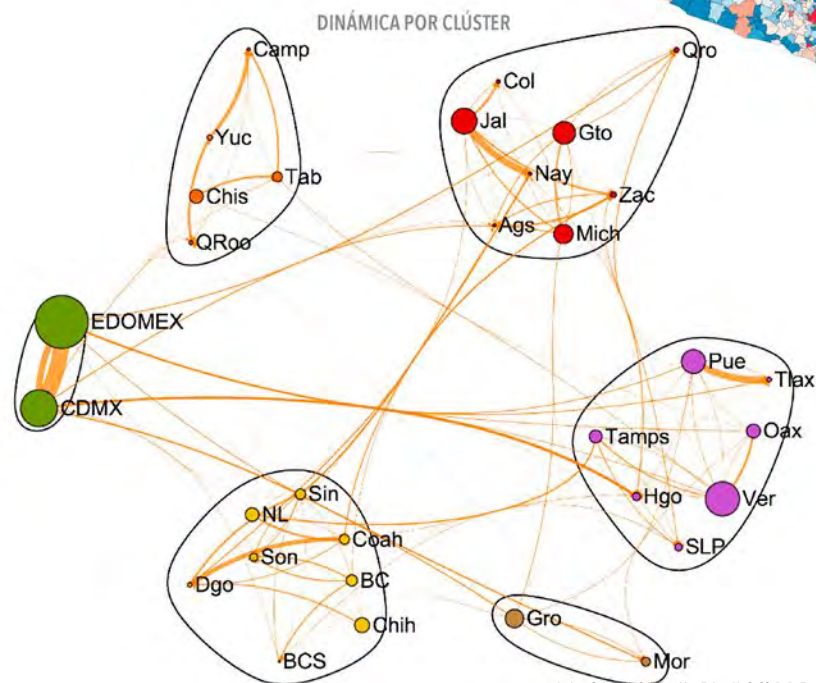
Figura 1. Mapa de diferencia en las tasas de defunción por diabetes, de residencia respecto a ocurrencia; redes de movilidad espacial y dinámica por clúster.



DIFERENCIA DE TASA 100 MIL HABITANTES

- < -20
- -20 | -15
- -15 | -10
- -10 | -5
- -5 | 0
- 0 | 5
- 5 | 10
- 10 | 15
- 15 | 20
- 20 | >

DIFERENCIAS: TASA RESIDENCIA | TASA OCURRENCIA, 2016



DINÁMICA POR CLÚSTER

Los censos y estadísticas nacionales pueden ser una herramienta útil para comprender la etiología de esta enfermedad, ya que revelan patrones de los pacientes y su entorno.

pasando de 29.6 a 86.3%; para 2016 la mayor tasa se registró en Ciudad de México (115.9%) y la menor en Baja California Sur (46.9%).

DINÁMICA DE MOVILIDAD DE LAS DEFUNCIONES POR DIABETES

Es importante mencionar que no basta con identificar a quiénes, a cuántos y en dónde afecta la diabetes, sino que es necesario conocer si los servicios de salud existentes son suficientes y adecuados para tratar este padecimiento. Una forma de aproximarlos es mediante el análisis de los desplazamientos que realizan los enfermos de diabetes para tratarse. Las estadísticas de mortalidad del INEGI permiten conocer el lugar de fallecimiento y el de residencia habitual de las personas que murieron a causa de diabetes.

Por ello, realizamos un mapeo de la distribución espacial a nivel municipal sobre las tasas de defunción por cada 100 mil habitantes, según el lugar de ocurrencia y residencia habitual. En la figura 1 se muestra la diferencia de las tasas de defunción de residencia habitual con respecto a las tasas de ocurrencia para 2016. Los colores en degradado azul corresponden a zonas donde la tasa de residencia es mayor que la de ocurrencia, efecto inverso con los colores degradados en rojo. Los municipios en color rojo más intenso corresponden a zonas urbanas donde se ubican las grandes ciudades del país, donde la infraestructura médica para atender a los pacientes es mayor.

Para conocer con precisión los flujos de personas que mueren en otra entidad se realizó un análisis de redes. La figura 1b muestra la "red de movilidad", red dirigida y pesada donde cada vértice representa una entidad y cuyo tamaño está ponderado con las defunciones totales, mientras que los enlaces dirigidos entre entidades están ponderados en función del total de las defunciones registradas para cada estado.

A primera vista la red muestra los atractores (hubs) más importantes, los cuales son Estado de México, Ciudad de México, Veracruz, Jalisco y Puebla. Los enlaces con mayor peso indican mayor flujo de personas que mueren en otra entidad diferente a aquella de su residencia habitual, esto se explica por la cercanía geográfica y sugiere un posible déficit de infraestructura o de cobertura de los servicios de salud. La figura 1b también muestra los clústeres de la red de movilidad.

POBLACIÓN VS. DEFUNCIONES POR DIABETES

El análisis de valores atípicos entre las defunciones por diabetes y su relación con la población permite encontrar los lugares donde la problemática es mayor. Estimamos un modelo lineal que nos ayuda a conocer si se cumple una ley de escalamiento entre ambas variables (Bettencourt, 2013). Este análisis hace posible encontrar las regiones que se desvían de la tendencia que se observa en la generalidad del país.

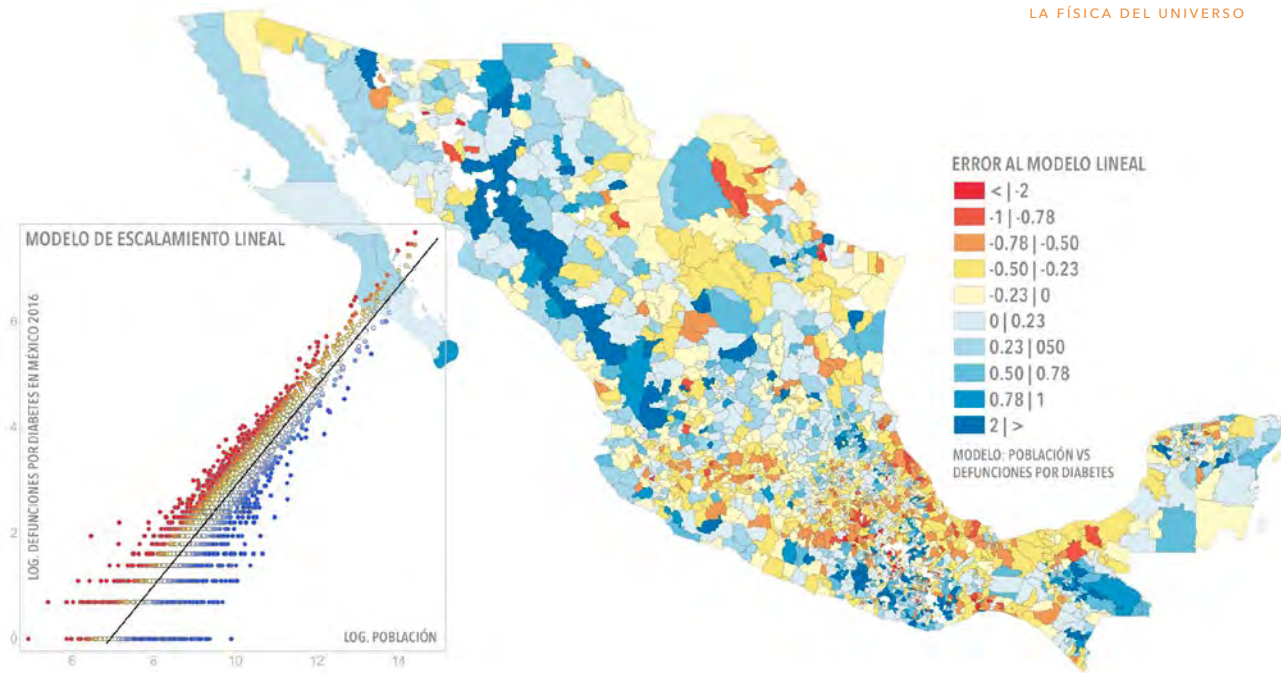


Figura 2. Defunciones por diabetes en México, 2016.

El análisis geoespacial permite identificar el tipo de problemática por región y facilita la toma de decisiones para implementar políticas de salud.

El modelo es el siguiente: $Y = Y_0 N^{\beta}$, donde Y es el número de defunciones y N la población. El ajuste lineal se muestra en la figura 2 a través de una regresión lineal del modelo de escalamiento. En algunos casos la desviación puede explicarse por la baja densidad poblacional, ya que existen municipios como Unión Hidalgo en Oaxaca o Santa Isabel Cholula en Puebla, con una densidad poblacional moderada que presentan defunciones muy por arriba de su valor esperado. También se pueden identificar municipios, como Martínez de la Torre en Veracruz, Macuspana en Tabasco y Azcapotzalco en CDMX, también entre las localidades con mayor densidad poblacional, donde el problema es significativamente mayor al valor estimado. La figura 2 también muestra un mapa con los resultados de la relación lineal y se observa que el número de defunciones es atípicamente alto con respecto a su población.

CONCLUSIONES

Es imprescindible contar con instrumentos de análisis sobre factores que desencadenan la obesidad y la diabetes en México, pues conocer las causas, la magnitud y geografía de este padecimiento permitiría diseñar estrategias más eficaces. Es así como, el análisis espacial y de redes, entre residencia y ocurrencia, sugiere que la infraestructura de salud para atender a personas con diabetes es insuficiente y es de vital importancia aumentarla en zonas alejadas de las grandes urbes.

LECTOR INTERESADO:

Al-Gobla *et al.* (2014). Mechanism linking diabetes mellitus and obesity. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 7:587-591.

Bettencourt L., M.A. (2013). The origins of scaling in cities, *Science*, 340:1438.

INEGI. (2016). *Estadísticas vitales, defunciones generales y fetales. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.*

*DATA LAB MX

CORREOS: lo@datalabmx.com,

im@datalabmx.com, el@datalabmx.com

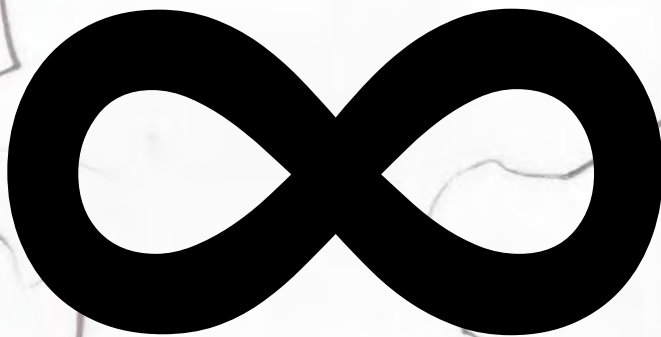
GRÁFICAS ELABORADAS POR LOS AUTORES DEL ARTÍCULO CON

BASE EN DATOS DEL INEGI (2016).

NADA S



DIOMIRO MANUEL ILLANES CALDERÓN



Y

Comparado con el Universo Infinito
soy una minúscula cantidad de Materia
soy una minúscula cantidad de Tiempo
soy una minúscula cantidad de Energía

...

...

...

que emite débiles sonidos, para decir:

¡Aquí estoy!

Cuando muera,

de mí solo quedará

¡polvo!

Pero he vivido siendo: arrogante, vanidoso, ególatra...

creyéndome una creación superior y el centro del Cosmos

para no sentirme lo que realmente soy:

.000...

... de Tiempo, de Materia, de Energía... En fin, solo polvo en el Cosmos. ▀

HACHE-DE

WULFRANO ARTURO LUNA RAMÍREZ



Iba surcando el viento como "alma que lleva el diablo". No, no llevada por el diablo, sino llevándolo a Él. Avanzaba impecable en trayectoria semirrecta, anunciando con un silbido melódico su carácter de portadora del mal. Suave silbido arrancado dolorosamente por ese calor que le disolvía las sólidas entrañas, aullido de bestia herida que acompañaba y apuraba feroz su metálico vuelo.

Incandescente barril de muerte girando a tres-mil-revoluciones-por-segundo, ejerciendo una libertad forzada, lograda a base de pólvora. Sibilante siempre, fue a posarse en una alcoba ósea y redondeada, cubierta por una espesura de maleza negra. Donde, al entrar, provocó un crujido en la estructura huésped y siguió su paso internándose en una masa viscosa que, a su contacto, silenció definitivamente aquel canto demoníaco. Su calor se comenzó a disipar relativa y lentamente, quemando y provocando un derrame de líquido rojo; manantial que se desbordaba insaciablemente, huyendo hacia una libertad no imaginada.

La desalojaron con cuidado extremo, rodeándola con metales hirientes, abrazando su cuerpo hasta sofocarla. Un crujido se escuchó de nuevo en el huésped. Al irse le dejó un orificio como agradecimiento por el abrigo involuntario. Más líquido rojo emanó, pero esta vez quedó atrapado por la voraz absorción de una tela tan rugosa

y blanca como desechable. Un olor tenue se esparció en el aire. El hombre de blanco escribió sin mucho interés unos caracteres irregulares y monótonos sobre la superficie grisácea del papel electrónico cuyos bordes están enmarcados por la repetición continua de las siglas FBD en color verde oscuro. Milisegundos después, la Estación de Rescate y Contención actualizaba el reporte con el chorro de bits que le entregaba la transmisión desde lo lejos: "extracción de ojiva de alto calibre, uso exclusivo de las Fuerzas Brutas del Desorden, pieza alojada en el lóbulo temporal, paciente sin daños aparentes, espectador de tele-reacción remota..."

Para el dueño era, en efecto, temporal, le daba poco y mal uso; la lengua lo usurpaba o lo suplía constantemente, ayudada y animada por las imágenes que se introyectaban desde el tele-reactor, ya fuera en su versión casera, semi-portátil o de bolsillo.

Fue dado de alta pronto, sin más prescripción que la de no volver a levantarse durante las escenas de balaceras y jamás desentenderse de los comerciales. ▀

..000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...000...

ELEANOR ANNE ORMEROD:

LA PRIMERA ENTOMÓLOGA PROFESIONAL

MARÍA ANGÉLICA SALMERÓN

Lo curioso no es cómo se escribe la historia, sino como se borra.

Manuel Alcántara

En la articulación de las ciencias naturales se halla el nombre de Eleanor Ormerod, cuya obra es una clara muestra del modo en que las mujeres han contribuido al impulso que recibió la biología desde sus inicios formales en el siglo XIX y que la llevó a ocupar un lugar principalísimo en uno de sus campos específicos: la entomología.

Si bien su trabajo abarcó muchos y muy amplios campos de estudio, como la botánica y la agricultura, toda su obra tomó como centro y base de operaciones esta rama que, como parte de la zoología, se ocupa del estudio de los insectos. Por consiguiente, partiendo de la afirmación de Margaret Alic de que Eleanor Ormerod fue "tal vez la primera mujer que alcanzó la categoría de entomóloga profesional", proponemos

introducirnos en la obra de esta inglesa excepcional y mostrar los méritos por los cuales se justifica a cabalidad abrirle un espacio en la historia de estas ciencias.

En principio, y aunque esto provoque cierta perplejidad, hay que señalar que no fue sino hasta muy entrado el siglo XX que la biología fue considerada como un actividad científica propia también de las mujeres, y es que en el siglo XIX -siglo que le tocó en suerte vivir a nuestra científica-, no parecía del todo adecuada para alcanzar reconocimiento y rango al ser una ciencia que comenzaba apenas su trayecto como tal. Pero sucedió -y esto puede ya considerarse como una paradoja- que Ormerod encontró en este terreno el sitio apropiado para asentarse y



Eleanor A. Ormerod

desarrollar su obra pese a su condición de mujer, porque lo cierto es que ella y su trabajo alcanzaron un gran reconocimiento y renombre internacional. Dicho en otros términos, que pese a los inconvenientes que provocaba el hecho de que una mujer se entrometiera en asuntos que parecían concernir solamente a los varones, aquellos no constituyeran un obstáculo insalvable que evitara que Eleanor publicara sus investigaciones, impartiera conferen-

cias o llegara a ser miembro honorario de muchas instituciones y sociedades, y además se convirtiera en una reconocida consultora de la Real Sociedad de Agricultura de Inglaterra, lo que subraya el hecho de que el trabajo científico de esta mujer fue abierta y ampliamente aceptado y reconocido, y no solo ello, sino que tuvo tal impacto que su propia época no tuvo empacho en reconocerla como una verdadera profesional en su ramo.

Después de superar la consabida y tradicional educación informal y autodidacta, Eleanor Ormerod logró hacerse de un título profesional en agricultura, lo que no hace sino abonar la paradoja que comentábamos anteriormente, cuya peculiar manifestación radica en el hecho de

que siendo Eleanor una mujer, pudiera no únicamente acceder a un título universitario, sino que además acabara siendo considerada para impartir una cátedra de entomología económica, y ganadora de becas, medallas y múltiples reconocimientos, e incluso un doctorado *Honoris causa*. Cabe afirmar que los méritos de esta científica –desconocidos hoy día para nosotros, pero manifiestos y perceptibles para sus contem-

poráneos– nos obligan en cierto modo a volver hacia ellos nuestra atención y darnos a la tarea de presentarlos y reinsertarlos en la historia de la entomología.

Por eso, y justamente porque lo dicho hasta aquí nos pone tras las huella de una científica de evidente relevancia, es que la paradoja alcanza aquí su culmen, pues no deja de ser extraño que la memoria histórica de la ciencia sea capaz de

DISTINTAS Y DISTANTES: MUJERES EN LA CIENCIA

olvidar un nombre y una obra que, como los de Eleanor Anne Ormerod, significaron tanto para la época en que vivió. En efecto, este paradójico contexto nos conduce nuevamente no solo a cuestionar las andanzas históricas de la ciencia, sino también, y sobre todo, a revalorar el estatus intelectual y científico que caracterizó a las mujeres de otros siglos en razón de que muchas de ellas gozaron de reconocimiento y notoriedad, por lo que fueron en lo general aceptadas por las comunidades científicas y a veces incluso tratadas como pares por sus miembros. Lo anterior no significa que esas científicas no tuvieran que lidiar con el hecho de ser mujeres y se vieran enfrentadas a la serie de prejuicios que daban su tono a la época; de hecho, esto es algo que aún hoy, en pleno siglo XXI, sigue siendo el panorama esencial en la vida de muchas mujeres, por más que en las teorías y en la legislación se diga otra cosa. En fin, lo que intentamos poner de manifiesto es el hecho de que hubo mujeres que, no obstante que fueron reconocidas como grandes científicas en su época, terminaron olvidadas o prácticamente borradas de los registros de las generaciones posteriores.

Tal es el caso de Eleanor Anne Ormerod. Aun cuando la información que ha llegado hasta nosotros es escasa o incompleta, dar cuenta de algunos de los rasgos más importantes de su vida y de su obra nos hará posible comprender la razón de que se le repute como la primera entomóloga profesional.

Comencemos por decir que Eleanor nace en la pequeña villa de Sedbury, en el condado inglés de Gloucestershire, el 11 de mayo de 1828, en el seno de una familia acomodada e interesada en cuestiones intelectuales y científicas, hechos

ambos que habrán de influir significativamente en su vida. Haber nacido en una familia con tales características auguraba ya una cómoda existencia para la pequeña Eleanor, y podemos decir que prácticamente así fue, pues en la medida en que nunca tuvo necesidades ni premuras económicas fue que pudo dedicarse por completo a sus estudios e investigaciones; pero sobre todo tuvo la gran oportunidad de ser educada por unos padres que amaban la vida intelectual, y además convivir con hermanos que, al igual que ella, se interesaban en diversas ramas del conocimiento. En efecto, como hija de una ilustradora botánica y de un anticuario e historiador, Eleanor fue educada dentro de la tradición científica y humanista del siglo XIX, educación que igualmente recibieron todos sus hermanos, pues no es mera casualidad que tres de ellos se consagrarán a las ciencias naturales, y que en alguna etapa de su vida la misma Eleanor fuera su colaboradora o ayudante¹.

Así las cosas, al disponer de tales ventajas Eleanor tuvo la suerte de instalarse cómodamente en el mundo e iniciar la gran aventura científica que, en estricto orden cronológico, comenzaría a adquirir forma desde su más tierna infancia porque su interés por las ciencias naturales se manifestó casi de inmediato. Así, desde pequeña comenzó a interesarse en asuntos relacionados con las plantas y los animales de todo tipo,

¹ Se dice que trabajó con su hermana Georgina –quien fue miembro de la Sociedad Entomológica de Londres–, y que ayudó a William, anatomista y cirujano, a realizar algunas observaciones microscópicas, hecho que a su vez hizo que ella fuese también una experta en el uso del microscopio.

iniciando así sus estudios sobre dichos asuntos en la propiedad familiar. Permeada por esta peculiar vocación por la naturaleza, Eleanor centró entonces su atención en los insectos. Podemos imaginar a la pequeña Eleanor correteando por los campos en busca de caracoles y grillos u observando atentamente plantas y árboles, al tiempo que jugueteaba con los animales domésticos, y suponer también que todo ello sucedía al tiempo que su madre dibujaba los especímenes botánicos de los que se acompañaban los textos científicos en los que ella figuraba como ilustradora, y que su padre, George Ormerod, leía o escribía sobre los temas históricos que tanto amaba². Ciertamente, imaginar este cuadro puede darnos una visión del ambiente cultural en que la futura entomóloga comenzaba a desarrollar sus facultades, por lo que no podemos sorprendernos demasiado cuando se nos dice que sus cada vez más profundos conocimientos de la entomología y la agricultura comenzaron casi de inmediato a llamar la atención de quienes la rodeaban.

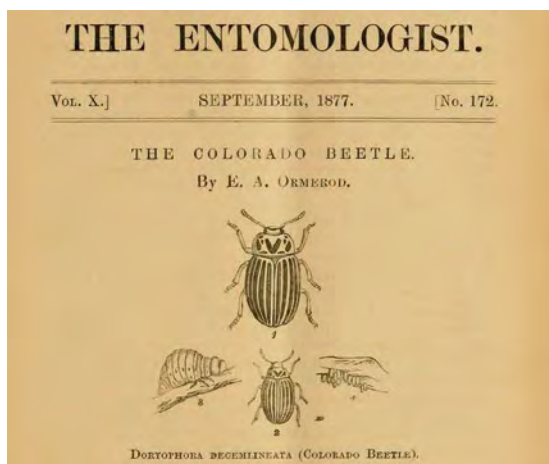
El caso es que Eleanor –quien además de manera totalmente autodidacta estudiaba latín y lenguas modernas, como el alemán y el francés– comenzó en la hacienda de Sedbury lo que ya sería su permanente quehacer. Al principio de manera informal y autodidacta, a la larga alcanzaría gracias a él un elevado rango profesional que la convertiría en una experta en su campo; sus observaciones y experimentos en torno de la vida de esas diminutas criaturas la consolidarían como una especialista cuyos trabajos, además de quedar registrados en varias publicaciones, mostrarían su aplicación efectiva en la vida cotidiana de los habitantes de la campiña inglesa. Y es que gran parte de la importancia del trabajo de Eleanor radica en su carácter científico teórico-práctico, pues es un trabajo que, basado en el conocimiento de la naturaleza y el método experimental, encontrará aplicación y efectividad tanto en el cuidado de los cultivos como en el de la salud de los animales domésticos, solucionando así los problemas más apremiantes que encaraban los campesinos de entonces. En efecto, la ciencia de Eleanor Ormerod fue en todos los sentidos una ciencia aplicada.

² George Ormerod fue autor de *The History of Cheshire*.

Ahora bien, tomando todo lo anterior como telón de fondo, es posible dar cuenta de los saberes científicos de Eleanor Ormerod y del alcance y proyección de su obra, ciencia y obra que comenzaron por convertirla en una celebridad local y que terminaron por catapultarla más allá de las fronteras inglesas hasta alcanzar un reconocimiento internacional. Cabe considerar que su trabajo, pese a su aparente sencillez, remite a un ejercicio estricto que, partiendo de un conocimiento cabal de la botánica y la zoología, se centra en la observación, experimentación y catalogación de insectos y plagas, con lo que finalmente ese saber encuentra su aplicación. Quizás hoy, con la aparición incesante de nuevas tecnologías, el trabajo de Eleanor nos pudiera parecer mera perogrullada, pero es justamente esta carencia de espectacularidad lo que da su peculiar tono y relevancia al ejercicio científico de la entomóloga inglesa.

Años de observación atenta y cuidadosa a las plantas y los animales le revelaron el secreto de las plagas y de las infecciones que los insectos podían provocar, las que dañaban no solamente los cultivos sino también a los animales y seres humanos. Por eso, cuando la científica comenzó a publicar sus diversos manuales sobre los insectos nocivos y los métodos de prevención, sus contemporáneos asumieron que dichos trabajos no únicamente contribuían a resolver en la práctica muchos problemas de su vida cotidiana, sino que detrás de dicha contribución subyacía una más profunda en virtud de que tales prácticas estaban sustentadas en un estricto y complejo conocimiento de la flora y la fauna, y sobre todo en estudios bien fundamentados sobre los insectos. La entomología, pues, comenzaba aquí a adquirir también un perfil femenino, y lo curioso de todo ello es que la mayoría no solamente se mostró dispuesta a reconocer ese perfil, sino que en torno al mismo comenzó a tejerse una red de comunicación de tal naturaleza que hizo posible –tal como debe ocurrir en cualquier ciencia que se precie de serlo– llevar a cabo un trabajo de equipo.

En 1868 la misma Real Sociedad de Horticultura se dio a la tarea de recopilar y coleccionar estudios en torno de los insectos de granjas con fines prácticos, reconociendo la contribución de nuestra científica al otorgarle la Medalla de Flora, un hecho paradigmático de suyo en cuanto a que



no solamente no se objetó que el trabajo de una mujer fuera puesto al lado del de sus pares varones, sino que además se le distinguiera por sus indiscutibles méritos. De ahí también que podamos decir que cuando Eleanor comenzó a publicar sus primeros informes, el camino hacia la fama y el mérito internacional estaba prácticamente pavimentado en virtud de que el resultado de todas esas publicaciones representó para la entomóloga la convalidación de una estrategia que cimentaría toda su ciencia, cuyo vértice fundamental se afianzaba en un verdadero trabajo de equipo, pues dichas publicaciones propiciaron una correspondencia tan copiosa que hizo que Eleanor hallara interlocutores en todo el mundo, y que a partir de ahí su trabajo estuviera marcado por este interminable diálogo. La relevancia de tal suceso no es asunto menor si se piensa que, dado que la ciencia exige siempre un ejercicio de colaboración, el hecho de que una mujer hubiese atraído la atención de una cohorte de estudiosos hacia su trabajo, incluidos tanto científicos como granjeros y ganaderos, habla por sí solo de la reputación y confianza que se tenía en los estudios realizados por esta mujer, lo que a su vez refleja el talante científico de Eleanor. En la medida en que supo desde el principio abrirse al diálogo y a la colaboración (se dice que su correspondencia científica llegó a ser de unas 1,500 cartas al año), las investigaciones propias y las de los demás se vieron grandemente beneficiadas.

Visto de ese modo, cabe afirmar que el trabajo científico de Eleanor tuvo como premisa fundamental el saber integrar a sus estudios las experiencias de quienes se preocupaban de estas cuestiones, fuesen o no científicos, y así también el comunicar las suyas propias, dando cuenta de sus fuentes y de los resultados de sus experimen-

tos. Así, el modo de proceder de la entomóloga –en estricto apego al primado básico de la ciencia– fue llevar a cabo su quehacer en una constante confrontación y un pleno respeto y reconocimiento a otras posturas y opiniones.

Si la ciencia es un *nosotros* –parecería pensar la inglesa–, no podemos sustraernos a ninguna opinión o consideración, ni minimizar los que a ese propósito pueda proporcionarnos nuevos conocimientos. Y esta cuestión es ya una ventaja que Eleanor habrá de ir aprovechando en beneficio de su propia obra, pues el trabajo en equipo le permitía atender los estudios de muchos otros científicos, al tiempo que tomaba en cuenta las experiencias de la gente común, como los ganaderos, terratenientes o pastores, las que confrontaba con sus propias observaciones y experimentos. Pero lo más relevante aquí es el hecho de que Eleanor siempre tuvo el cuidado de dar cuenta estricta de sus fuentes y de reconocer a todos aquellos que le aportaban algún conocimiento.

La solidez y originalidad de su obra es fruto del esmero y del cuidado puesto en cada una de sus observaciones y descubrimientos anatómicos, los que mostraba en dibujos y diagramas que ella misma elaboraba. Así, sus textos contienen descripciones de los insectos y de los efectos que provocan en plantas y animales, al igual que ilustraciones que ayudan a la mejor identificación de los insectos.

Una vez terminados estos trabajos, los ponía a disposición del público a través de diversas publicaciones que ella misma pagaba y distribuía, los que afortunadamente –como se decía líneas atrás– eran recibidos con entusiasmo y abonados con las opiniones, consejos y experiencias de todos los interesados en estas cuestiones.

Por ello, si seguimos la trayectoria de sus trabajos, nos daremos cuenta de que la obra de Eleanor Ormerod no únicamente tiene su propia impronta, sino que muestra además la huella de la ciencia de su época, a la que en ocasiones también debió enfrentar. Sus estudios sobre las plagas de insectos y la forma en que aconsejaba combatirlos mediante sustancias químicas, tales como el queroseno, el aceite mineral o simplemente el agua y el jabón, contrastan con su recomendación de usar plaguicidas elaborados a base de arsénico, plaguicidas ya desde entonces muy criticados y discutidos, pero que Eleanor

defendió empeñosamente. De igual forma, esos trabajos dan cuenta de la relevancia y valor que en su momento adquirió su obra toda, pues los premios y honores que recibió en vida muestran la alta estima en que se tenían sus conocimientos y su profesionalidad, por los que recibiría el reconocimiento pleno de la comunidad científica.

Digamos ahora algo en torno de esa trayectoria, y para ello comencemos por señalar que el acontecimiento que marca el recorrido profesional de Eleanor viene dado por la adquisición de su grado universitario en agricultura otorgado por la Universidad de Edimburgo, hecho del que da fe un cuadro que actualmente cuelga de un muro del edificio Old College de esa universidad, el cual proclama orgullosamente que Eleanor fue la primera mujer en Edimburgo en graduarse con honores³. A partir de aquí, y aprovechando sus conocimientos universitarios, pero sin abandonar su fundamental interés por los insectos, Eleanor se concentrará en sus investigaciones sobre esos pequeños seres y en el estudio de las plagas, al tiempo que se ocupará en encontrar los métodos adecuados para combatir los daños y enfermedades que provocan, cuyo fruto será precisamente una serie de publicaciones en las que detalla y explica sus teorías y remedios.

Se tiene el registro de que su primer trabajo data de 1873 y de que fue publicado en el *Journal of the Linnæan Society*, pero fue a partir de la edición de su folleto sobre insectos dañinos, *Observación de insectos perjudiciales*, hecha en 1877, que Eleanor comenzó su fructífero diálogo científico del que hablamos con anterioridad, pues la recepción de ese texto vino acompañada de una prolífera serie de comentarios y observaciones. La publicación del folleto fue de suyo un acontecimiento, pues el que fuese distribuido gratuitamente por la propia autora a todos los interesados nos muestra el talante científico de Eleanor en cuanto a su idea de brindar soluciones prácticas a problemas concretos. Sabemos que su trabajo ayudó efectivamente a la prevención de plagas y a la mejora de la agricultura, pero

³ Las fuentes consultadas constatan el hecho de que Eleanor estudio agricultura, pero ninguna de ellas da cuenta del modo ni del contenido de dichos estudios. Hasta donde hemos podido averiguar, todo indica que Eleanor inició sus estudios en 1852, cuando tenía 24 años.

también nos muestra la vocación comunicativa y dialógica que tenía un lugar principal en su labor, ya que de inmediato pudo revisar y analizar los distintos resultados de las investigaciones que recibía. Todo ello tuvo como resultado el que la entomóloga pudiera ampliar y desarrollar los resultados de sus propias investigaciones, logrando con ello elaborar una serie anual de informes sobre insectos perjudiciales y plagas en los que se hacían recomendaciones a los agricultores y ganaderos. Ejemplo de ello fue su informe sobre el renzo, una mosca parásita cuyas larvas perforan la piel del ganado, informe en el cual incluía indicaciones que ayudaron a aliviar el sufrimiento y salvaron la vida de muchas reses en Inglaterra. Fue esta serie anual su empresa más ambiciosa, misma que se materializó después en el *Informe Anual* sobre entomología económica, publicado de 1877 a 1900.

Además de esos folletos, Eleanor publicó otra serie de estudios: en 1881 aparece su *Informe de observaciones a la mosca de la cebolla* y el *Manual de insectos perjudiciales, con los métodos de prevención y reparación*, del que se hizo una segunda edición en 1890 y que contiene un anexo con una breve introducción a la entomología. En 1844 aparece su *Guide to methods of insect life*; en 1891 la *París-verde (o esmeralda verde): usos y métodos para su aplicación como forma de acabar con las orugas de polilla de huerta* y en 1898 el *Manual de insectos perjudiciales para la huerta y arbustos frutales*. Finalmente, en 1900, un año antes de su muerte, publica *Flies injurious to stock*. Estos trabajos dan cuenta del porqué Eleanor fue reconocida como una autoridad en su campo y una verdadera profesional en el ámbito de la entomología económica, especialidad de la que ella fue pionera.

Así las cosas, no puede sorprendernos que Eleanor fuera requerida por instituciones y sociedades científicas para fungir como colaboradora y consejera, como es el caso de la Real Sociedad Agrícola Británica, en la que fungió como entomóloga consultora durante diez años, de 1882 a 1892. Tampoco extraña que dictara conferencias en la Escuela Real de Agricultura de Cirencester, ni que fungiera "como testigo experto de la corte en casos de embarques de alimentos infestados y otros asuntos semejantes, realizando un trabajo que generalmente hacían

los entomólogos asalariados del gobierno⁴, o que fuera distinguida con la prestigiosa beca de la Sociedad Meteorológica, otorgada por primera vez a una mujer. Ciertamente no habría de extrañarnos, puesto que sus manuales se volvieron verdaderos clásicos, sus diversos trabajos fueron ampliamente leídos y citados y su obra en general alcanzó estatura internacional, razones por las cuales fue galardonada por instituciones de todo el mundo. Así, por sus trabajos sobre insectos perjudiciales y por su tratado *Los insectos perjudiciales de Sudáfrica* recibió medallas de oro y plata por parte de la Universidad de Moscú, y a su vez la Sociedad Nacional de Protección de la Naturaleza de Francia le otorgó en 1899 una medalla de plata.

Finalmente, recibiría un año antes de su muerte, como un último reconocimiento, el doctorado *Honoris causa* por esa misma Universidad de Edimburgo que la vio nacer como profesional, distinción que fue la primera mujer en obtener y que muestra que Eleanor Ormerod logró ser, ella sí, una profeta en su tierra.

Pero como no podía ser de otro modo, nuestra historia debe concluir revelándonos una nueva paradoja. Al final ocurrió que el mismo siglo que estuvo dispuesto a reconocer sin empacho su obra no pudo romper la barrera que le impondría el siguiente, y sucumbiendo de lleno a los prejuicios de la época no tuvo la prestancia necesaria para otorgarle el último reconocimiento que tal trayectoria merecía. Nos referimos en concreto al hecho de que, pese a haber sido recomendada en 1889 como profesora en la Universidad de Edimburgo para la cátedra de entomología económica, "especialidad recién creada y en la que ella fue pionera", al decir de Alic⁴ y, "a pesar de las dificultades para encontrar una persona idónea", según afirman Álvarez, Muñoz y Solsona⁵, tal merecimiento le fue negado por la sencilla y siempre poderosa razón de que, apelando a la condición femenina, se asume siempre que ningún puesto es de su competencia. Y en este caso así fue efectivamente, pues como denunciara en su momento la feminista Lydia Becker, "en Escocia no admiten damas profesoras".

⁴ Cf. Margaret Alic, p.141.

⁵ Cf. Álvarez, Muñoz y Solsona, p. 102.

Eleanor murió en 1901, en la inauguración del siglo XX, que anunciaba una nueva etapa en el sentido de que con él empezaba un nuevo proceso de reivindicación de los derechos de las mujeres, pero en el que paradójicamente se olvidó una vida y una obra dignas de ser recordadas. Es imperativo que la historia de la ciencia logre en algún momento romper el hechizo que pesa sobre Anne Eleanor Ormerod y se atreva ahora, en este siglo XXI, a rescatarla de las profundidades del olvido en el que yace. ▀



LECTOR INTERESADO:

- Alic, M. (1991). *El legado de Hipatia. Historia de las mujeres en la ciencia desde la antigüedad hasta fines del siglo XIX*. México: Siglo XXI.
- Álvarez L., Muñoz A., M.T. y Solsona P., N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.
- Claramunt V., T. (2017). *Mujeres en ciencia. Una historia incompleta (I)*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Claramunt V., R.M. y Claramunt V., T. (2012). *Mujeres en ciencia y tecnología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Mujeres que hacen historia- Breves biografías. Siglo XIX-Anne Eleanor Ormerod*. Disponible en <https://www.google.com/search?q=Mujeres+que+hacen+historia+-+Breves+biograf%C3%ADas.+Siglo+XIX-Anne+Eleanor+Ormerod&ie=utf-8&œ=utf-8&client=firefox-b>

SI NOS LO HUBIERAN DICHO ANTES

HERIBERTO G. CONTRERAS GARIBAY



Seguro estoy que entre las peores pesadillas que teníamos cuando cursábamos la secundaria o la preparatoria, incluso ahora con los estudiantes de esos niveles, está tener que estudiar y presentar un examen de Física; se trata de una de esas materias que la mayoría sí pudiera evitaría.

Números del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática o de la Secretaría de Educación Pública en México, muestran que por cada estudiante de una carrera de física, matemáticas o estadística, por ejemplo, hay 13 de otras áreas, sobre todo de Económico-Administrativas o Humanidades.

Creo que hay una conjunción de elementos que obstaculizan a esta ciencia (la física) para que los niños y jóvenes se interesen por ella; sin duda uno de los desaciertos es la falta de claridad en las unidades temáticas de los planes y programas de estudio en la secundaria y el bachillerato.

Si bien el planteamiento es real y acorde a los contenidos de la materia, no representa algo de utilidad inmediata en los estudiantes, quienes sólo la ven como un conjunto de fórmulas en el pizarrón.

Otro componente es el aislamiento a que la hemos llevado; no se le ha sabido explicar a los estudiantes qué implicaciones tiene con otras ciencias, con otras disciplinas; incluso no se muestra su importancia y lo cotidiana que es para el equilibrio de la vida misma.

No hemos sido capaces de transmitir su importancia, poder platicar a los estudiantes sobre cómo el movimiento del viento, por ejemplo, mueve aspas que a su vez hacen girar un generador que produce energía eléctrica con la que activamos nuestro videojuego o consola, o de dónde proviene la energía con la que recargamos la batería de nuestro teléfono celular.

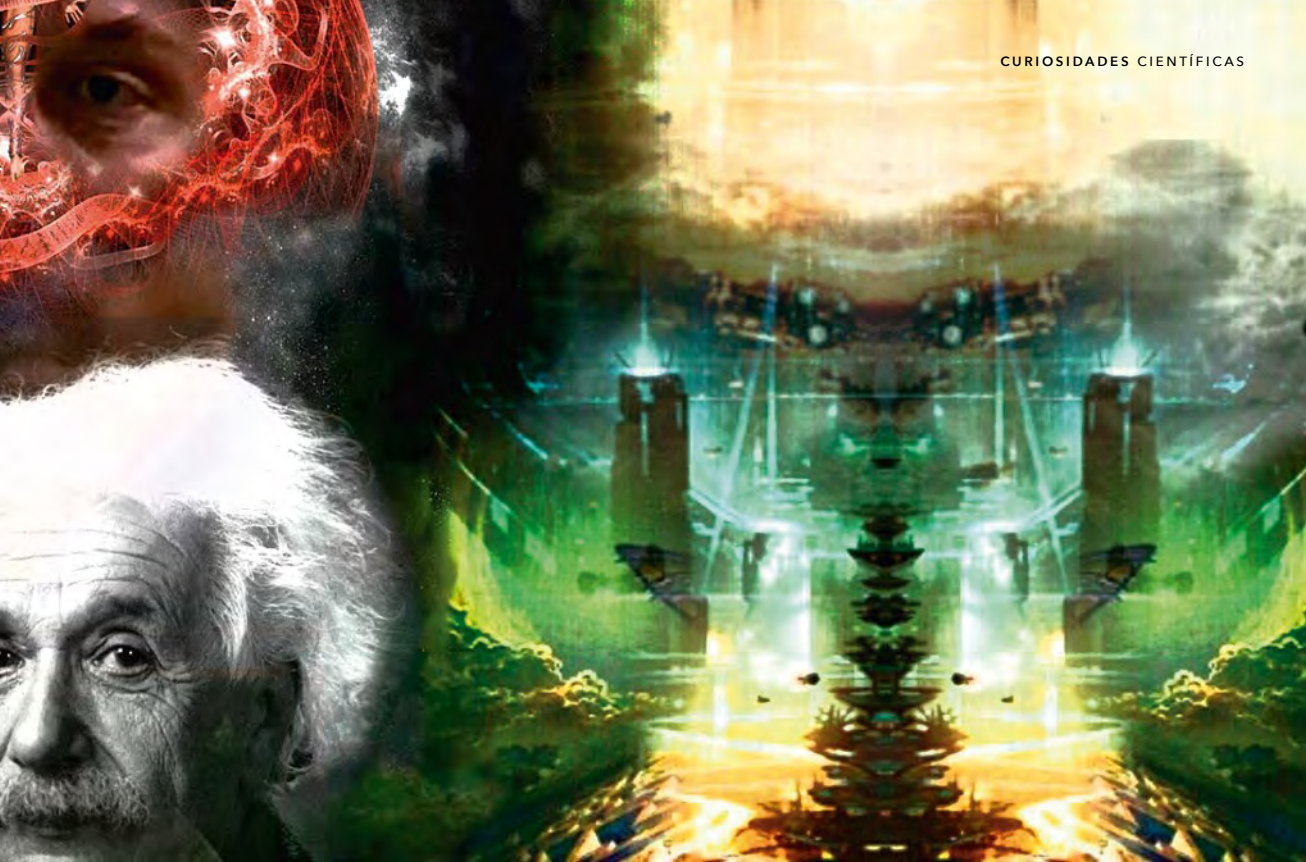
Podríamos explicarles de manera didáctica y simple cómo gracias al conocimiento de la frotación del viento con superficies metálicas, por ejemplo, es que los aviones logran volar y mantenerse en el aire llevándonos de un sitio a otro; de hecho, parte de esa fundamentación se muestra en la Tercera Ley de Newton: "para toda acción hay una reacción, de igual magnitud y en sentido contrario".

Cuando nos subimos a un elevador, construimos una casa, nadamos en una alberca, manejamos un automóvil, hablamos por teléfono o navegamos por internet podemos encontrar infinidad de escenarios y situaciones en los cuales la física juega un papel fundamental.

El tercero de los componentes de la ecuación por la cual la física no goza de la popularidad de un rockstar son los profesores. La profesión de "maestro de física" se encuentra estereotipada en un personaje gris que sólo él entiende lo que dice y escribe en el pizarrón, el cual llena de fórmulas, números y garabatos que sólo explica una vez y se vuelven una pesadilla, porque además pocas veces se provoca algún razonamiento por parte de los alumnos que les permita comprender lo ahí plasmado.

El profesor de física (en las escuelas secundarias y preparatorias) es uno de esos personajes que no ha evolucionado en cuanto a su imagen como docente, la perspectiva colectiva es que es uno de los más temidos en la escuela; comúnmente "los físicos" son introvertidos y hablan poco con los estudiantes.

Si bien lo expuesto son meras apreciaciones que incluso pueden ser subjetivas, lo cierto es que esa serie de factores continúan siendo una limitante para que la física sea una de las materias y campos de estudios preferidos por los jóvenes. El número de solicitudes de ingreso a las universidades son mucho menores en estas carreras.



SIN EMBARGO...

La física es una de las ciencias más utilizadas en el mundo, y a diario se aplica en la industria, en la casa, en la escuela, en todos lados. Es una de las ciencias naturales que más contribuciones ha aportado al desarrollo y mejora de la calidad de vida del hombre. La disciplina explica fenómenos, momentos, instantes, cálculos; fue una de las primeras formas de estudio que desarrolló el hombre, sobre todo cuando comenzó a intentar explicar el porqué de las cosas.

La física le da sentido a muchos eventos que ocurren a diario y que a los ojos de cualquier persona parecerían impensables. Las teorías más revolucionarias de la historia de la humanidad son teorías físicas, como la mecánica cuántica y la relatividad general, mediante las cuales se explican el macro y el microcosmos.

Esta disciplina científica estudia las propiedades y comportamiento de la materia y la energía, mediante fórmulas aplicadas describe cómo funciona la naturaleza; asimismo, analiza sus comportamientos y propiedades. A partir de la física se puede dar soporte científico a otras ciencias, como la biología o la química, también fundamentales para la naturaleza.

Actualmente, las industrias, los trabajos "mejor pagados", las empresas más poderosas en el mundo sustentan su fortaleza precisamente en la física. Los teléfonos celulares, la electrónica, la microelectrónica, las telecomunicaciones, la televisión, la digitalización de documentos, la informática, todos dependen del estudio de esta ciencia para funcionar.

Asimismo, Facebook, Instagram, Twitter, Youtube, Netflix, Tinder, Amazon, Google Play, Canva, Play Station, Xbox, Marvel, Star Wars, Disney, Mac, Samsung, Tesla, Pixar, por citar una breve

gama de marcas, productos y servicios que generan miles de millones de dólares en ganancias todos los días, marcan pautas y tendencias en la vida actual al ser consumidos por miles de millones de personas a diario; todos funcionan gracias a que hay un gran cúmulo de físicos sustentando plataformas, desarrollos e innovaciones, todo para que la humanidad los disfrutemos.

Cabe mencionar que los profesionales de esta disciplina que trabajan para grandes empresas reciben remuneraciones y salarios hasta diez veces por encima de un profesionista en otras áreas, eso ocurre en muchas partes del mundo, incluyendo los países desarrollados; de tal forma que ser profesional de la Física, pero sobre todo saber aplicarla es un excelente negocio.

Si entendemos que, incluso el entretenimiento es obra del estudio de la Física, de su aplicación, podríamos entonces decir que es más divertida de lo que imaginamos en aquellos momentos en los que nos enfrentamos a ese temido examen que durante semanas nos quitó el sueño. ▀

LECTOR INTERESADO:

Instituto Mexicano para la Competitividad. <https://imco.org.mx/publicaciones-imco/#/>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/temas/educacion/>

American Physical Society. <https://www.aps.org>

NOTA: Se reciben toda clase de opiniones y comentarios al correo electrónico: contreras.impulso@gmail.com

LINEAMIENTOS PARA LOS AUTORES

El público meta es de nivel educativo medio y medio superior en adelante. Los textos deben ser redactados en un lenguaje claro, sencillo y ameno, con referencias cotidianas que hagan manifiesta la pertinencia social de su contenido.

Se busca llegar a preparatorianos, universitarios, catedráticos de enseñanza superior, profesionistas y personas que habiendo concluido su educación media no hayan continuado sus estudios, además, a través de las redes sociales buscaremos incidir también en la sociedad en general.

Los temas a tratar comprenden las ciencias exactas, naturales y sociales. El contenido de la revista lo conformarán tanto trabajos por invitación como postulados a la redacción de la revista a través de correo electrónico, y serán distribuidos en los apartados: breves de ciencia, sección temática, misceláneos, crónicas, anécdotas, cuentos, reseñas y semblanzas.

Si bien los contenidos de los textos son responsabilidad de los autores, la mesa de redacción se reserva el derecho de intervenir la forma y trabajar la redacción para adaptarlos a los objetivos de este medio de comunicación: la popularización de la ciencia.

BREVES DE CIENCIA

A través de notas breves que no superen los 1500 caracteres se darán a conocer datos científicos sobre temas de actualidad o aquellos que más atraen al público medio, por ejemplo: ciencia y tecnología, sexualidad, astronomía, salud y medio ambiente.

Las notas deberán ser redactadas en un lenguaje periodístico que conteste las siguientes preguntas: qué, quién, cuándo, dónde, cómo y por qué.

SECCIÓN TEMÁTICA Y MISCELÁNEOS

Cada número presentará un tema central que será abordado en cinco o seis artículos, por ello se recomienda a los grupos o institucio-

nes remitirlos en conjunto. Asimismo, contará con una sección miscelánea que se ocupará de cuestiones variadas, no necesariamente asociadas al tema central. La extensión máxima para los escritos de ambas secciones será de 6500 caracteres cada uno, con letra Times New Roman, 12 puntos, espaciado sencillo.

El autor debe proponer un título que no exceda las ocho palabras.

Las colaboraciones serán acompañadas de una misiva donde se especifique que su contenido es original o bien se deberá requisitar la Carta de Originalidad provista por la Secretaría Técnica de la revista al momento de confirmar la recepción del manuscrito.

La revista podrá publicar los trabajos en formato físico y electrónico para ser distribuidos por la red Internet, para lo cual los autores darán su respectivo consentimiento.

Por tratarse de temas de divulgación y no reportes de investigación, preferiblemente, un documento no puede ir firmado por más de tres autores. De estos son indispensables los siguientes datos: nombre y apellido, sin marca de grado académico; resumen curricular con límite de cinco líneas; dirección electrónica y entidad de adscripción.

Es opcional la inclusión de imágenes (fotografías, grabados, infografías), con un límite de tres por cada texto, las cuales se enviarán separadas de éste, en formato JPG con 300 dpi de resolución, con pie de foto no superior a 15 palabras, así como el crédito del autor.

El material será examinado por el director de la revista y el editor responsable, quienes en mesa de redacción determinarán su publicación de acuerdo con los criterios establecidos en estos lineamientos. Asimismo, cabe la posibilidad de que sea analizado por expertos que se juzguen convenientes.

En caso de ser necesario se pedirán al autor modificaciones.

No se admiten escritos que hagan promoción institucional (anuncios, eventos, premios, convocatorias, etc.).

No se aceptan artículos divididos en varias entregas.

CRÓNICAS, ANÉCDOTAS, CUENTOS Y RESEÑAS

También se publican historias, poemas, pensamientos, reflexiones, cuentos, crónicas y reseñas sobre el quehacer científico, cuya extensión máxima será de dos cuartillas (3600 caracteres).

Las crónicas, anécdotas y cuentos deben ser redactados con estilo literario y pinceladas de color.

Las reseñas pueden ser de un libro, revista, muestra fotográfica u obra de teatro. Se recomienda adjuntar imágenes de forros.

SEMBLANZAS

En este apartado serán publicadas semblanzas resultantes de una entrevista o rastreo documental de académicos, científicos y estudiantes, donde se dé a conocer su quehacer, logros y cómo se relacionaron con el mundo de la ciencia; se pide una extensión no mayor a dos cuartillas.

No se admiten entrevistas que sólo contengan preguntas más las respuestas del personaje en cuestión. Se recomienda adjuntar imágenes.

Los trabajos postulados a publicación se reciben en el correo: ciencia_hombre@uv.mx.

Fotografía en tercera de forros:
Gustavo Barrios.

En forros: Cianotipo de Frida Bulos.
Artista fotógrafa egresada de la Facultad de Artes Plásticas de la UV, especializada en técnicas tradicionales, analógicas y químicas.



