

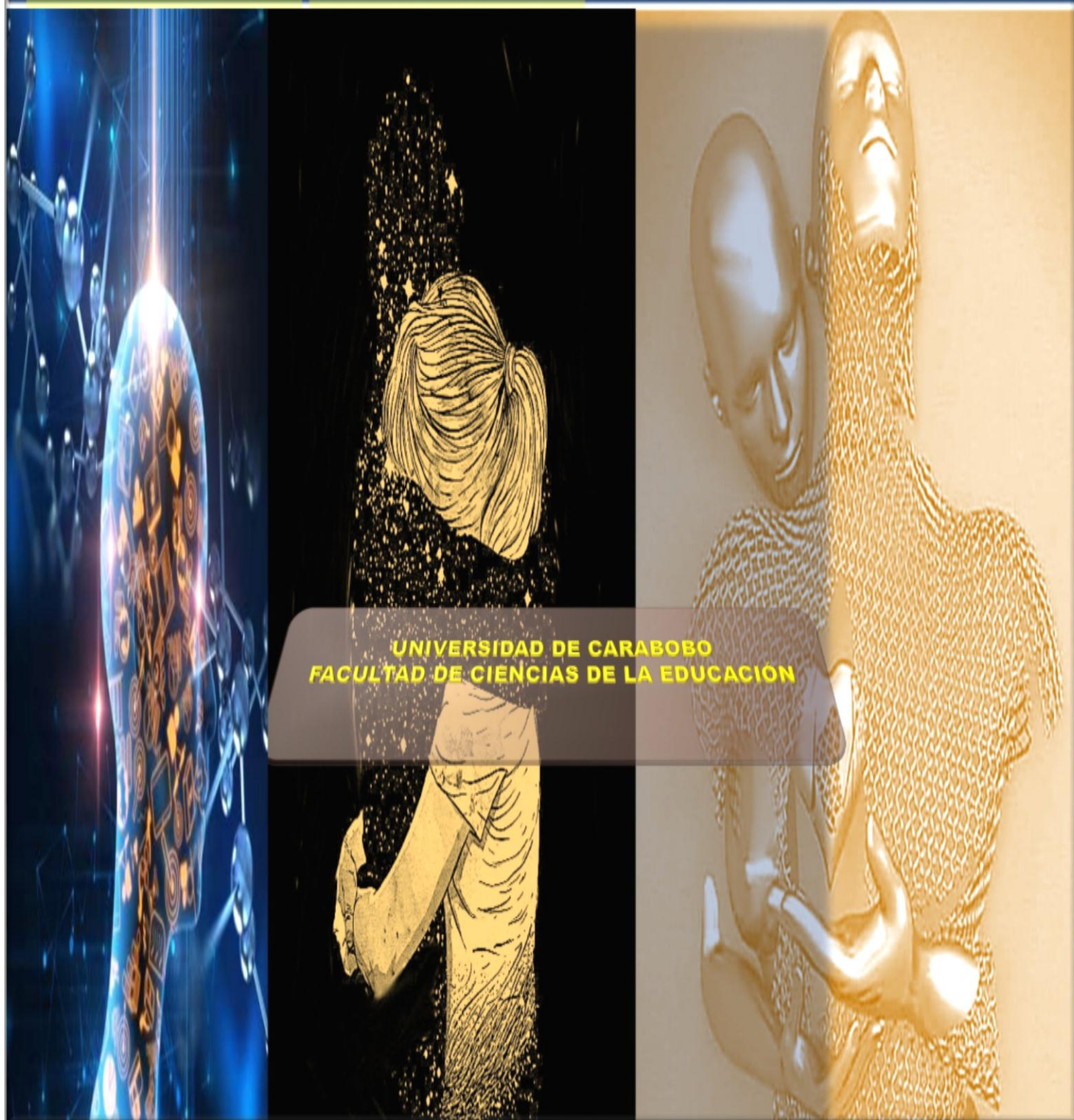
# HOMOTECIA



CÁTEDRA DE CÁLCULO - DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA - FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN - UNIVERSIDAD DE CARABOBO

© Rafael Ascanio H. - 2009. Hecho el Depósito de Ley. Depósito Legal: PPI2012024055 - I. S. S. N.: 2244-7385

E-mail: homotecia2002@gmail.com - Nº 2 - AÑO 24 Valencia, Lunes 2 de Febrero de 2026



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN





# HOMOTECIA

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA - FACE - UC



CÁTEDRA DE CÁLCULO

## Índice

Editorial.....	1
Grandes Matemáticos: THOMAS HARRIOT .....	2-5
Bertrand Russell y los fundamentos de las matemáticas. Por ANTONIO CÓRDOBA.....	6
El matemático que exploró las simetrías infinitas. Por TOMÁS GÓMEZ DE QUIROGA.....	7
Igualdad, el problema que se le resiste a las matemáticas. Por ROCÍO MENDOZA.....	8
Un estudio demuestra que la capacidad matemática puede tener una base genética.....	9
Cómo logramos resolver el enigma que intrigó a uno de los mayores genios de la historia: la paradoja de Da Vinci. Por PABLO MARTÍNEZ-JUAREZ.....	10
LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 57): Los agujeros negros: Génesis. Publicado por: ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ.....	11-23
PARECIDO AL ELECTRÓN. Los muones que pueden revolucionar la física. Por ENRIQUE SACRISTÁN.....	24
Física cuántica: La revolución de la ciencia para revelar los secretos del universo. Por ANDRÉS FELIPE BARRERA .....	25
Versiones de artículos originales de NOELIA FREIRE:	
Entendiendo las bases de la física cuántica.....	26
Richard Feynman, el físico que combinó inteligencia y carisma.....	27-28
Cómo la teoría de la relatividad especial de Einstein fue resultado de un experimento fallido. Por LUIS ALBERTO HARA.....	29
Por qué Albert Einstein tuvo que esperar a que un eclipse confirmara su teoría de la relatividad.....	30-31
Las primeras científicas que conquistaron el espacio.....	32
Jocelyn Bell, la astrofísica que puso el síndrome del impostor a su favor. Por AZUCENA MARTIN.....	33-34
Uno de los mayores retos de la cosmología es averiguar qué le sucedió al universo durante sus primeros instantes para expandirse tan rápido. Por JUAN CARLOS LÓPEZ.....	35
Teoría de cuerdas: ¿Cómo comprender el universo partiendo de las matemáticas de la música de Pitágoras.....	36
¿Pudo nuestro Universo ser creado en un laboratorio? Por JOSÉ MANUEL NIEVES.....	37
Nuestro sistema solar primitivo tenía una brecha entre la zona interior y exterior. Por SARAH ROMERO.....	38
El misterio de Methuselah, la estrella ‘más antigua que el universo mismo’ .....	39
Qué es la "luz líquida"? ¿Por qué se le considera el quinto estado de la materia? Por CARLOS SERRANO.....	40-41
Cuál es la nueva propiedad de la luz (y para qué servirá).....	42
¿Podría una tormenta solar acabar con nuestra civilización? Por PABLO G. PÉREZ GONZÁLEZ y PATRICIA SÁNCHEZ BLÁZQUEZ.....	43
Cinco curiosidades sobre Júpiter, el planeta más grande del Sistema Solar.....	44
Versiones de artículos originales de Dr. EDGAR REDONDO:	
Júpiter.....	45
Eso de que sólo por tu intuición puedes estar seguro de algo... ¡No es muy inteligente!.....	46
Análisis de la frase: “Si nada es imposible, quiere decir que todo es posible, entonces, es posible que haya algo imposible”.....	47-48
Paradigmas perdidos: Cómo cambia la ciencia. Por: DAVID P. BARASH.....	49-50
Transferencia tecnológica: del mito a la realidad. Por ESTEVE ALMIRALL.....	51-52
El más simple de todos los problemas matemáticos sin solución.....	53-55
Mujeres filósofas de la Edad Media: Una introducción a sus obras y pensamientos. Por FRAN NAVARRO.....	56
20 máximas de vida del sabio filósofo Aristóteles. Por GLADYS GONZÁLEZ.....	57
Los hermanos escritores más famosos de todos los tiempos. Por PEDRO GARGANTILLA.....	58-59
ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (XXXIII).....	60
Los 5 mandamientos de la inteligencia artificial (IA). Por JOANA OLIVEIRA.....	61-62
Neurocientífica: la inteligencia artificial no sustituirá a los humanos. Por VANESSA GONZÁLEZ.....	63
Descubren la región específica del cerebro que controla la atención: El hallazgo podría ayudar a tratar mejor el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Por ANDREA GÓMEZ BOBILLO.....	64
Mi cerebro cree que estoy muerto: El síndrome de Cotard. Por WALTER FARAH CALDERÓN.....	65
“Pajarillo” en Concierto. Por: HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ, Ph.D.....	66
Algunos elementos trascendentales en el modo de pensar la filosofía en el siglo XXI.....	
Sobre el concepto de democracia. Por: GIORGIO AGAMBEN.....	67
¿Qué es el mito de la caverna de Platón? Por PABLO MORA.....	68
Venezuela, personajes, anécdotas e historia. 24 de julio de 1823: Batalla Naval del Lago de Maracaibo. Por EUMENES FUGUET.....	69
Galería: OLA BRATTELI .....	70-72
14 de febrero: Día del amor y la amistad. Reflexiones. Por: EUCLIDES QUERALES.....	73
Arendt y Heidegger (o la oscuridad del amor). Por DAVID LORENZO CARDIEL .....	74

## Revista HOMOTECIA

© Rafael Ascanio H. – 2009

Hecho el Depósito de Ley.

Depósito Legal:

PPI2012024055

I. S. S. N.: 2244-7385

e-mail:

homotecia2002@gmail.com

Publicación Mensual

Revista de acceso libre

Publicada por:

CÁTEDRA DE CÁLCULO  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
UNIVERSIDAD DE CARABOBO

DIRECTOR-EDITOR:

Dr. Rafael Ascanio Hernández

SUB-DIRECTOR:

Dr. Próspero González Méndez

COORDINADORES DE PUBLICACIÓN:

Dr. Rafael Ascanio Hernández

Dr. Próspero González Méndez

COMISIÓN

ARCHIVO Y REGISTRO HISTÓRICO

Dra. María del Carmen Padrón

Dra. Zoraida Villegas

COMISIÓN REVISORA DE MATERIAL A PUBLICAR:

Dra. Elda Rosa Talavera de Vallejo

Dra. Omaira Naveda de Fernández

Dr. José Tadeo Morales

Nº 2 - AÑO 24 - Valencia, Lunes 2 de Febrero de 2026

LAS IDEAS Y OPINIONES DE LOS AUTORES DE LOS ARTÍCULOS QUE PUBLICAMOS EN HOMOTECIA SON RESPONSABILIDAD DE LOS MISMOS.

SI ALGÚN LECTOR TIENE OBJECIONES SOBRE ÉSTAS, AGRADECEREMOS NOS HAGA LLEGAR SUS COMENTARIOS A TRAVÉS DE NUESTRA DIRECCIÓN ELECTRÓNICA, [homotecia2002@gmail.com](mailto:homotecia2002@gmail.com).

Diseño de Portada y Montaje Gráfico: R. A. A. H. Tema imagen: 14 de febrero: Día del Amor y la Amistad en Venezuela, 2026.

La mayoría de las imágenes que aparecen en esta publicación, son obtenidas de Google, Facebook y MSN, vía Internet.

Para el acceso a todos los números publicados de la Revista HOMOTECIA, conectarse al enlace: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/homotecia/index.htm>

## EDITORIAL

**Sistemas educativos nacionales del mundo en tiempo de cambios.** En editoriales anteriores hablamos sobre los cambios que deben producirse en los sistemas educativos del mundo tras haber transcurrido el primer cuarto de la centuria XXI. Pero los necesarios cambios no se han de producir porque el tiempo haya “corrido” sino por las condiciones en las que esto ha sucedido y las generadas posteriores características que se han hecho presentes. Ha transcurrido con las sociedades viviendo dentro de los parámetros de una transdisciplinariedad signada por una *globalización práctica* (pragmatismo) hacia una *mundialización de las ideas y el conocimiento* (pensamiento paradigmático), tránsito inmerso en las interrelaciones entre naciones, afectando lo socio cultural y sobre todo, la economía quien viene a ser el principal factor de estas interrelaciones y lo que marcará internamente el progreso de una nación. Así que para iniciar un proceso de transformación del sistema educativo, nos deberíamos preguntar: *¿cómo afecta la economía del resto del mundo a nuestra economía?*, y luego *¿cómo afecta nuestra economía a la economía del resto del mundo?*

¿Se pueden detallar los pasos para lograr un mejor sistema educativo? Un caso a referir es el de Japón donde se puso en marcha un sistema educativo de corte vanguardista. Los japoneses implementaron un revolucionario plan llamado “Cambio Valiente” (*Futoji no henko*), basado en los programas educativos Erasmus, Grundtvig, Monnet, Ashoka y Comenius, siendo este un cambio conceptual que rompe con todos los paradigmas.

Lo revolucionario del mismo está en que la intención principal es *formar a los estudiantes* desde los primeros niveles de su sistema educativo como “*Ciudadanos del mundo*”, no como japoneses. Entenderán y aceptarán diferentes culturas y sus horizontes serán globales, no nacionales. Hay que imaginar el impacto producido por este cambio si se considera que se dio en uno de los países más tradicionalistas del mundo. Nos imaginamos que ellos consideraron que en un gran porcentaje de la cultura y tradiciones nacionales se transmiten en el hogar y en el intercambio social diario entre conciudadanos.

El programa se desarrolla en 12 años, basado en los siguientes conceptos: Cero materias de relleno, Cero tareas y solo tiene 5 materias, que son: 1. Aritmética de Negocios (las operaciones básicas y uso de calculadoras financieras), 2. Lectura (empiezan leyendo una hoja diaria del libro que cada niño escoja y terminan leyendo un libro por semana), 3. Civismo (entendiendo éste como el respeto total a las leyes, el valor civil, la ética, el respeto a las normas de convivencia, la tolerancia, el altruismo y el respeto a la ecología y medio ambiente), 4. Computación (Office, internet, redes sociales y negocios on-line), 5. Idiomas (4 o 5 Alfabetos, Culturas, religiones, entre japonesa, latina, inglesa, alemana, china, árabe, con visitas socializadoras de intercambio, a familias de cada país durante el verano).

Lo que se espera lograr con este programa es que todo joven japonés a los 18 años hable 4 idiomas, conozca 4 culturas, 4 alfabetos, sea experto en el uso de su computadora y de su celular como herramientas de trabajo, sean lectores de 52 libros cada año, practicantes del respeto a la ley, la ecología y la convivencia; y como muy importante, manejar la aritmética de negocios y finanzas al dedillo. ¿Esta concepción del plan surgió de un consenso interdisciplinario? Posiblemente sí. Los expertos por área de conocimiento debieron determinar cuáles eran las necesidades más importantes que debían satisfacerse en su nación, qué se había logrado con la cultura socioeducativa que hasta esos momentos han estado practicando desde tiempo ancestrales y basados en el punto de vista de cada disciplina del conocimiento, qué elementos aportar para lograr una vía para la concretización de una nueva propuesta educativa para un país con aspiración de una socialización mundial.

Pero... ¿y qué está ocurriendo en Latinoamérica? Ya hemos detallado en editoriales anteriores que el principal obstáculo de las naciones latinoamericanas es el padecimiento de las secuelas tras su pasado colonial, donde han sufrido una transición sociopolítica hacia un *tercermundismo de origen*. Una dependencia económica, como el caso de Venezuela al petróleo, las deja en desventaja cuando las naciones centros del poder mundial buscan cómo librarse en gran porcentaje de la necesidad de hacerse primordial y obligadamente mediante intercambio comercial de los productos de estos países subdesarrollados. Y esta desventaja en lo económico va a intervenir en detrimento de los sistemas educativos de estos países latinoamericanos y del resto de países tercermundistas.

Aun así vemos esfuerzos positivos como el de Uruguay que ha puesto en práctica lo que han llamado el **Plan Ceibal**. La sigla *Ceibal* es un retroacrónimo que significa “*Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea*”.

Este Plan Ceibal lo crearon en 2007 como un plan de inclusión e igualdad de oportunidades con el objetivo de apoyar con tecnología las políticas educativas uruguayas. Además, el Plan Ceibal provee un conjunto de programas, recursos educativos y capacitación docente que transforma las maneras de enseñar y aprender, justificado en el rápido y vertiginoso desarrollo de las tecnologías de información y comunicación, que obligarán a las naciones que aspiran desarrollarse cambiar la manera en que los docentes administran y transmiten el conocimiento al enseñar (el qué, el cuánto, el cómo y el cuándo).

El **Plan Ceibal** fue creado por decreto como un proyecto socioeducativo de Uruguay, el 18 de abril de 2007 con el fin de realizar estudios, evaluaciones y acciones, necesarios para proporcionar un computador portátil a cada niño en edad escolar y a cada maestro de la escuela pública, así como también capacitar a los docentes en el uso de dicha herramienta, y promover la elaboración de propuestas educativas acordes con las mismas. Es una herramienta para la inclusión digital.

El plan se inspiró en el proyecto **One Laptop per Child** (Una laptop para cada niño) presentado por Nicholas Negroponte en el Foro Económico Mundial de 2005.

Sin precedentes en el mundo por su alcance nacional, el plan permitió que todos los niños de los centros de educación estatales recibieran una computadora portátil con conexión inalámbrica (Wifi), tanto dentro como fuera del aula, brindando así conectividad a centros educativos y sus entornos en todo el territorio del Uruguay, mucho antes de las famosas “Canaimitas” implementadas en la educación venezolana. A partir de 2014, se permitió el ingreso de equipos portátiles no pertenecientes al Plan Ceibal a este tipo de redes, mediante una aplicación de un archivo Java, y, a partir de 2015, mediante una aplicación instalada en el router, habiéndose, en ambos casos, registrado previamente en la central de Ceibal o, en su defecto, siendo docente.

Sus resultados concretos siempre están bajo análisis y han causado un constante debate en Uruguay, particularmente uno que hubo durante 2013 con el estudio independiente realizado por la Universidad de la República en el que se señaló que el plan ha tenido poco impacto en matemáticas y en lectura.

Pero al igual como ocurrió en Japón, el Plan Ceibal en la práctica está concebido dentro del contexto de un cambio paradigmático; es decir que es coyuntural por lo que hay que esperar si los efectos positivos que se esperan se concretizan.

Por ahora, como oferta educativa para todas las naciones, nos interesa saber cuáles son las estrategias y herramientas que al ser utilizadas, puedan permitir el logro de los objetivos propuestos. Trataremos este tema en los siguientes editoriales.

## Reflexiones

“Un profesor trabaja para la eternidad: Nunca sabrá hasta donde llegará su influencia”.

**HENRY ADAMS (1838-1918)**

Hombre de letras e historiador estadounidense.



# Los Grandes Matemáticos



Thomas Harriot

(1560-1621)

**Nació en el año 1560 en Oxford y murió el 2 de julio de 1621 en Londres; ambas localidades en Inglaterra.**

**La imagen que encabeza esta reseña biográfica, se encuentra en el Trinity College de Oxford. Se titula: "Retrato de un hombre desconocido, de 32 años" se supone que representa a Thomas Harriot, pero no es seguro que así lo sea.**

**Thomas Harriot fue un matemático que hizo un trabajo sobresaliente en solución de ecuaciones, reconociendo raíces negativas y raíces complejas, de tal manera que hace que sus soluciones parezcan casi como una solución actual.**

**Thomas Harriot** fue un matemático y astrónomo que fundó la escuela inglesa de álgebra. Fauvel y Goulding lo describen en la referencia [10] como:

*... el matemático más grande que Oxford ha producido...*

Sin embargo, su nombre se ha vuelto ampliamente conocido, aunque actualmente sus logros no son plenamente apreciados por la mayoría de los matemáticos.

Se sabe muy poco de los años de juventud de Harriot. De hecho, todo lo que se sabe es que el viernes 20 de diciembre de 1577 se matriculó en la Universidad de Oxford con una entrada en los registros oficiales que registra que su edad era diecisiete años, su padre de condición plebeya, y su lugar de nacimiento Oxfordshire. Es a partir de este registro que se deduce que debió haber nacido en el año 1560 y aunque su padre era plebeyo, el hecho mismo de que Harriot estaba entrando en Oxford significa que es poco probable que él proviniera de las clases más pobres. A pesar de las extensas búsquedas de los registros de Oxfordshire, no se ha encontrado más información sobre su nacimiento o sus padres (aunque se han identificado varios posibles parientes).

Como estudiante en Oxford, Harriot fue estudiante del Saint Mary's Hall. Se hizo amigo de Richard Hakluyt y Thomas Allen, ambos profesores universitarios, pero no en el Saint Mary's Hall. Harriot se graduó en 1580 y se fue a Londres. No está claro exactamente lo que hizo en sus primeros años allí, pero, probablemente a finales de 1583, entró al servicio de Sir Walter Raleigh. Hakluyt, dedicando un prefacio a Raleigh en febrero de 1587, escribió (léase por ejemplo la referencia [4]):

*Desde que percibiste que la habilidad en el arte del navegante, el ornamento principal de un reino insular, podría alcanzar su esplendor entre nosotros si la ayuda de las ciencias matemáticas se alistara, usted ha mantenido en su hogar Thomas Harriot, un hombre preeminente en esos estudios, con un salario más liberal, con el fin de que con su ayuda se puedan adquirir esas ciencias nobles en sus horas de ocio...*

Harriot escribió un texto llamado *Arcticon* el cual nunca fue publicado y desafortunadamente nunca se han encontrado copias. Este trabajo fue esencialmente su curso de conferencias en Durham House, los alojamientos de Raleigh en The Strand en Londres, donde Harriot vivía en ese momento. Las conferencias fueron dadas a los marineros que estaban siendo reunidos por Raleigh para participar en sus expediciones al Nuevo Mundo. Pepper describe los avances en las técnicas de navegación realizados por Harriot para el momento en que escribió *Arcticon* (referencia [18]):

*... resolvió el problema de conciliar las observaciones del Sol y de la Estrella Polar para determinar la latitud, introdujo la idea de utilizar la amplitud solar para determinar la variación magnética y, así como mejorar los métodos y dispositivos para la observación de las altitudes solares o estelares, recalculado tablas para la declinación del sol sobre la base de sus propias observaciones astronómicas. ... produjo una solución numérica práctica del problema de Mercator, probablemente por la adición de secantes...*

Como Roche señala en la referencia [24]:

*... cuando se combinó con nuevos instrumentos y prácticas de observación, está claro que Raleigh tuvo la mejor experiencia de navegación en Europa.*

No fue sólo como instructor de navegación que Raleigh empleó a Harriot. Participó en el diseño de los barcos para las expediciones de Raleigh, así como en la construcción de los buques y la selección de los marineros. Fue el contable de Raleigh, siendo responsable de obtener fondos para las expediciones y cuidar todas las cuentas.

Raleigh hizo que los capitanes Philip Amadas y Arthur Barlowe hicieran una expedición a la isla Roanoke, frente a la costa de Carolina del Norte, en 1584. Aunque no hay evidencia directa de que Harriot hizo este viaje, Quinn en la referencia [23] argumenta convincentemente que él fue uno de los que hizo este estudio preliminar. Harriot estuvo sin duda en un viaje a Virginia organizado por Raleigh entre 1585 y 1586. Navegó desde Plymouth el 9 de abril de 1585 a bordo del Tiger y sus observaciones de un eclipse solar el 19 de abril han permitido a los científicos modernos calcular la posición exacta de la nave en ese día. Harriot hizo muchas notas durante su tiempo en el Nuevo Mundo, estando particularmente interesado en el idioma y las costumbres (particularmente los hábitos alimenticios) de los habitantes. El objetivo del viaje fue colonizar el Nuevo Mundo, pero no tuvo éxito en este objetivo.

Drake estaba enfrascado en batallas marítimas con los españoles cuando se enteró de que tenían la intención de evitar que los colonos británicos se establecieran. Aunque Drake se reunió con los colonos, en junio de 1586 hubo tormentas severas y la mayoría de los expedicionarios, incluido Harriot, regresaron apresuradamente a Inglaterra. Harriot, junto con los barcos de Drake, desembarcaron en Portsmouth en julio de 1586 y visitó inmediatamente a Raleigh para informar sobre la expedición.

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Publicó *A Briefe and True Report of the New Found Land of Virginia* (Un breve y verdadero informe de la nueva tierra encontrada en Virginia) en 1588, un libro en el que recomienda fumar tabaco lo que él mismo había aprendido a hacer en Virginia. Sin embargo, también escribió un relato completo del viaje que, por alguna razón, nunca publicó y, a pesar de los extenuantes intentos de encontrar una copia, parece perdido.

Para cuando Harriot regresó, Raleigh prestaba atención a Irlanda. Harriot llevó a cabo estudios de la finca Lismore, que era propiedad de Raleigh, a partir de 1589. Nueve años más tarde todavía estaba involucrado en la elaboración de la superficie de parcelas que se alquilaban en la finca. Sin embargo, la situación política estaba a punto de cambiar y esto tendría implicaciones dramáticas para Harriot.

Ya en la década de 1590 hubo acusaciones contra Raleigh de ateísmo. Los cargos fueron contra la escuela de Raleigh y “el brujo que es maestro en la misma”. Harriot sintió que se trataba de una referencia a él y discutió las acusaciones con John Dee (quien también sintió que los cargos podrían relacionarse con él). No hay razón para creer que Harriot (o Raleigh) fueran ateos, pero ciertamente eran pensadores libres y el enfoque científico de Harriot hacia el mundo fue, por decir lo menos, visto con gran sospecha por la iglesia. Además de los problemas causados por las acusaciones, Dee y Harriot discutían asuntos científicos y matemáticos en la década de 1590.

Harriot pasó de trabajar para Raleigh a trabajar para Henry Percy, duque de Northumberland. El Duque tenía a su alrededor un círculo de amigos que eran eruditos, muchos de los cuales tenían una visión atomista. La vida de Raleigh se volvió tan caótica que Harriot había buscado el apoyo de un patrón que pudiera proporcionar más estabilidad para sus actividades científicas. En 1595 el duque cedió su propiedad en Durham a Harriot, lo que lo hizo subir en la escalera social convirtiéndolo en miembro de la “nobleza señorial”. Harriot también más tarde ocupó propiedades en Cornualles y Norfolk. Poco después de la transacción de Durham, el duque le cedió a Harriot para su uso una de las casas en la finca de Syon (cerca de Kew a las afueras de Londres) que Harriot utilizó tanto como residencia como laboratorio científico.

Ciertamente se sabe por manuscritos que sobreviven que Harriot estaba involucrado en estudios profundos de óptica en Syon en 1597. Aunque en la referencia [4] afirma que había descubierto la ley seno de la refracción de la luz antes de 1597, de hecho ahora se sabe que la fecha exacta del descubrimiento importante de Harriot fue julio de 1601. Sin embargo, al igual que con todos sus otros descubrimientos matemáticos, Harriot no publicó sus hallazgos. Es un tanto irónico, sin embargo, que Snell (a quien ahora se atribuye el descubrimiento de esta ley) no fue el primero en publicar el resultado. El descubrimiento de Snell fue en 1621, unos 20 años después del descubrimiento de Harriot, pero el resultado no fue publicado hasta que Descartes lo imprimió en 1637.

Uno de los problemas ópticos que Harriot estudió en la década de 1590 fue el problema de Alhazen. Dio una solución al problema de Alhazen que implicaba considerar un problema equivalente, a saber, el problema de la interceptación máxima formada entre un círculo y un diámetro de un cordón girando alrededor de un punto en un círculo. El autor de la referencia [8] conjetura que Harriot pudo haber utilizado técnicas infinitesimales para demostrar la equivalencia de estos problemas, y ciertamente se sabe que Harriot introdujo ideas más tarde redescubiertas por Barrow.

La óptica no fue el único tema del que se ocupó Harriot durante este período. Raleigh le había pedido a principios de la década de 1590 que aplicara sus habilidades matemáticas a la ciencia de la artillería. En este momento las ideas de la trayectoria tomada por un proyectil todavía estaban dominadas por el pensamiento de Aristóteles. Harriot resolvió las fuerzas que actúan sobre el proyectil en componentes horizontales y verticales. Entendió que la resistencia al aire actuó durante todo el vuelo, y que la gravedad actuó sobre el componente vertical. Se acercó mucho a una solución de análisis vectorial del problema de encontrar la velocidad del proyectil y, ciertamente en 1607, llegó a la conclusión de que el camino del proyectil era una parábola inclinada. Cometió un error, sin embargo, (referencia [4]):

*De alguna manera, no podía obligarse a abandonar la idea aristotélica de que los cuerpos más pesados cayeron a un ritmo más rápido que los más ligeros.*

Otros temas en los que Harriot comenzó a trabajar antes de 1600 fueron problemas de química. Trabajó intensamente en química durante casi exactamente un año desde mayo de 1599 hasta mayo de 1600 y, aunque sus experimentos se llevaron a cabo con una nueva precisión científica, no hizo ningún descubrimiento de particular nota.

Raleigh había sido una de los favoritos de Isabel I y, cuando ella murió el 24 de marzo de 1603, estaba claro que la fortuna de Raleigh cambiaría. Tal vez sea menos claro que Harriot, aunque en este momento no estaba tan estrechamente asociado con Raleigh, también encontraría problemas. Jaime I se convirtió en rey y rápidamente vio a Raleigh como alguien opuesto a sus pretensiones al trono. Henry Percy, el duque de Northumberland, se había ocupado de ponerse en buena posición con Jaime con una carta de apoyo para él sólo días antes de que Isabel muriera. En julio se descubrieron conspiraciones contra Jaime y Raleigh fue arrestado y acusado de alta traición.

Raleigh intentó suicidarse, pero fracasó. Luego buscó la ayuda de Harriot para obtener pruebas en su nombre. Raleigh fue condenado a muerte por ahorcamiento. El pobre Harriot fue señalado en el juicio como un ateo y una influencia maligna. Sus intentos de ayudar a Raleigh se habían basado en principios cristianos (a los que sin duda se adhirió), pero esto dañó más a Raleigh porque Harriot fue visto como un ateo usando principios cristianos a su conveniencia. Harriot quedó devastado y durante aproximadamente un año no emprendió ningún nuevo trabajo científico mientras trataba de aceptar lo que estaba sucediendo. Raleigh recibió un indulto de última hora para la pena de muerte, pero fue encarcelado en la Torre de Londres.

Otro complot llevó a más problemas. El 4 de noviembre de 1605 Guy Fawkes y otros fueron arrestados por intentar volar las Cámaras del Parlamento. Otros cuatro, entre ellos Thomas Percy, nieto de Henry Percy, también fueron arrestados como los principales conspiradores. Harriot fue retenido bajo sospecha de estar involucrado y encarcelado en el Gatehouse. Fue interrogado bajo la acusación de que había elaborado un horóscopo del rey Jaime en un intento de usar poderes mágicos para influir en el futuro del rey. El 27 de noviembre Henry Percy, el patrón de Harriot, también fue puesto en la Torre donde permaneció hasta 1621 cuando fue liberado. No se encontró ninguna evidencia contra Harriot, aun así permaneció en Gatehouse algún tiempo, lo que lo motivó a escribir varias cartas solicitando su liberación. Para finales de 1605 ya había sido liberado.

Tan pronto como fue liberado, Harriot regresó a su trabajo sobre óptica. Ahora consideró sistemas más complejos y empleó a Christopher Tooke como tallador de lentes desde principios de 1605. Su trabajo sobre la luz ahora se inclinaba hacia la dispersión de la luz en colores. Comenzó a desarrollar una teoría para el arco iris y, en 1606, Kepler había oído hablar de los notables resultados en óptica logrados por Harriot. Kepler escribió a Harriot, pero el intercambio de correspondencia entre ambos nunca logró un intercambio significativo de ideas. Tal vez Harriot estaba demasiado cauteloso de las dificultades que su trabajo le había causado, o tal vez lo hizo (como él dijo a Kepler) porque todavía tenía la intención de publicar sus resultados si su salud se lo permitía.

La aparición de un cometa atrajo la atención de Harriot y dirigió su interés científico hacia la astronomía. Observó un cometa el 17 de septiembre de 1607 desde el Ilfracombe que más tarde sería identificado como el cometa Halley. Kepler había descubierto el cometa seis días antes, pero serían las observaciones de Harriot y su amigo (y estudiante) William Lower las que finalmente fueron utilizadas por Bessel para calcular su órbita.

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Su astronomía volvió al frente, Harriot pasó a hacer las primeras observaciones telescópicas en Inglaterra. El 26 de julio de 1609 a las 9 p.m. esbozó la Luna, visualizándola a través de un telescopio con un aumento de 6. Esbozó la Luna de nuevo un año más tarde, el 17 de julio de 1610, en ese momento tenía un telescopio que le daba un aumento de 10. Pronto había construido un telescopio con un aumento de 20, luego en abril de 1611 tenía un telescopio de aumento 32.

Harriot observó las lunas de Júpiter, aunque desde su primer avistamiento afirmó:

*Mi primera observación de los nuevos planetas. Vi sólo uno y solo este.*

Debe haber estado consciente del descubrimiento de Galileo. Al igual que con todos sus descubrimientos científicos, Harriot no publicó sus resultados. Estas observaciones de las lunas de Júpiter se hicieron entre el 17 de octubre de 1610 y el 26 de febrero de 1612.

Fue el primero en descubrir manchas solares, haciendo 199 observaciones entre el 8 de diciembre de 1610 y el 18 de enero de 1613. La primera observación de las manchas solares se hizo mientras observaba las lunas de Júpiter. A partir de los datos que recopiló pudo deducir el período de rotación del Sol. Sin embargo, alrededor de este tiempo su trabajo científico básicamente llegó a su fin. Parece haber tenido su entusiasmo en bajo por la muerte de sus amigos y lo perdió para continuar la investigación (lo que le había traído muchos problemas a pesar de su falta de publicaciones).

De las pocas piezas de trabajo realizadas por Harriot después de 1614, una fue su observación de otro cometa en 1618 (había tres cometas visibles ese año y Harriot observó el tercero) desde Syon House. En 1618, Raleigh, a quien habían beneficiado con la clemencia de encarcelamiento en 1603 en lugar de la muerte, finalmente fue ejecutado el 29 de octubre públicamente, con Harriot presenciando el evento. Sin embargo, en ese momento ya Harriot estaba sufriendo del cáncer de la nariz que finalmente lo llevó a su muerte.

El cáncer parece haber comenzado alrededor de 1613, en la época en la que Harriot perdió interés en impulsar su investigación matemática y científica. Consultó al mejor especialista en 1615 quien escribió un informe sobre la consulta. Describió a Harriot como (léase, por ejemplo, referencia [4]):

*... un hombre algo melancólico. ... Una úlcera cancerosa en la fosa nasal izquierda se come el tabique de su nariz y en proporción a su tamaño sostiene los labios duros y girados hacia arriba. Poco a poco se ha deslizado hasta bien entrado en la nariz. Este mal el paciente lo ha sufrido los últimos dos años.*

Harriot sufriría este “mal” durante otros tres años más antes de que el cáncer le quitara la vida.

Hay algunos otros logros matemáticos importantes debido a Harriot que se deben mencionar. Expuso la espiral logarítmica como la proyección estereográfica de un loxodromo en una esfera, una proyección que demostró ser conforme. Los loxodromos son las líneas rectas del mapa de Mercator, que Harriot calculó con gran precisión. De hecho, para lograr este grado de precisión, Harriot introdujo la interpolación de diferencia finita.

Hay una historia interesante en un problema que se ha resuelto recientemente, pero que se originó con Harriot. Raleigh le pidió a Harriot que resolviera ciertos problemas con respecto al apilamiento de balas de cañón. En un manuscrito fechado el 12 de diciembre de 1591 (domingo), Harriot puso en una mesa para responder a las preguntas de Raleigh. Muestra cómo, si se da el número de balas de cañón, se puede calcular el número de balas de cañón que se colocarán en la base de una pirámide con una base triangular, cuadrada u oblonga. Raleigh planteó una segunda pregunta, que Harriot también respondió, a saber, dada la pirámide de las balas de cañón, calcular el número en la pila.

Harriot, sin embargo, era demasiado el matemático para detenerse allí. A partir de un estudio de cómo las balas de cañón podían llenar el espacio, consideró las implicaciones para la teoría atómica de la materia en la que creía. Más tarde, en su correspondencia con Kepler sobre la teoría atómica, Harriot mencionó el problema del empaque. Kepler no podía resolver el problema, pero creía que el empaque más denso de las esferas se lograría si en cada capa los centros de las esferas estuvieran por encima de los centros de los agujeros en la capa de abajo. Esto parece intuitivamente obvio, pero se resistió a la prueba hasta 1998 cuando Thomas Hales de la Universidad de Michigan (con la ayuda de horas de datos generados por computadora) finalmente demostró la conjetura.

La única parte del trabajo de Harriot que aún no se ha descrito en esta reseña biográfica, es el trabajo matemático por el que, de alguna manera, es más conocido, a saber, su trabajo sobre el álgebra. Introdujo una notación simplificada para el álgebra y su investigación fundamental sobre la teoría de las ecuaciones estaba muy por delante de su tiempo. Como ejemplo de sus habilidades para resolver ecuaciones, incluso cuando las raíces son negativas o imaginarias, reproducimos su solución de una ecuación de grado 4. El ejemplo en cuestión está en su propia letra y se reproduce en la referencia [3].

$$aaaa - 6aa + 136a = 1155$$

$$aaaa - 2aa + 1 = 4aa - 136a + 1156$$

$$aa - 1 = 2a - 34$$

$$33 = 2a - aa$$

$$aa - 2a = -33$$

$$aa - 2a + 1 = +1 - 33$$

$$a - 1 = \sqrt{-32}$$

$$1 - a = \sqrt{-32}$$

$$a = 1 + \sqrt{-32}$$

$$a = 1 - \sqrt{-32}$$

$$aa - 1 = 34 - 2a$$

$$aa + 2a = 35$$

$$aa + 2a + 1 = 1 + 35$$

$$a + 1 = \sqrt{36}$$

$$a = \sqrt{36} - 1 = 5$$

$$-a - 1 = \sqrt{36}$$

$$a = -\sqrt{36} - 1 = -7$$

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Téngase en cuenta lo experto que fue Harriot al completar raíces, sabiendo que cada vez que obtenía una raíz cuadrada se debía considerar que había dos respuestas, y el tratamiento de todas las respuestas por igual, ya sea positiva o negativa, real o imaginaria. En la operación antes presentada, sólo se ha hecho un pequeño cambio en la notación de Harriot: donde se utiliza el ahora actual símbolo =, Harriot utilizaba  $\equiv$ .

Harriot inventó ciertos símbolos que se utilizan hoy en día. Sin embargo, los símbolos “<” para “menos que” y “>” para “mayor que” no se debieron a Harriot (como se afirma a menudo), sino que fueron introducidos por el editor de *Artis Analyticae Praxis ad Aequationes Algebraicas Resolvenda* - El propio Harriot utilizó diferentes símbolos. Todavía hay un debate académico sobre cuánto Harriot fue influenciado por Viète, o si la notación y las ideas introducidas por Viète fueron aprendidas por él de Harriot.

Como se ha visto en el ejemplo anterior, Harriot hizo un trabajo excepcional en la solución de ecuaciones, reconociendo raíces negativas y raíces complejas de una manera que hace que sus soluciones parezcan una solución actual. Hizo la observación de que si a, b, c son las raíces de un cubo entonces el cubo es  $(x - a)(x - b)(x - c) = 0$ . Este es un gran paso adelante en la comprensión que Harriot llevó adelante en la solución de ecuaciones de grado superior.

Aunque se adelantó mucho a su tiempo, su trabajo tuvo poca influencia de la que debería haber tenido, ya que, como se ha comentado repetidamente anteriormente, no publicó ningún trabajo matemático en su vida. Incluso su trabajo en el álgebra *Artis Analyticae Praxis ad Aequationes Algebraicas Resolvendas* (1631) fue publicado 10 años después de su muerte y fue editado por personas que no apreciaron plenamente la profundidad de su trabajo. Por ejemplo, no discuten las soluciones negativas.

## REFERENCIAS.-

1. J A Lohne, Biography in *Dictionary of Scientific Biography* (New York 1970-1990).
2. Biography in *Encyclopaedia Britannica*. <http://www.britannica.com/biography/Thomas-Harriot>

## Libros:

3. J N Crossley, *The emergence of number* (Singapore, 1980).
4. J W Shirley, *Thomas Harriot : a biography* (Oxford, 1983).
5. J W Shirley (ed.), *A Source book for the study of Thomas Harriot* (New York, 1981).
6. J W Shirley (ed.), *Thomas Harriot: renaissance scientist* (Oxford, 1974).

## Artículos:

7. T F Bloom, Borrowed perceptions: Harriot's maps of the Moon, *Journal for the history of astronomy* **9** (1978), 117-122.
8. P C Fenton, An extremal problem in Harriot's mathematics, *Historia Math.* **16** (2) (1989), 154-163.
9. P C Fenton, Events in the life of the mathematician Thomas Harriot (1560-1621), *Austral. Math. Soc. Gaz.* **12** (4) (1985), 85-93.
10. Thomas Harriot, in *J Fauvel, R Flodd and R Wilson (eds.), Oxford figures : 800 years of the mathematical sciences* (Oxford, 2000), 56-59.
11. J Jacquot, Harriot, Hill, Warner and the new philosophy, in *Thomas Harriot : Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 107-128.
12. M Kalmar, Thomas Harriot's 'De reflexione corporum rotundorum' : an early solution to the problem of impact, *Arch. History Exact Sci.* **16** (3) (1976/77), 201-230.
13. J A Lohne, Dokumente zur Revalidierung von Thomas Harriot als Algebraiker, *Arch. History Exact Sci.* **3** (1966), 185-205.
14. J A Lohne, Essays on Thomas Harriot. I. Billiard balls and laws of collision. II. Ballistic parabolas. III. A survey of Harriot's scientific writings, *Arch. Hist. Exact Sci.* **20** (3-4) (1979), 189-312.
15. J A Lohne, Thomas Harriot als Mathematiker, *Centaurus* **11** (1) (1965/66), 19-45.
16. J A Lohne, T Harriot, *Centaurus* **6** (1959), 113-121.
17. J North, Thomas Harriot and the first telescopic observations of sunspots, in *Thomas Harriot: Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 129-165.
18. J V Pepper, Harriot's earlier work on mathematical navigation : theory and practice. With an appendix, 'The early development of the Mercator chart', in *Thomas Harriot : Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 54-90.
19. J V Pepper, Harriot's manuscript on the theory of impacts, *Ann. Of Sci.* **33** (2) (1976), 131-151.
20. J V Pepper, Harriot's work on the true sea-chart, *1971 Actes XIIe Congrès Internat. d'Histoire des Sciences IV* (Histoire des Mathématiques et de la Mécanique) (Paris, 1968), 135-138.
21. J V Pepper, Some clarifications of Harriot's solution of Mercator's problem, *Hist. of Sci.* **14** (4) (1976), 235-244.
22. J V Pepper, The study of Thomas Harriot's manuscripts. II. Harriot's unpublished papers, *History of science* **6** (Cambridge, 1967), 17-40.
23. D B Quinn, Thomas Harriot and the new world, in *Thomas Harriot: Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 36-53.
24. J J Roche, Harriot's 'Regiment of the Sun' and its background in sixteenth-century navigation, *British J. Hist. Sci.* **14** (48) (1981), 245-261.
25. J J Roche, Harriot, Galileo, and Jupiter's satellites, *Arch. Internat. Hist. Sci.* **32** (108) (1982), 9-51.
26. E Rosen, Harriot's science: the intellectual background, in *Thomas Harriot: Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 1-15.
27. C J Scriba, Wallis und Harriot, *Centaurus* **10** (1965), 248-257.
28. M Seltman and E Mizzi, Thomas Harriot: father of English algebra?, *Math. Intelligencer* **19** (1) (1997), 46-49.
29. J W Shirley, Sir Walter Raleigh and Thomas Harriot, in *Thomas Harriot: Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 16-35.
30. B J Sokol, Thomas Harriot - Sir Walter Raleigh's tutor - on population, *Ann. of Sci.* **31** (1974), 205-212.
31. R C H Tanner, Henry Stevens and the associates of Thomas Harriot, in *Thomas Harriot: Renaissance scientist* (Oxford, 1974), 91-106.
32. R C H Tanner, Nathaniel Torporley's 'Congestor analyticus' and Thomas Harriot's 'De triangulis laterum rationalium', *Ann. of Sci.* **34** (4) (1977), 393-428.
33. R C H Tanner, The ordered regiment of the minus sign : off-beat mathematics in Harriot's manuscripts, *Ann. of Sci.* **37** (2) (1980), 127-158.
34. R C H Tanner, The study of Thomas Harriot's manuscripts. I. Harriot's will, *History of science* **6** (Cambridge, 1967), 1-16.
35. R C H Tanner, Thomas Harriot as mathematician. A legacy of hearsay. I, *Physis-Riv. Internaz. Storia Sci.* **9** (1967), 235-247.
36. R C H Tanner, Thomas Harriot as mathematician. A legacy of hearsay. II, *Physis-Riv. Internaz. Storia Sci.* **9** (1967), 257-292.
37. D T Whiteside, In search of Thomas Harriot, *History of Science* **13** (1975), 61-62.

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre "Thomas Harriot" (Enero 2000).

FUENTE: MacTutor History of Mathematics. [<https://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Harriot.html>].



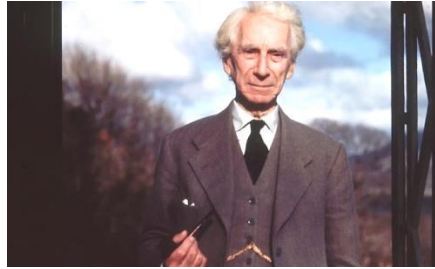
## Bertrand Russell y los fundamentos de las matemáticas.

El científico y escritor inglés defendió ideas que le valieron la expulsión de las universidades de Cambridge y Chicago y del City College de Nueva York.

Versión del artículo original de ANTONIO CÓRDOBA

TOMADO DE: El País – España / Sección *Café y Teoremas*

Otra fuente: Wikipedia.



BERTRAND RUSSELL. FOTO TOMADA POSIBLEMENTE EN 1965. CRÉDITO FOTO: AGENCIA GETTY / GETTY.

*Antonio Córdoba es catedrático emérito de la Universidad Autónoma de Madrid y miembro del ICMAT.*

*Café y Teoremas* es una sección dedicada a las matemáticas y al entorno en el que se crean, coordinado por el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en la que los investigadores y miembros del centro describen los últimos avances de esta disciplina, comparten puntos de encuentro entre las matemáticas y otras expresiones sociales y culturales y recuerdan a quienes marcaron su desarrollo y supieron transformar café en teoremas. El nombre evoca la definición del matemático húngaro Alfred Rényi: "Un matemático es una máquina que transforma café en teoremas". Editada y coordinada por Ágata Timón (ICMAT).

**Bertrand Arthur William Russell** nació el 18 de mayo de 1872 en Trellech y falleció el 2 de febrero de 1970 en Penrhynedeudraeth, ambas localidades en el Reino Unido. Su última esposa fue Edith Finch Russell. Sus hijos son Conrad Russell, Earl Russell V y Lady Katharine Tait.

Fue filósofo, matemático, lógico y escritor, ganador en 1950 del Premio Nobel de Literatura. Es conocido por su influencia en la filosofía analítica junto con Gottlob Frege, su compañero G. E. Moore y su alumno Ludwig Wittgenstein y A. N. Whitehead, este último coautor de su obra *Principia Mathematica*.

Su prolífica obra y proteica actividad de intelectual, comprometida e inconformista, tuvieron una profunda influencia en la educación sentimental y política de muchos miembros de varias generaciones. Mucho antes de que existiera Internet y se popularizara el término *influencer*, Russell ejerció como tal con autoridad y garbo, aunque esa tarea no resultó exenta de riesgos: fue encarcelado dos veces por defender sus ideas, la primera en tiempos de la Primera Guerra Mundial y la segunda, cuando ya era anciano, y fue expulsado de la Universidad de Cambridge en 1916. También lo destituyeron de la Universidad de Chicago y del City College de Nueva York, por sus opiniones sobre el matrimonio y la libertad sexual, en los años 40 del siglo pasado.

Luchó a favor del pacifismo en la Gran Guerra, hizo campaña en pro del desarme nuclear, denunció los crímenes en la guerra de Vietnam, se opuso al nazismo y al estalinismo y defendió modernos puntos de vista sobre la educación y la sexualidad. Todo aquello le hizo tremendamente atractivo para la juventud universitaria, a la que fascinaba con sus ideas y sus frases brillantes: "Los científicos se esfuerzan en hacer posible lo imposible. Los políticos en hacer lo posible imposible"; "Entre todas las formas de cautela, la cautela en el amor es, probablemente, la más letal para la auténtica felicidad"; "Gran parte de las dificultades por las que atraviesa el mundo se deben a que los ignorantes están completamente seguros y los inteligentes llenos de dudas"; "La buena vida es una vida inspirada por el amor y guiada por el conocimiento".

Contribuyó al desarrollo de la lógica matemática señalando los problemas sobre sus fundamentos que implicaban las paradojas, o antinomias, presentes en la teoría de conjuntos. Los números llamados naturales, 1, 2, 3,..., son elementos básicos de nuestro idioma y de nuestra vida cotidiana que, entre otros usos, empleamos para contar, ordenar, sumar, multiplicar y repartir. Sin embargo, su definición precisa no es tan evidente.

Hacia finales del siglo XIX, el lógico Gottlob Frege y el matemático Georg Cantor trataron de dar una definición reduciendo la noción de número a la "más primitiva" de conjunto o agregado, siguiendo el modo de funcionamiento de nuestro cerebro que entiende los números contando los elementos de los conjuntos. No obstante, Cantor se dio cuenta enseguida de que el

uso *ingenuo* de la noción de conjunto llevaba a ciertas antinomias que era preciso dilucidar.

Sin embargo, fue Bertrand Russell quién popularizó una paradoja especialmente clara y sencilla, que mostraba las carencias de esa fundamentación conjuntista. Definió un conjunto *ordinario* como aquel que no se contiene a sí mismo como elemento; el caso contrario recibe el nombre de extraordinario. Por ejemplo, un conjunto de sillas no es una silla y, por tanto, es ordinario, ya que no se contiene a sí mismo como elemento; mientras que el catálogo de todos los catálogos es, según Russell, un ejemplo de conjunto extraordinario. Consideremos el "conjunto de todos los conjuntos ordinarios". Claramente no puede ser ordinario, pues si lo fuese, entonces se tendría a sí mismo como elemento y, por tanto, sería extraordinario; pero tampoco puede ser extraordinario, porque, de serlo, tendría que ser ordinario como todos sus elementos.

Esta paradoja y otras de índole parecida dieron lugar a la llamada crisis de los fundamentos, y propiciaron el desarrollo de la lógica matemática. En las crisis suelen aparecer caracteres pragmáticos que sugieren olvidar las cuestiones de principio, y proponen que nos centremos en la tarea de establecer unas reglas de juego que sean claras y permitan, manteniendo cierta dignidad, continuar con la tarea. Esa fue la aspiración del gran David Hilbert y la *escuela formalista*, cuyo rastro encontramos en las axiomáticas de Peano y de Zermelo-Fraenkel. Por su parte, Bertrand Russell, junto a Alfred N. Whitehead, prosiguió con el *programa logicista*, que quería reducir la matemática a la lógica. Los tres tomos de *Principia Mathematica* fueron el resultado de su intento de eliminar las paradojas a través de una axiomática precisa, que llamaron teoría de los tipos.

Ambos puntos de vista, logicismo y formalismo, trataban de formular un sistema de axiomas que fuese, a la vez, consistente (es decir, que no diera lugar a contradicciones) y completo (la validez o falsedad de toda proposición podría ser elucidada dentro del sistema). Pero Kurt Gödel echó por tierra estos ensueños de una teoría matemática del todo, con su afamado teorema de incompletitud.

Los *Principia Mathematica* de Russell y Whitehead son, en cierto sentido, el acta de un proyecto frustrado. Pero contribuyeron grandemente al desarrollo de la lógica matemática, que, en la obra de Kurt Gödel, Paul Cohen, Thoralf Skolem, Alonzo Church, y Alan Turing, entre otros, se ha convertido en una construcción magnífica y útil, sin la que no cabe concebir el desarrollo de la moderna teoría de la computación, y los lenguajes de los ordenadores, que tanto han hecho cambiar el mundo. ♦

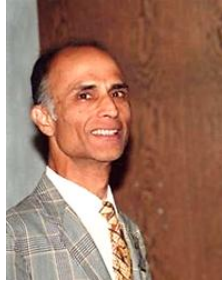


## El matemático que exploró las simetrías infinitas.

Los trabajos de Harish-Chandra, nacido el 11 de octubre de 1923, originalmente inspirados en la física, han tenido gran impacto en las matemáticas puras.

Por TOMÁS GÓMEZ DE QUIROGA

TOMADO DE: El País – Sección Café y Teoremas – 12 de octubre de 2023



FOTOGRAFÍA SIN DATAR DEL MATEMÁTICO INDIO HARISH-CHANDRA.  
CRÉDITO FOTO: PRATHAM CBH / WIKIMEDIA.

*Tomás Gómez de Quiroga es investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT)*

*Café y Teoremas es una sección dedicada a las matemáticas y al entorno en el que se crean, coordinado por el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), en la que los investigadores y miembros del centro describen los últimos avances de esta disciplina, comparten puntos de encuentro entre las matemáticas y otras expresiones sociales y culturales y recuerdan a quienes marcaron su desarrollo y supieron transformar café en teoremas. El nombre evoca la definición del matemático húngaro Alfred Rényi: "Un matemático es una máquina que transforma café en teoremas". Edición y coordinación: Ágata A. Timón G Longoria (ICMAT).*

El 11 de octubre de 2023 se cumplieron 100 años del nacimiento de uno de los más importantes matemáticos indios de la historia, Harish-Chandra. Formado como físico bajo la tutela de dos premios Nobel, inició su trabajo en matemáticas estudiando las simetrías del espacio-tiempo de la teoría de la relatividad de Einstein. Sus trabajos posteriores, puramente matemáticos –sobre la teoría de representaciones de dimensión infinita de los llamados grupos semisimples–, han sido muy influyentes. Fueron una de las principales fuentes de inspiración en el desarrollo del programa de Langlands, una ambiciosa hoja de ruta de investigación matemática que relaciona áreas como el álgebra, la teoría de números, el análisis o la geometría.

Harish-Chandra Mehrotra nació en Kanpur, en el norte de India. Tras graduarse en la Universidad de Allahabad, siguió sus estudios de física en el Indian Institute of Science en Bangalore bajo la dirección de C. V. Raman –premio Nobel de Física en 1930– y de Homi J. Bhabha.

Emigró a Cambridge (Reino Unido) en 1945, justo antes de que Bhabha fundara el prestigioso Tata Institute of Fundamental Research –donde se formarían las siguientes generaciones de matemáticos y físicos indios–. Poco tiempo después, se trasladó a EE UU, donde desarrolló el resto de su carrera. Aunque siempre tuvo el deseo de haber jugado un papel mayor en el fomento de la ciencia en la India, su mala salud y prematura muerte lo impidieron.

Obtuvo su doctorado en física en su etapa en la Universidad de Cambridge, bajo la dirección de Paul Dirac –también Premio Nobel de Física, en 1933–, pero, al concluirlo, decidió cambiar su tema de investigación a las matemáticas. Este traspaso entre disciplinas es más habitual de lo que se puede pensar. La física fundamental, desde mediados del siglo XX, necesita de matemáticas cada vez más avanzadas para su formalización, por lo que muchos físicos que se aproximan a la frontera de la investigación matemática deciden dar un paso más y modificar su especialización.

En el caso de Harish-Chandra, el rigor lógico que se exige en las demostraciones matemáticas fue también un argumento a favor del salto. Mientras que los físicos teóricos se apoyan en una intuición, que guía su trabajo y les permite anticipar fenómenos antes de que se verifiquen experimentalmente, –de la que, según Harish-Chandra, carecía–, él se sentía más seguro cuando podía respaldar sus resultados con un argumento matemático riguroso. Sin la intuición requerida, pensaba que su investigación física podía llevarle a error.

Durante su tesis, Harish-Chandra estudió el llamado grupo de Poincaré, que es una construcción algebraica que captura las simetrías del espacio-tiempo de la teoría de la relatividad de Einstein. En concreto, un grupo de simetría de un objeto dado –por ejemplo, un cuadrado– es el conjunto de operaciones que se pueden realizar sobre el mismo, sin alterar sus propiedades. Por ejemplo, al girar el cuadrado 90 grados, vuelve a tener el mismo aspecto, por lo que esta operación forma parte del grupo de simetrías del cuadrado.

Al considerar el plano euclídeo –es decir, el plano junto con la noción de distancia–, cualquier giro pertenece a su grupo de simetrías, pues, al girar el plano, no cambia la distancia entre ningún par de puntos. Sin embargo, al estirarlo, la distancia entre los puntos se hará mayor, por lo que esta operación no entra dentro del grupo de simetrías del plano.

En la teoría de la relatividad de Einstein se considera el espacio-tiempo junto con la llamada métrica de Minkowski –en lugar de la distancia habitual–. Y el grupo de Poincaré es el grupo de simetrías del espacio-tiempo, es decir, todas las transformaciones que no cambian la métrica de Minkowski.

En su tesis doctoral, Harish-Chandra estudió las representaciones del grupo de Poincaré de dimensión infinita. Una representación de un grupo en un espacio lineal consiste en asignar, a cada elemento del grupo, una transformación lineal de dicho espacio –es decir, una función que cumple ciertas propiedades–, lo que permite usar técnicas de álgebra lineal en el estudio de los grupos. El espacio lineal puede ser finito o infinito; en el caso del grupo de Poincaré, éste admite ciertas representaciones de dimensión infinita, que no se pueden descomponer como representaciones finitas. Aunque éstas son más difíciles de manejar que las finitas, son una herramienta necesaria para estudiar ciertos grupos.

Como matemático, Harish-Chandra estudió las representaciones infinitas de otros grupos, más concretamente los llamados grupos semisimples. Por aquellos trabajos, fue un firme candidato a la Medalla Fields en 1958. Sin embargo, parece que un miembro del jurado no quiso que se diera la medalla a dos matemáticos del grupo francés Bourbaki –consideraba que lo eran tanto Harish-Chandra como René Thom, quien recibió el galardón aquel año–. Harish-Chandra nunca fue miembro de este grupo, pero, quizá, se pensó que su estilo, con su atención al detalle y el rigor, era próximo al que se asociaba al famoso colectivo.

Después de trabajar en la Universidad de Columbia (Nueva York, EE UU), en 1963 fue nombrado profesor permanente en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (EE UU). Desde 1969 tuvo varios infartos, posiblemente agravados por su intenso ritmo de trabajo –alargaba su jornada hasta altas horas de la noche–. Su médico insistió en que tomara vacaciones anualmente, cosa que aprovechó para fomentar su afición por la pintura –en particular, era un gran admirador de Gauguin–, y finalmente falleció en 1983 de un infarto mientras caminaba por la tarde el último día de un congreso en honor a Émile Borel, su amigo y colaborador.

# Igualdad, el problema que se le resiste a las matemáticas.

Por capacidad, las niñas puede dedicarse a esta Ciencia básica, pero pocas la eligen y la brecha de género no para de crecer. ¿Por qué?

Versión del artículo original de ROCÍO MENDOZA

TOMADO DE: **ABC Antropía** – 11 de febrero de 2022



LA PERCEPCIÓN QUE LAS NIÑAS TIENEN DE LA MATERIA, EN EL FONDO DEL PROBLEMA. CRÉDITO FOTO: FOTOLIA.

La comunidad matemática internacional ha solucionado decenas de teoremas, conjeturas y problemas de lo más complejo. Alguno, como el famoso de Fermat, lleva a gala ser el 'más difícil de la historia'. Y aun así fue resuelto hace un par de décadas.

Sin embargo, entre todos los retos a los que se ha enfrentado esta comunidad científica hay uno que lleva siglos enquistado y que, aún hoy, ni tiene una explicación contrastada ni ha sido resuelto. Su formulación es sencilla: si las niñas son objetivamente iguales a los niños en capacidad y oportunidad frente a esta disciplina, ¿por qué hay cada vez menos participación femenina en esta área fundamental para las ciencias?

Los datos en los que está basada esta realidad son objetivos, pero las causas (y más las soluciones) «son muy difíciles de saber», algo que reconoce la propia comunidad científica.

Tal y como reconoce Eva Gallardo, presidenta de la Real Sociedad Matemática Española (RSME) (sí, es buen síntoma que la institución tenga una mujer al frente), hay trabajo por delante. «Es muy importante estudiar las posibles causas que dificultan tanto el ingreso como el desarrollo de las carreras científicas en Matemáticas de las mujeres y, en este sentido, tenemos una especial sensibilidad al tema, por lo que haremos todo lo que esté en nuestras manos para fomentar acciones destinadas a conseguir la igualdad». El reto está ahí; y es una de las prioridades de la institución.

## LOS DATOS OBJETIVOS DE LA DISPARIDAD

Los datos que preocupan hablan por sí solos. Según las conclusiones presentadas en la última Conferencia de Decanos de Matemáticas celebrada en 2018, el porcentaje de mujeres matriculadas en este grado era del 40%; cifra que bajaba al 30% cuando se trata de doble grados que incluyen Matemáticas sumada a Física, Informática y otras disciplinas técnicas. Parece que el factor 'competitividad' que lleva la imagen de estas últimas asociadas no ayuda.

Este porcentaje no es catastrófico y, en realidad, demuestra el avance que ha tenido en los últimos años la incorporación de la mujer a las Matemáticas. Aunque la paridad no sea total, se ve que las vocaciones existen. Otra cosa es que se mantengan en el tiempo.

Según los datos manejados por el Ministerio de Educación, la brecha crece de forma manifiesta ya en el máster y en los doctorados, donde la representación femenina baja hasta el 28%. Esto no demuestra más que a medida que las carreras avanzan, la presencia de mujeres decae. ¿Perciben acaso el entorno como hostil? Está por investigar.

## POCAS CATEDRÁTICAS EN LA CUMBRE

Uno de los datos más llamativos es que el porcentaje medio de catedráticas de Matemáticas en España es de un escaso 11%. Si hay 580 catedráticos, solo 69 son mujeres (datos de 2018). «Es más, hay especialidades donde la participación femenina es prácticamente testimonial. Hablamos de un 5% y hasta un 3% de catedráticas en algunas de ellas», señaló con énfasis Gallardo.

¿Y es esto importante? La respuesta puede sonar a perogrullada, pero parece que la sociedad necesita recordarlo de forma periódica. De hecho, es el sentido que tiene que días como el 11 de febrero, se celebre en todo el mundo con actos, conferencias, exposiciones, talleres y comunicaciones el Día Mundial de la Niña y la Mujer en la Ciencia.

Preocupa la desigualdad y la falta de vocaciones femeninas en carreras STEM (carreras de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés) porque «se pierde riqueza intelectual» y porque la visión, la resolución de problemas, las aplicaciones y soluciones que se aporten a la sociedad corren el riesgo de «quedar sesgadas». La representante de los matemáticos se muestra tajante al respecto: «la diversidad suma y hay algo que la sociedad está transmitiendo que la frena y que hay que investigar para luego actuar».

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA PARIDAD EN MATEMÁTICAS?

En un futuro (presente, más bien) en el que las nuevas tecnologías tendrán tanto qué decir, ¿dónde quedará la voz de las mujeres? Específicamente, las Matemáticas pueden necesitar más de esta paridad porque luego cala en el resto de las disciplinas. No en vano, como recuerda la representante de esta comunidad investigadora en España, «las Matemáticas son el lenguaje de todas las ciencias».

Digamos que están en la base de multitud de especialidades y aplicaciones posteriores. «Su naturaleza -enfatizó Gallardo- es totalmente transversal». Matemáticas es música, es arte (¿qué si no es la Alhambra?), es arquitectura...

También Ingeniería, carrera Espacial y, cómo no, Inteligencia Artificial. A pesar de la imagen que se pueda tener de ella, las aplicaciones en la vida cotidiana son muchísimas.

Este, su carácter práctico, es una de las estrategias propuestas por el Libro Blanco de las Matemáticas elaborado por la citada Sociedad para despertar más vocaciones femeninas. «Parece un criterio contrastado en diferentes estudios que las mujeres se sienten más cómodas abordando problemas con claro perfil de servicio social y con utilidad directa para el colectivo», versa el documento. De ahí que la enseñanza del carácter práctico de las matemáticas sea una de las estrategias a seguir.

Queda en evidencia, así, que la percepción que se tiene de esta materia, y no en la capacidad personal, reside el rechazo que provoca en una buena parte de las estudiantes. Además de poco práctica, se concibe como masculina, muy exigente y con un claro factor de competitividad.

## CUANDO LA BAJA AUTOESTIMA CONLLEVA MALOS RESULTADOS

En este punto se entra de lleno en el resbaladizo mundo de los estereotipos que existen en torno a esta disciplina, que siempre ha sido percibida como masculina y apta para personas (hombres) brillantes, cuasi genios.

Es difícil objetivar la influencia real de un cliché, pero existen estudios de referencia (el principal publicado por Science en 2017) que demostraron que ya en los primeros cursos de Primaria las niñas ya se declaran menos capaces (sin serlo realmente según sus resultados) de tener éxito en esta asignatura. Pueden, pero temen enfrentarse.

Existe, por lo tanto, «un problema de falta de autoestima» sobre las posibilidades propias. El estudio más reciente publicado al respecto fue desarrollado por investigadoras de la Universidad de Zaragoza y publicado en el año 2021 en la revista IEE Transactions on Education.

Entre sus conclusiones, la principal fue que el 75% de los niños y el 55% de las niñas se consideraban buenos en matemáticas y la divergencia se ampliaba conforme los estudiantes crecían. Natalia Ayuso, una de las autoras y miembro de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas, destacaba que esta brecha no se veía en ciencias naturales o sociales. «A partir de los ocho años, las niñas prefieren la lengua y los niños las matemáticas», afirmó tras publicar el trabajo.

## ¿PUEDE TENER SU ENSEÑANZA UN ENFOQUE EMOCIONAL?

«A la vista de los datos -recoge el informe de la RSME- parece que las chicas sienten más estrés cuando se enfrentan a las matemáticas (...). Resulta curioso que, aunque ellas obtengan mejores notas, sientan que no son buenas. (...) En definitiva, para que el nivel de autoexigencia femenino es mucho mayor que el masculino». Factor que las aleja de la materia.

Esta autocensura es la que más daño hace a las vocaciones, desde el punto de vista de los expertos. De ahí que se pusiera énfasis en el enfoque emocional a la hora de abordar su enseñanza en las aulas de primaria españolas por parte del Gobierno en su propuesta de reforma educativa.

La necesidad de alentar la participación de las chicas en clase (a veces el sesgo inconsciente también está en el profesorado), de señalar los logros, de trabajar la autoestima y de darle un enfoque más colaborativo que competitivo.

## LIBRES PARA ELEGIR SIN PRESIÓN

Porque, por último, el halo de competitividad que envuelve a las carreras STEM parece ser otro de los factores que excluyen a las mujeres de sus filas, según el citado informe sobre género y matemáticas. Solo hay que ver cómo cae en picado la participación femenina cuando este factor entra en juego, como es el caso de la presencia de féminas en las Olimpiadas Matemáticas, considerado el mejor caldo de cultivo para alimentar la pasión por esta materia: no se consigue que supere el 10%.

Los factores a estudiar son muchos y las soluciones al dilema están por demostrar su eficacia. Pero el objetivo está marcado y hacia él se dirigen multitud de iniciativas que instituciones y organismos públicos han puesto en marcha. «No se trata -aclaró Gallardo- de dirigir u provocar que más mujeres opten por la carrera científica; sino de reclamar que se sientan libres, de que no se cercene sus carreras; de que aquellas que tengan interés lleguen a apasionarse por este mundo y no limiten su deseo de dedicarse a las Matemáticas por presiones sociales, estereotipos, falsas creencias sobre su capacidad, falta de referentes o de oportunidad».



## Un estudio demuestra que la capacidad matemática puede tener una base genética.

Cómo funciona nuestro cerebro. ¿La capacidad de realizar operaciones matemáticas de un niño es heredada de sus progenitores?

TOMADO DE: LA VANGUARDIA – 5 de marzo de 2023



**LAS DISTINTAS CAPACIDADES MATEMÁTICAS PUEDEN TENER UNA BASE GENÉTICA DIFERENTE. CRÉDITO FOTO: MANÉ ESPINOSA.**

¿La capacidad de realizar operaciones matemáticas de un niño es heredada de sus progenitores? Un nuevo estudio de la Facultad de Psicología de la Universidad de Shaanxi (China) y publicado en 'Genes, Brain and Behavior' (Genes, cerebro y comportamiento), ha identificado diferentes variantes genéticas que pueden estar relacionadas con las capacidades matemáticas de los niños.

Para el estudio, los investigadores realizaron investigaciones de asociación del genoma completo sobre 11 categorías de capacidad matemática en 1.146 alumnos de escuelas primarias chinas, e identificaron siete variantes genéticas de un solo nucleótido en el genoma que estaban estrechamente relacionadas con las capacidades matemáticas y de razonamiento.

"En esta investigación, realizamos por separado estudios de asociación de genoma completo sobre 11 categorías de capacidad matemática en 1146 estudiantes de escuelas primarias chinas", se recoge en el texto del estudio. Se identificaron siete polimorfismos de nucleótido único (SNP) significativos en todo el genoma con un fuerte desequilibrio de vinculación entre sí asociados con la capacidad de razonamiento matemático", se recoge en el texto del estudio.

El estudio ha servido para refinar los estudios de asociación genómica de la capacidad matemática

Así, se han revelado asociaciones significativas de tres categorías de capacidad matemática con tres genes. Las variantes en LINGO2 (leucine rich repeat and Ig domain containing 2) se han asociado con la capacidad de restar; las variantes en OAS1 (2'-5'-oligoadenylate synthetase 1), con la capacidad de concepción espacial, y las variantes en HECTD1 (HECT domain E3 ubiquitin protein ligase 1) se han vinculado con la capacidad de división.

Además, LINGO2 regula el ensamblaje de sinapsis y que es un gen de riesgo para los trastornos del espectro autista. OAS1, por su parte, constituye un gen de riesgo para la enfermedad de Alzheimer. Ahora, se ha identificado por primera vez que estos genes y conjuntos de genes están asociados con la capacidad matemática.

"Los resultados de nuestra investigación aportan pruebas de que las distintas capacidades matemáticas pueden tener una base genética diferente. Este estudio no solo ha servido para refinar los estudios de asociación genómica de la capacidad matemática, sino que también ha añadido cierta diversidad poblacional a la bibliografía al analizar a niños chinos", afirma el autor correspondiente, el doctor Jingjing Zhao, profesor de la Facultad de Psicología de la Universidad Normal de Shaanxi.

# Cómo logramos resolver el enigma que intrigó a uno de los mayores genios de la historia: la paradoja de Da Vinci.

A Da Vinci le preocupaba mucho el movimiento de las burbujas. Medio milenio después, podemos ayudarlo.

Por PABLO MARTÍNEZ-JUAREZ

TOMADO DE: Kataka – 11 de enero de 2024



LEONARDO DA VINCI

Quizá de las muchas facetas de Leonardo da Vinci, la de pintor sea la más conocida gracias a pinturas como La Gioconda o La última cena. Pero ya fuera por su afán perfeccionista en este aspecto o por simple curiosidad, Da Vinci también destacó como científico. Sus estudios sobre la anatomía humana son minuciosos, pero hay un aspecto de las ciencias naturales que no logró resolver: el movimiento de las burbujas.

Tan intrigado dejó el asunto al genio florentino que el problema recibió el nombre de la Paradoja de Leonardo. Una paradoja que logramos resolver en el año 2023 gracias a una investigación pionera. ¿Pero en qué consiste exactamente la dichosa paradoja? Ante todo, se basa en el movimiento de las burbujas. No de las pompas como las de jabón, sino en las burbujas de aire atrapadas en el agua.

Una burbuja en este contexto es una cantidad de un gas (aire) atrapada bajo un líquido (agua) cuya extensión está delimitada por la tensión superficial del agua. Como el agua pesa más que el aire, las burbujas ascienden. El problema, observaba Da Vinci, era que este movimiento no era siempre uniforme o rectilíneo sino que en algunas ocasiones la burbuja mostraba una extraña tendencia a zigzaguear.

Por qué y cómo las burbujas dibujaban este baile en su ascenso se había convertido en un enigma para los investigadores. Hasta ahora. Una pareja de investigadores ha desentrañado el enigma según anunció en 2023 la Universidad de Sevilla.

## DESCIFRANDO LAS BURBUJAS

En un estudio publicado en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, los investigadores dieron cuenta de las claves del movimiento de las burbujas. La primera, esto ya lo había observado Da Vinci es el tamaño: es solo a partir de cierto tamaño que las burbujas comienzan a desviarse (a diferencia, por ejemplo, de las bebidas con gas, donde las burbujas ascienden en línea recta).

Pero a partir de los 0,926 milímetros de diámetro las burbujas se vuelven inestables, según los cálculos del nuevo estudio. El movimiento aparece por una interacción entre el flujo de la burbuja y la deformación de la misma. Ahí está la segunda clave del hallazgo: al inclinarse la burbuja ésta se deforma, generando una asimetría que implica que sus distintos lados fluyen de forma distinta. Es decir, la hidrodinámica de la burbuja cambia, haciendo que ésta cambie de dirección.

Al tomar velocidad, la presión del líquido sobre la burbuja cambia, ejerce una fuerza que vuelve a deformar la burbuja, esta vez devolviéndola a su forma original. Esto hace que la burbuja deje de escorarse y vuelva a su ascenso original. Tras ello el proceso se vuelve a repetir.

Para llegar a sus conclusiones los investigadores partieron de las ecuaciones de Navier-Stokes. Un complejo entramado matemático que se utiliza para describir el movimiento de fluidos viscosos teniendo en cuenta el rozamiento. Por su complejidad, éste no es el único problema que estas ecuaciones tienen aún por resolver.

Y este es precisamente uno de los potenciales logros de esta investigación. Más allá de predecir el movimiento de simples burbujas de aire en el agua, entender las interacciones entre fluidos (y gases) puede ayudar a resolver incógnitas de todo tipo, desde cómo se difuminan los contaminantes en el mar hasta cómo se mantienen en el aire los aviones. Quizá esta última duda también habría intrigado al propio Leonardo.



## LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 57)

## Los agujeros negros: Génesis.

Versión de la publicación hecha por ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ el 18 Marzo de 2009

Documento en línea: <http://teoria-de-la-relatividad.blogspot.com/2009/03/18-el-calculo-tensorial>

Por su naturaleza propia, no resulta nada fácil encontrar soluciones *exactas* para las ecuaciones de campo de la Relatividad General, pero cuando se logra tal cosa los resultados pueden resultar sorprendentes. Cuando al poco tiempo de haberse publicado en 1915 el primer trabajo de Einstein dándose a conocer la Teoría General de la Relatividad el matemático alemán Karl Schwarzschild encontró una solución *exacta* a las ecuaciones de campo de Einstein a través de lo que hoy se conoce como la **métrica de Schwarzschild**, basada en el uso de coordenadas esféricas para un cuerpo estático:

$$ds^2 = (1 - 2GM/rc^2)(cdt)^2 - (1 - 2GM/rc^2)^{-1}(dr)^2 - (r^2)(d\theta)^2 - (r^2 \sin^2 \theta)(d\phi)^2$$

no transcurrió mucho tiempo para darse cuenta de que esta métrica predecía la existencia de objetos tales que ni siquiera la luz sería capaz de escapar de los mismos. Esta predicción era una predicción puramente matemática, sin apoyo alguno en una evidencia astronómica e imposible de ser verificada experimentalmente en un laboratorio en la Tierra, razón por la cual no fue tomada muy en serio en aquella época. Otra dificultad en la aceptación de la solución matemática encontrada por Schwarzschild era que la existencia de estos objetos, necesariamente súper-masivos, era postulada sin darse la menor idea de cómo se pudieran formar tales objetos en el Universo. Una cosa es hacer una predicción matemática sobre la posible existencia de algo recurriendo a argumentaciones teóricas, y otra cosa muy diferente es explicar la manera en la cual tales objetos pueden ser creados. La ausencia de mecanismos que pudieran dar origen a tales objetos extraños constituyó un impedimento en la aceptación de los mismos hasta que llegaron teorías dando la ruta sobre una forma natural para la creación de los mismos.

Pero quizá la objeción más grande de todas a la solución de Schwarzschild era que en el centro de la misma debía de haber una *singularidad*, el equivalente de una división por cero tan temida por los matemáticos ya que está fuera de cualquier tipo de análisis numérico que se quiera llevar a cabo. Y esta singularidad representaba en las ecuaciones de campo ni más ni menos que *una perforación en el entramado del espacio-tiempo del Universo*. Desde un principio, esto rebasó los límites de la credibilidad de muchos científicos, inclusive aquellos acostumbrados a la naturaleza probabilística de la materia predicha por la mecánica cuántica. La dificultad de aceptar la posibilidad de que una singularidad matemática pudiese tener una existencia real en el campo de la astronomía, en el Universo entero, fue inclusive un argumento utilizado por amplios sectores de la comunidad científica para poner en duda y desacreditar toda la Teoría de la Relatividad, afirmándose que cualquier teoría que fuese capaz de postular la existencia de algo tan extraño tenía que ser una teoría necesariamente incorrecta.

Estos objetos tan masivos que ni siquiera la luz podría escapar de los mismos fueron bautizados como **agujeros negros u hoyos negros** por el físico estadounidense John Archibald Wheeler, un especialista en la Relatividad General.

Todavía hace unas cuantas décadas, se creía que estos objetos, de existir, debían ser una rareza difícil de encontrar en el Universo. Hoy en día, con instrumentos astronómicos cada vez más potentes, la existencia de los agujeros negros no sólo ha sido confirmada de varias maneras, sino que existe la certeza de que inclusive la galaxia en la que vivimos, la Vía Láctea, tiene en su núcleo central un agujero negro gigantesco, al igual que muchas otras galaxias.

Si repasamos la métrica de Schwarzschild dada arriba, encontraremos que hay *dos* singularidades. Una de ellas está relacionada con la coordenada  $(cdt)^2$  y ocurre para  $r = 0$ , o sea en el centro del cuerpo. La otra está relacionada con la coordenada  $(dr)^2$ :

$$\left[ \frac{1}{1 - \frac{2GM}{rc^2}} \right]$$

y ocurre para un radio conocido como el **radio de Schwarzschild**, el cual está dado por:

$$r_s = 2GM/c^2$$

*Este es precisamente el radio que nos define la extensión de la esfera de la cual no le es posible a la luz escapar del cuerpo que está generando la métrica en cuestión.* Dada una masa  $M$ , cualquier masa  $M$ , siempre existe un radio  $r_s$  que podemos determinar para dicha masa. La Tierra, por ejemplo, tiene cierto radio de Schwarzschild  $r_s$ , como también lo tiene el Sol. Sin embargo, no hay problema en que un rayo de luz lanzado desde la superficie de la Tierra “escape” hacia la Luna, llegue a la Luna, y sea reflejado de la Luna hacia la Tierra (esto ocurrió de hecho con la ayuda de unos reflectores dejados en la Luna por los astronautas de una de las misiones Apollo, reflejando posteriormente rayos de luz láser lanzados desde la Tierra hacia dichos reflectores).

¿Cómo es esto posible, si la Tierra tiene su radio  $r_s$  del cual no le es posible a la luz escapar? Esto se debe a que, si calculamos el radio  $r_s$  para la Tierra, dicho radio está *dentro* de la superficie de la Tierra. Para que no le fuese posible a la luz escapar de la superficie de la Tierra, la masa entera de la Tierra tendría que ser “comprimida” hasta estar contenida toda dentro de ese radio  $r_s$ . Sin embargo, si podemos tener un cuerpo lo suficientemente denso, de modo tal que toda su masa esté contenida dentro de su radio  $r_s$ , no le será posible a la luz lanzada hacia afuera desde dicho radio escapar al espacio exterior. Y se presume que, si toda la masa de un cuerpo es comprimida hasta quedar contenida en un radio menor que su radio  $r_s$ , la atracción gravitacional será tan intensa que toda la masa continuará comprimiéndose aún más. De cualquier manera, el radio  $r_s$  sigue “afuera”, una vez que ha hecho su aparición el “boquete” aparente continúa allí inmóvil.

Haremos ahora una comparación interesante del radio de Schwarzschild  $r_s$  con la velocidad de escape *clásica* (Newtoniana) que debe tener un cuerpo al momento de ser lanzado verticalmente desde la superficie de la Tierra para no volver a caer jalado por la atracción de la gravedad. Para beneficio de quienes no han estado expuestos o no recuerdan la derivación de la fórmula de la velocidad de escape, a continuación llevaremos a cabo la derivación de la fórmula.

Suponiendo una equivalencia plena *clásica* (Newtoniana) entre la masa inercial definida con la fórmula  $\mathbf{F}_i = m\mathbf{a}$  y la masa gravitacional definida mediante la ley de Newton para la atracción universal que establece una fuerza gravitacional  $\mathbf{F}_g = -GMm/r^2$ , un cuerpo lanzado hacia arriba experimentará una pérdida de velocidad definida mediante la siguiente igualdad:

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_i &= \mathbf{F}_g \\ ma &= m \frac{dv}{dt} = -\frac{GMm}{r^2} \\ a &= \frac{dv}{dt} = -\frac{GM}{r^2}\end{aligned}$$

Usando la *regla de la cadena*, obtenemos lo siguiente:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dr} \cdot \frac{dr}{dt} = -\frac{GM}{r^2}$$

y puesto que  $v = dr/dt$ :

$$\begin{aligned}\frac{dv}{dr} \cdot v &= -\frac{GM}{r^2} \\ v \cdot dv &= -\frac{GM}{r^2} dr\end{aligned}$$

Integrando:

$$\begin{aligned}\int_{v_0}^{v(t)} v dv &= -\int_{r_0}^{r(t)} \frac{GM}{r^2} dr \\ \frac{v(t)^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} &= \frac{GM}{r(t)} - \frac{GM}{r_0}\end{aligned}$$

Puesto que para la velocidad de escape estamos buscando las siguientes condiciones (para un tiempo infinitamente grande a una distancia infinitamente grande la velocidad del cuerpo debe ser igual a cero):

$$t \rightarrow \infty \quad r(t) \rightarrow \infty \quad v(t) \rightarrow 0$$

entonces debemos tener:

$$\begin{aligned}-\frac{v_0^2}{2} &= -\frac{GM}{r_0} \\ v_0 &= \sqrt{\frac{2GM}{r_0}}\end{aligned}$$

Esta es la velocidad de escape que debe tener un cuerpo lanzado desde la superficie de la Tierra para sobreponerse completamente a la atracción gravitacional sin volver a caer. Obsérvese que *esta velocidad de escape no depende en lo absoluto de la masa del cuerpo que está siendo lanzado verticalmente hacia arriba*.

Tomemos ahora la fórmula clásica para la velocidad de escape  $v_0$  de un cuerpo poniéndola en función del radio  $r_0$ :

$$r_0 = \frac{2GM}{v_0^2}$$

Compárese ésta fórmula con la fórmula para el radio de Schwarzschild. *Ambas tienen exactamente la misma forma*, pero con una diferencia importante: en la fórmula para el radio de Schwarzschild lo que aparece específicamente en el denominador es la velocidad de la luz. Esto fue lo que llevó a sospechar casi de inmediato desde un principio que esta fórmula definía algo más que la velocidad de escape de un cuerpo, *definía una condición para que la misma luz pudiera escapar de la superficie sobre la cual está definido el radio de Schwarzschild*. En la fórmula clásica para el radio de escape podemos hacer a la velocidad  $v_0$  igual a la velocidad de la luz. Sin embargo, antes del advenimiento de la Teoría de la Relatividad, carecía de sentido hablar de una velocidad de escape para la luz porque no había razón para suponer que la luz, siendo una onda electromagnética, pudiese caer bajo la influencia de atracción gravitacional alguna. Y sin embargo, *es el radio de Schwarzschild lo que nos define precisamente el alcance de un agujero negro*.

Como un agujero negro es incapaz de emitir luz alguna o de reflejarla, no es posible ver un agujero negro *directamente*. Si pudiésemos estar en la cercanía de una región en donde hay un agujero negro, tal vez veríamos algo como lo siguiente:





Esta es la simulación de un agujero negro con una masa equivalente a la de diez masas solares, visto a una distancia de 600 kilómetros. El círculo negro que vemos en la parte central de la imagen de arriba es lo que se conoce como el **horizonte de evento** (*event horizon*), el cual tiene un radio fijo para una masa  $M$ , y fuera del cual aunque hay una atracción gravitacional intensa aún es posible escapar de la atracción que está siendo ejercida. *Este radio fijo que define a la superficie esférica conocida como el horizonte de evento es precisamente el radio de Schwarzschild  $r_s$* . Cualquier objeto material que penetre el horizonte de evento es un objeto que ya no podrá salir del agujero negro, ya que si ni la luz puede escapar del mismo menos un objeto material.

A decir verdad, la predicción de objetos con tanta masa que fueran capaces de crear un campo gravitacional tan intenso que ni siquiera la luz pudiera escapar de los mismos no fue una idea nueva que llegó con la Teoría General de la Relatividad. Desde 1784, año en el que fue publicada una carta enviada a Henry Cavendish por el filósofo natural y geólogo inglés John Michell, en dicha carta “redescubierta” recientemente en la década de los setenta Michell hablaba de un cuerpo celestial que tuviese tanta masa que a la misma luz le fuese imposible escapar de la superficie de dicho cuerpo (la ley de la gravitación universal de Newton y la fórmula para la *velocidad de escape* de la superficie de un planeta ya eran conocidas en aquél entonces), e inclusive señaló que aunque un objeto así no fuese directamente visible su existencia se podría intuir por el efecto gravitacional que ejercería sobre un planeta cercano, llegando al extremo de sugerir el uso de un prisma para medir el efecto de la gravedad sobre la disminución en la intensidad de la luz (lo que hoy conocemos como el *corrimiento al rojo*), ideas demasiado avanzadas para su tiempo. Por su parte, el matemático francés Pierre-Simon Laplace en su libro *Exposition du Systeme du Monde* publicado en 1796 sugirió también la posibilidad de objetos tan masivos que fuesen capaces de impedirle a la misma luz escapar de ellos. En sus propias palabras, Laplace dijo lo siguiente: “Una estrella luminosa, de la misma densidad que la densidad de la Tierra, y cuyo diámetro fuera 250 veces más grande que el del Sol, no permitiría, como consecuencia de su atracción, que cualquiera de sus rayos nos llegasen; es por lo tanto posible que los cuerpos luminosos más grandes en el Universo sean, por esta causa, invisibles”. Sin embargo, estas ideas estaban basadas en el concepto de una fuerza de gravedad, concepto descartado y reemplazado en la Teoría General de la Relatividad por el concepto de un espacio-tiempo curvo fijando las órbitas de los planetas.

**PROBLEMA:** *Suponiendo la ley de gravitación universal de Newton como válida, y siendo la velocidad de escape de un cuerpo de la superficie de la Tierra igual a 11.2 kilómetros/seg, ¿cuál sería la velocidad de escape si de alguna manera pudiésemos comprimir a la Tierra a la mitad de su tamaño actual?*

Tomaremos como válidos los siguientes datos:

$$\begin{aligned}\text{Constante de Gravitación Universal} &= G = 6.674215 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{seg}^2 \\ \text{Radio medio de la Tierra} &= R = 6,400 \text{ kilómetros}\end{aligned}$$

De la fórmula para la velocidad de escape, y suponiendo que el radio promedio de la Tierra ha sido comprimido de  $R = 6,400$  kilómetros a la mitad, la velocidad de escape sería:

$$v = \sqrt{2GM/R} = \sqrt{2GM/(3,200 \text{ Km})} = 15.8 \text{ Km/seg}$$

En la fórmula podemos ver que, manteniendo la masa  $M$  constante y comprimiendo de alguna manera un cuerpo esférico disminuyendo su radio, aumentará entonces la velocidad de escape requerida para que un objeto se pueda sustraer de la atracción gravitatoria del cuerpo. Nos preguntamos ahora: ¿cuál tendrá que ser el radio de un cuerpo con una masa igual a la masa de la Tierra, para que la velocidad de escape de su superficie sea igual a la velocidad de la luz?

**PROBLEMA:** *Suponiendo la ley de gravitación universal de Newton como válida, ¿cuál tendría que ser el radio de un cuerpo esférico con una masa igual a la masa de la Tierra para que la velocidad de escape requerida sea igual a la velocidad de la luz?*

En este caso:

$$\begin{aligned}c &= \sqrt{2GM/R} \\ R &= 2GM/c^2 \\ R &= 0.9 \text{ centímetros}\end{aligned}$$

De acuerdo con la mecánica Newtoniana, si la Tierra pudiese ser comprimida hasta este tamaño, ni siquiera la misma luz podría escapar de su superficie. ¡La Tierra se convertiría en un agujero negro! Sin embargo, este es un resultado que se antoja difícil de lograr, porque no conocemos una fuerza que sea capaz de comprimir a un planeta como la Tierra hasta tener el tamaño de una pelota que mida menos de una pulgada. Agregar más masa (en forma de polvo) sobre la superficie de la Tierra con la esperanza de que a mayor masa obtengamos mayor atracción gravitacional tampoco ayudará en nada ya que al ir agregando más masa el radio  $R$  de la Tierra irá aumentando también contrarrestando en cierta forma el efecto gravitacional de una masa mayor (lo cual aumenta la atracción de la gravedad) con una distancia también mayor al centro geométrico de la Tierra (lo cual disminuye la atracción de la gravedad), no sirviendo de nada para esto último el que intentemos construir un pozo que vaya hacia el interior de la Tierra (con el fin de disminuir la distancia  $R$  hacia el centro de la Tierra) porque la gravedad de hecho va disminuyendo en el interior de la Tierra hasta hacerse cero en el centro de la Tierra (en donde  $R = 0$ ). No se antoja posible que podamos convertir a un planeta sólido como la Tierra en un agujero negro.

¿Pero qué tal si en vez de usar un planeta sólido empleamos en su lugar una estrella que está compuesta de una nube de partículas elementales?

**PROBLEMA:** *De acuerdo con la métrica de Schwarzschild, ¿cuál tendría que ser el radio de una estrella como el Sol para que la luz pueda escapar de su superficie?*

Tomaremos el siguiente dato como válido:

$$\text{Masa del Sol} = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ Kilogramos}$$

Procederemos como en el problema anterior usando para  $M$  la masa del Sol en lugar de la masa de la Tierra, *pero ahora utilizaremos el radio de Schwarzschild que nos define a la superficie esférica de un horizonte de evento:*

$$\begin{aligned}r_s &= 2GM/c^2 \\ r_s &= 2 (6.674215 \cdot 10^{-11}) (1.99 \cdot 10^{30}) / (3 \cdot 10^8)^2 \\ r_s &= 3 \text{ kilómetros}\end{aligned}$$

Este radio sigue pareciendo extremadamente pequeño tomando en cuenta que el Sol posee un radio de centenas de miles de kilómetros. Sin embargo, si calculamos la *densidad* del Sol, encontraremos que esta densidad no es mucho mayor que la densidad del núcleo de los átomos.

**PROBLEMA:** Suponiendo que de alguna manera podamos comprimir al Sol para que tenga un radio de 3 kilómetros, ¿cuál será su densidad? Tomaremos el siguiente dato como válido:

$$\text{Masa del Sol} = M = 1.99 \cdot 10^{30} \text{ Kilogramos}$$

La densidad  $\rho$  es igual a la masa por unidad de volumen, o sea (suponiendo al Sol como una esfera con un radio *-comprimido-* de 3 kilómetros):

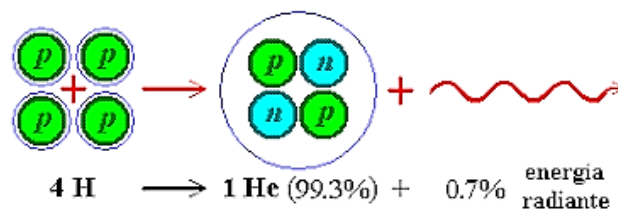
$$\begin{aligned} V &= (4/3) \pi r^3 \\ V &= (4/3) \pi (3,000 \text{ metros})^3 = 1.13 \cdot 10^{11} \text{ m}^3 \\ \rho &= M/V \\ \rho &= (1.99 \cdot 10^{30} \text{ Kg}) / (1.13 \cdot 10^{11} \text{ m}^3) \\ \rho &= 1.76 \cdot 10^{19} \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Esta densidad no es mucho mayor que la densidad que encontramos en el núcleo de los átomos. En el caso de una esfera gaseosa compuesta por partículas elementales como el Sol, si las fuerzas atómicas de alguna manera son capaces de ir comprimiendo la materia hasta estas densidades, entonces tenemos la posibilidad de que a diferencia de lo que ocurre con un planeta sólido una *estrella* sea capaz de terminar convirtiéndose en un agujero negro o por lo menos en un objeto exótico conocido como una *estrella de neutrones*. Esto no solo es posible, sino de hecho es *inevitable* que ciertas estrellas que posean cierta cantidad mínima de masa puedan detener su conversión hacia una estrella de neutrones o hacia un agujero negro.

Para poder estar en condiciones de entender lo que ocurre en la formación de un agujero negro, debemos tomar conocimiento sobre las tres formas en las cuales puede morir una a partir de su creación.

El proceso de formación de una estrella comienza cuando una nube de gas empieza a contraerse a causa de su propia atracción gravitacional. Conforme la nube de gas se va compactando, la energía potencial gravitacional se va convirtiendo en energía térmica y la nube de gas se va calentando. Al calentarse, la presión ejercida por los átomos y las moléculas del gas aumenta tendiendo a contrarrestar la atracción gravitacional, y si la nube de gas no perdiere energía esta presión bastaría para detener el proceso de compactación. Pero esto no sucede en virtud de que la nube de gas continúa perdiendo energía a causa de la radiación que emite hacia el espacio exterior. El proceso de compactación ocasionado por la atracción gravitacional prosigue su marcha y la temperatura de la nube de gas continúa aumentando, hasta que después de algunos millones de años el centro de la nube de gas está lo suficientemente caliente como para que empiecen a ocurrir reacciones nucleares capaces de convertir materia en energía de acuerdo con la fórmula  $E = mc^2$ . El destino final de la nube de gas conforme se va convirtiendo en una estrella dependerá de la cantidad de gas inicial que había para la formación de la estrella, algo que pudiéramos llamar su “masa inicial”.

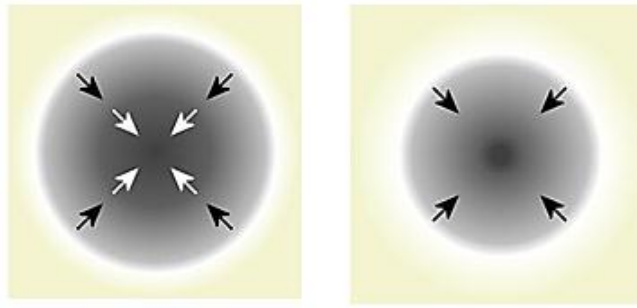
Es un hecho aceptado entre los astrónomos que en cuanto mayor sea la cantidad de masa de la cual consta una estrella tanto más violenta será su muerte. La primera forma en la cual puede morir una estrella se aplica a estrellas relativamente pequeñas como la nuestra, el Sol. Estas estrellas se mantienen “encendidas” mediante un proceso de **fusión atómica** conocido como **proceso protón-protón** en el cual a causa de la elevada temperatura las fuerzas repulsivas que tienden a repeler a las partículas con cargas eléctricas del mismo signo son vencidas y los átomos de hidrógeno son fusionados y convertidos en átomos de helio, lo cual a su vez libera enormes cantidades de energía a la vez que la estrella va adquiriendo una configuración que pudiéramos llamar “estable”:



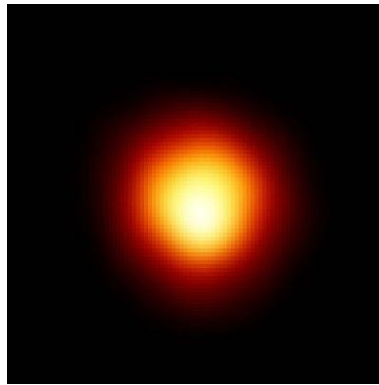
Además de este proceso mediante el cual una estrella puede mantenerse viva existe otro mecanismo de fusión atómica mejor conocido como el **ciclo CNO** (carbono-nitrógeno-oxígeno) o **ciclo Bethe**, en referencia a Hans Bethe quien lo propuso por vez primera en 1939. Aunque la cadena protón-protón es más importante en las estrellas con una masa como la de nuestro Sol o menor, los modelos teóricos muestran que el ciclo CNO es la fuente de energía dominante en las estrellas con una masa de por lo menos 1.5 veces más grande que la de nuestro Sol, las cuales son las más susceptibles de terminar convirtiéndose en estrellas de neutrones o agujeros negros.

Los procesos de fusión atómica que dan vida a las estrellas impiden por sí mismos que una estrella pueda ser considerada como un objeto de densidad constante, y a partir del momento en que la densidad de una estrella no es constante el proceso de colapso gravitacional es un hecho ineludible. De cualquier manera, aunque se tuviese una estrella de densidad constante, para cierta cantidad de masa el proceso de colapso gravitacional es inevitable de acuerdo con un resultado clásico conocido como el **teorema de Buchdahl** dado a conocer por Hans Adolph Buchdahl en 1959, de acuerdo con el cual no puede haber estrellas de densidad uniforme que tengan un radio menor que  $(9/4) M$  (siendo  $M$  la *masa Schwarzschild* en unidades geometrizadas). Esto significa que si uno construye una estrella de densidad constante con un radio igual a  $(9/4) M$  y le da un ligero empujón (esféricamente simétrico) hacia adentro, entonces a la estrella no le queda más alternativa que comenzar a colapsarse hacia adentro, a la estrella no le es posible ya retomar una condición estática.

En un proceso de fusión como el que mantiene vivo a nuestro Sol, cada mil kilogramos de hidrógeno son convertidos en 993 kilogramos de helio que van a dar al interior de la estrella que actúa como una especie de “basurero”:



mientras que los 7 kilogramos restantes son emitidos hacia el exterior como  $6.3 \cdot 10^{16}$  joules de energía radiante (este es el tipo de energía que recibimos del Sol) al pasar por el proceso de metamorfosis de masa a energía de acuerdo con la equivalencia relativista  $E = mc^2$ . Estrellas como nuestro Sol “queman” más de unas quinientas millones de toneladas cada segundo que son fusionadas de hidrógeno a helio, lo cual continúan haciendo por miles de millones de años hasta que se les va agotando el hidrógeno. Mientras esto ocurre, el “núcleo de helio” de la estrella se encuentra en una situación similar a la que se encontraba la nube de gas original que dio inicio a la creación de la estrella, al empezar a contraerse debido a la acción de la gravedad calentándose y acelerando el proceso de “incineración” del hidrógeno en la capa exterior. En este proceso, los átomos de helio en el interior de la estrella empiezan a fusionarse a causa de la enorme temperatura y presión convirtiéndose en carbono y oxígeno, liberando con ello más energía. A causa de esto, las capas exteriores de la estrella experimentan una expansión además de un enfriamiento que produce un cambio importante en su aspecto, con lo cual la estrella termina convirtiéndose en un tipo de estrellas conocidas como *gigantes rojas* (rojas porque la temperatura en la superficie de las mismas ha descendido de manera significativa y *gigantes* por el aumento en su tamaño disminuyendo enormemente a la vez la densidad de las mismas). Cuando nuestro propio Sol llegue a esta etapa que le está esperando en unos cinco mil millones de años, será tan grande que llegará hasta Mercurio, Venus, y a la misma Tierra. Un ejemplo muy conocido de una gigante roja es la estrella Betelgeuse:



Eventualmente, el proceso de fusión en el interior de la estrella empieza a agotar la fuente de helio, y la estrella puede pasar por fases en las cuales los átomos de carbono son fusionados para ser convertidos en átomos de silicio, y a su vez estos átomos de silicio son fusionados para ser convertidos en átomos de hierro. Eventualmente, **a toda estrella se le debe terminar su fuente de energía obtenida a base de procesos de fusión atómica, puesto que el hierro es el elemento más estable de todos los átomos en lo que respecta a esta clase de procesos.** Cualquier reacción que convierta al hierro en otro elemento de la tabla periódica es una reacción que requiere suministrar energía en lugar de liberarla.

En su proceso de desarrollo, una estrella tiene una temperatura lo suficientemente elevada como para que sus átomos se encuentren ionizados (sin electrones estables en las órbitas que normalmente les corresponderían alrededor de los átomos). Si la densidad de la estrella no es muy elevada, cuando es relativamente joven, esta colección de átomos e iones se comporta en cierta manera como un *gas ideal* cuya presión  $P$  y cuya temperatura  $T$  están relacionadas mediante la ley del gas ideal:

$$P = nkT$$

siendo  $n$  la densidad del gas y  $k$  la constante de Boltzmann ( $1.381 \times 10^{-23}$  joules/grados Kelvin). De esta fórmula podemos ver que para una densidad dada se requiere una temperatura elevada  $T$  para poder mantener una presión  $P$  que se oponga al colapso gravitacional de la estrella, pero en virtud de que la estrella está radiando constantemente energía hacia el espacio exterior la temperatura  $T$  no puede ser sostenida indefinidamente al irse agotando a la estrella su “combustible”, con lo cual disminuye la presión  $P$  y con lo cual el colapso gravitacional continúa. Sin embargo, al continuar compactándose la estrella aumentando su densidad, se va alejando de su comportamiento como un gas ideal pero entra en acción otro efecto repulsivo de naturaleza puramente *cuántica* (como en Mecánica Cuántica). Los electrones del gas de la estrella obedecen el *principio de exclusión de Pauli* que nos dice que “dos electrones no pueden ocupar el mismo estado con todos sus números cuánticos iguales”, y como consecuencia de este efecto existe una presión-repulsión adicional que se opone al colapso gravitacional de la estrella, una presión adicional ejercida por los electrones que se vuelve importante al ir aumentando la densidad de la estrella, a la cual se le conoce como **presión de degeneración de los electrones** (*electron degeneracy*), la cual requiere de una densidad en torno a los  $10^6$  g/cm<sup>3</sup> (1000 kg/cm<sup>3</sup>). Si la densidad de la materia en una estrella se vuelve aproximadamente unos cinco millones de veces más grande que la densidad del agua, los electrones contribuyen con una presión adicional que es aproximadamente igual a:

$$P \approx hcn^{4/3}$$

siendo  $h$  la constante de Planck,  $c$  la velocidad de la luz y  $n$  el número de electrones por unidad de volumen (a densidades más bajas la presión se vuelve proporcional a  $n^{5/3}$ ). Esta presión, siendo de naturaleza cuántica, no requiere de una temperatura alta, de modo tal que puede ser sostenida aun cuando la estrella continúa radiando energía.



Para que una estrella pueda sostenerse en un estado de equilibrio resistiéndose a su colapso gravitacional, el requerimiento esencial de *equilibrio hidrostático* es que a cada radio  $r$  -medido desde el centro de la estrella- la fuerza de atracción gravitacional Newtoniana que tiende a compactarla sea contrabalanceada por una presión causada por el gas del que está formada la estrella, lo cual se puede formular clásicamente de la siguiente manera con la **ecuación de equilibrio hidrostático para estrellas Newtonianas** (no-relativistas):

$$\frac{dP}{dr} = -G \frac{m(r)}{r^2} \rho$$

siendo  $dP/dr$  la razón del cambio de la presión con respecto al radio de la estrella,  $\rho$  la densidad de la materia, y  $m(r)$  la cantidad total de masa encerrada en un “casco” esférico a una distancia  $r$  del centro de la estrella. Es de notarse que  $m(r)$  puede ser una función compleja que además de depender del radio  $r$  también dependerá no sólo de la edad de la estrella sino de los elementos que se estén formando en su interior (ya vimos que en el centro de la estrella se va formando un núcleo de helio, al cual posteriormente se le irán sumando otros elementos más pesados como el carbono y el silicio, mientras que en el exterior se tiene una capa de hidrógeno). A partir de esta ecuación se puede demostrar que para poder sostenerse en contra de un colapso gravitacional, la presión  $P_c$  en el centro de la estrella debe ser aproximadamente:

$$P_c \approx GM^{2/3} \rho^{4/3}$$

siendo  $M$  la masa total de la estrella. Para saber si la presión de degeneración de los electrones es suficiente para salvar a una estrella de un colapso gravitacional continuado, es necesario comparar la presión producida por la degeneración de electrones  $P$  con la presión central  $P_c$ . Repasando las fórmulas obtenidas, podemos ver que ambas tienen la misma dependencia ( $n^{4/3}$  y  $\rho^{4/3}$ ) en la densidad de electrones (la densidad  $\rho$  es directamente proporcional a  $n$ ). La salvación de la estrella de un colapso gravitacional solo será posible si el coeficiente numérico del término  $n^{4/3}$  debida a la presión de degeneración de los electrones  $P$  es mayor que el coeficiente numérico del término  $n^{4/3}$  (esencialmente  $\rho^{4/3}$ ) de la presión central  $P_c$  requerida. En virtud de que el coeficiente numérico de  $P_c$  depende directamente de la masa total  $M$  de la estrella, esto implica que las estrellas pequeñas pueden ser sostenidas en contra de un colapso gravitacional continuado, no siendo así con las estrellas grandes. Si  $P$  fuera proporcional a  $n^{4/3}$ , inclusive estrellas con densidades bajas serían inestables. Pero como ya se mencionó, a densidades más bajas la presión de degeneración de electrones se vuelve ligeramente mayor, proporcional a  $n^{5/3}$ , lo cual permite que haya estrellas estables cuando su masa total  $M$  esté por debajo de la masa crítica. Los cálculos detallados llevados a cabo por vez primera por Subrahmanyan Chandrasekhar a principios de la década de los treinta demostraron cómo en aquellas estrellas con una masa menor que 1.3 veces la masa de nuestro Sol la presión de degeneración de los electrones  $P$  puede detener el colapso gravitacional, con lo cual las estrellas pueden “envejecer” hasta convertirse en gigantes rojas.

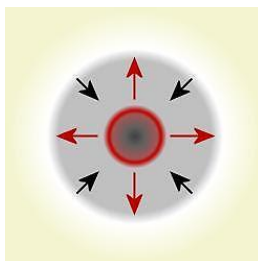
Sin embargo, para una masa mayor a 1.3 veces la masa de nuestro Sol *pero no mayor de cierto límite*, al ser insuficiente la presión de degeneración de los electrones se vuelve cada vez más probable que las estrellas eventualmente continúen con su proceso de colapso de gravitacional hasta que la atracción de la gravedad hace que se contraigan a una estrella conocida como *enana blanca* del tamaño de la Tierra pero con una masa equivalente a la masa del Sol. Un pedacito de una enana blanca del tamaño de un guisante tendría (sobre la superficie de la Tierra) un peso superior al de un hipopótamo. A continuación tenemos a una enana blanca comparada en tamaño con la Tierra:



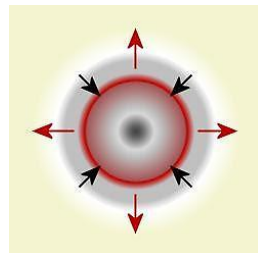
En estas estrellas el empuje hacia el interior ocasionado por la gravedad sigue siendo contra-balanceado por la presión repulsiva producida por la degeneración de los electrones. Conforme va pasando el tiempo, la enana blanca continúa enfriándose hasta convertirse lo que equivale al rescoldo de una brasa que se va apagando, conocido como *enana negra*, explotando su capa exterior hacia el espacio formando una nebulosa como la Nebulosa del Anillo M57 en la constelación de Lyra:



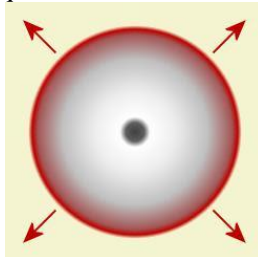
Si suponemos que la masa original de la estrella es ligeramente mayor a la de nuestro Sol pero no dos veces mayor, podría convertirse en una enana blanca e inclusive también podría convertirse en una gigante roja (aunque esto último no es muy probable). Sin embargo, existe un límite para una enana blanca, conocido como el **límite de Chandrasekhar**, el cual equivale a aproximadamente unas 1.44 masas solares, siendo esta la máxima masa posible de una estrella fría estable con la cual la degeneración de electrones en su interior (flechas rojas) apenas es capaz de contrarrestar la atracción de la gravedad (flechas negras):



Si se supera la masa límite de Chandrasekhar, la estrella se empezará a colapsar:



en camino para convertirse en una estrella de neutrones o en un agujero negro (existe también, al menos *en teoría*, un tercer posible resultado de este colapso, que se cree que puede producir lo que hoy se conoce como una *estrella de quarks*), ya que al contraerse por efecto de la atracción de la gravedad, su mayor cantidad de masa hará que se exceda el límite crítico explotando para convertirse en una *supernova*:



Cuando estos eventos ocurren, las explosiones son visibles e inclusive pueden ser vistas en el cielo sin ayuda de instrumentos ópticos como estrellas con una luminosidad mucho mayor que la luminosidad de las estrellas circundantes. La Nebulosa del Cangrejo es el residuo de una explosión de este tipo, la cual tuvo lugar en 1054 y fue tan espectacular que incluso fue registrada por los astrónomos orientales.

Rebasado el límite de Chandrasekhar, y antes de que la estrella pueda terminar convirtiéndose en un agujero negro, existe otro límite que determina la suerte que le espera a una estrella con una masa dos o tres veces mayor que la masa de nuestro Sol. Cuando una estrella explota convirtiéndose en una supernova arrojando hacia el espacio su capa exterior, esta explosión también proporciona un empuje esférico hacia el interior concentrando en el núcleo remanente de la estrella una cantidad de masa mucho mayor que la que había antes allí. Tenemos nuevamente una situación inicial de equilibrio hidrostático. Sin embargo, la intensidad del campo gravitacional impide que podamos analizar este tipo de estrella bajo la mecánica clásica Newtoniana. Es necesario recurrir a las ecuaciones de campo de la Relatividad General para poder determinar lo que va a ocurrir de aquí en adelante. Esta fue la conclusión a la que se llegó en 1939 cuando se obtuvo una solución a las ecuaciones de campo de la Relatividad General también para el caso de una masa esféricamente simétrica, tomando como punto de partida la **ecuación de equilibrio hidrostático para estrellas relativistas**:

$$\frac{dP}{dr} = -G \frac{(\rho + p/c^2)(m(r) + 4\pi r^3 p/c^2)}{r(r - 2Gm(r)/c^2)}$$

Esta ecuación exacta que reemplaza a la ecuación Newtoniana, descrita por vez primera por el físico norteamericano Robert Oppenheimer y su alumno George Volkoff, es mejor conocida como la **ecuación Oppenheimer-Volkoff**. Compárese esta ecuación *relativista* con su contraparte Newtoniana dada arriba. Podemos ver que en el lado derecho de esta ecuación tanto por el numerador que es mayor en la expresión relativista como por el denominador que es menor en la expresión relativista, será más difícil el poder mantener un equilibrio hidrostático -la presión requerida para mantener a una estrella en pie en contra de su colapso gravitacional- que como lo era en el caso Newtoniano clásico, debido al mayor gradiente de presión  $dP/dr$ . Si la expresión Newtoniana derivó en un límite, el límite de Chandrasekhar, que es la masa máxima con la cual una estrella puede sostenerse en equilibrio en contra de su colapso gravitacional, podemos esperar que en la expresión relativista para el equilibrio hidrostático habrá también otro límite. Ese límite existe y es conocido como el *límite Oppenheimer-Volkoff*.

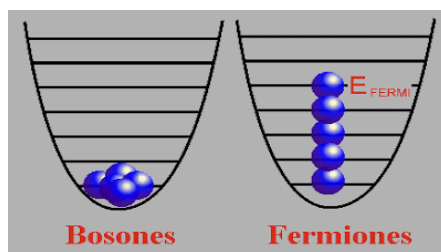
Con el propósito de poder compaginar mejor la teoría con los datos experimentales y las observaciones astronómicas, la ecuación Oppenheimer-Volkoff fue objeto de una modificación posterior que produjo lo que hoy se conoce como la **ecuación Tolman-Oppenheimer-Volkoff**:

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{G}{r^2} \left[ \rho(r) + \frac{P(r)}{c^2} \right] \left[ M(r) + 4\pi r^3 \frac{P(r)}{c^2} \right] \left[ 1 - \frac{2GM(r)}{c^2 r} \right]^{-1}$$

en donde  $r$  es la coordenada radial y  $\rho(r)$  y  $P(r)$  son la densidad y la presión, respectivamente, del material de la estrella en un punto  $r = r_0$ , siendo  $M(r_0)$  la masa total de la estrella dentro del radio  $r=r_0$  como es medido por el campo gravitacional percibido por un observador distante. La métrica relativista ligada a la ecuación Tolman-Oppenheimer-Volkoff es, desde luego, la métrica de Schwarzschild, escrita de la siguiente manera:

$$ds^2 = e^{\nu(r)} c^2 dt^2 - (1 - 2GM(r)/rc^2)^{-1} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

De acuerdo con las conclusiones que se pueden obtener de las relaciones para el equilibrio hidroestático de estrellas en vías de su colapso, la mayor parte de la estrella se comprime en cuestión de unos cuantos segundos hasta convertirse en una estrella más pequeña incluso que la Tierra, una estrella de no más de unos diez a veinte kilómetros de radio. Siendo tan densa y a causa de una atracción de la gravedad tan intensa, la densidad en dicha estrella se vuelve un millón de veces más densa que la densidad de la Tierra, y una porción de dicha estrella del tamaño de una canica tendría sobre la superficie de la Tierra un peso de millones de toneladas. Esto es algo demasiado compacto como para permitir la preservación de la identidad de los átomos de la estrella e inclusive de las partículas elementales que forman a los átomos de la estrella. Los protones son comprimidos junto con los electrones convirtiéndose en neutrones, hasta que desaparecen todos los protones y electrones y lo único que queda son partículas sub-atómicas neutras sin carga eléctrica, los neutrones. En efecto, la estrella se ha convertido en una **estrella de neutrones**. Si la masa no excede de cierto límite, estas estrellas son mantenidas en tal estado, quedando a salvo de una continuación posterior del proceso de colapso gravitacional gracias a lo que hoy se conoce como **presión de degeneración de neutrones** (*neutron degeneracy*), un mecanismo de presión repulsiva de origen cuántico similar en cierta forma a la presión de degeneración de los electrones, basado también en el principio de exclusión de Pauli para *fermiones* (aunque el principio de exclusión de Pauli, responsable de la "impenetrabilidad" de la materia ordinaria que hace que esta sea una substancia extensa, responsable también de la estabilidad de los orbitales atómicos haciendo que la complejidad química sea posible, y responsable desde luego de la presión ejercida por la materia degenerada, fue aplicado inicialmente a los electrones situados en los orbitales atómicos de los átomos, explicando exitosamente la configuración electrónica de los átomos y el por qué los electrones tienen que ir ocupando capas electrónicas sucesivas a causa de este efecto de repulsión cuántica, el principio eventualmente fue extendido a los fermiones de todo tipo, o sea incluyendo a los protones y a los neutrones). En la siguiente figura podemos ver cómo con una temperatura cercana al cero absoluto mientras que las partículas sub-atómicas conocidas como *bosones* pueden ser acomodadas todas juntas en un mismo nivel energético en el *pozo potencial* energético de la izquierda, los fermiones tienen que ser puestos en niveles energéticos diferentes en el pozo potencial energético de la derecha por la repulsión que hay entre todos ellos a causa del efecto cuántico enunciado por el principio de exclusión de Pauli (el nivel de energía  $E_{\text{FERMI}}$  destacado en la figura derecha corresponde a la energía del más elevado estado cuántico ocupado dentro por un sistema de fermiones):



A diferencia del estado inicial de una estrella en el cual la presión requerida para retrasar el colapso gravitacional es causado por la enorme temperatura que a su vez se traduce en una enorme presión la cual se va perdiendo al ir radiando la estrella energía hacia el espacio exterior, la presión de degeneración de neutrones es una presión que puede ser sostenida conforme va bajando la temperatura ya que no es de naturaleza térmica sino de naturaleza cuántica. Esto significa que una estrella de neutrones se puede ir enfriando indefinidamente manteniendo su equilibrio y su tamaño (su radio) por el resto de la eternidad *siempre y cuando su masa no exceda de cierto límite con el cual la atracción ejercida por el campo gravitacional puede vencer incluso la repulsión causada por la presión de degeneración de neutrones*.

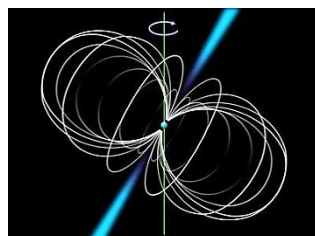
A continuación tenemos una representación del proceso de formación de una estrella de neutrones ocurrido en diciembre de 2004 a unos 50 mil años-luz de la Tierra, el cual fue tan violento que temporalmente encendió todos los satélites de rayos-X que se tienen en órbita alrededor de la Tierra y además ocasionó que la parte superior de la atmósfera terrestre se iluminara:



La estrella de neutrones es un cuerpo opaco, y se ha estimado por varios cálculos independientes que la densidad de la materia en una estrella de neutrones es de aproximadamente  $10^{17} \text{ Kg/m}^3$ , lo cual podemos escribir explícitamente como:

100,000,000,000,000,000 kilogramos... ¡por cada metro cúbico!

El consenso actual entre la comunidad científica es que la explosión de una supernova es lo que produce **estrellas de neutrones en rotación rápida**, las cuales son conocidas como **púlsares** (*pulsars*, una contracción de las palabras "pulsating stars"), de las cuales se conocen en la actualidad más de 600 con periodos de rotación que van desde el milisegundo a unos pocos segundos, con un promedio de 0.65 segundos (en la ilustración la esfera en el centro representa la estrella de neutrones, las curvas indican las líneas del campo magnético y los conos representan los haces de emisión de las señales de radiofrecuencia):





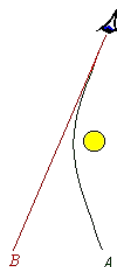
habiéndose detectado la primera púlsar en julio de 1967 mediante un radiotelescopio (los radiotelescopios siguen siendo la única manera en la cual este tipo de objetos pueden ser localizados en el espacio). Estos periodos de rotación tan cortos sólo son posibles si este tipo de estrellas tienen tamaños de unos pocos miles de kilómetros. En la siguiente fotografía tomada por el telescopio espacial Chandra tenemos a los remanentes de la supernova identificada como **Kes 75**, dentro de la cual el púlsar es el objeto brillante en el centro de la fotografía:



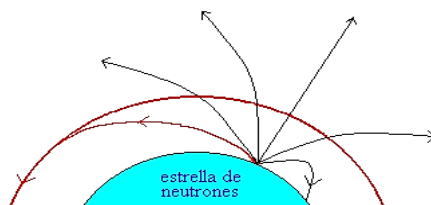
De los cientos de púlsares que se han detectado hasta la fecha, quizás el más interesante de todos ellos es el **PSR B1913+16** descubierto en 1974, también conocido como el **púlsar binario Hulse-Taylor**, el cual está formado por dos estrellas compactas girando en torno a su centro de masa común. Este sistema es interesante porque su órbita ha estado decayendo desde el año en que el sistema fue descubierto *en conformidad precisa con la pérdida de energía causada por la emisión de ondas gravitacionales predicha por la Teoría General de la Relatividad*. En la actualidad se considera que esta es la primera confirmación obtenida sobre la existencia de ondas gravitacionales, distorsiones en el entramado del espacio-tiempo que viajan a la velocidad de la luz.

A diferencia de lo que ocurre con estrellas como nuestro Sol cuya gravedad pese a ser lo suficientemente intensa para mantenernos en órbita en torno suyo no es lo suficientemente intensa como para sacar a relucir a flote claramente los efectos de la Relatividad General (la expedición llevada a cabo por Sir Arthur Eddington a la isla de Príncipe cerca de África durante el eclipse solar el 29 de mayo de 1919 para confirmar la desviación de los rayos provenientes de estrellas lejanas a causa de la gravedad del Sol como lo predice la Relatividad General, comentada en la entrada “Predicciones, confirmaciones y reflexiones”, dejó en los registros fotográficos un efecto tan tenue que eventualmente fue puesto en tela de duda por décadas al ser tomadas en cuenta las incertidumbres experimentales astronómicas capaces de ser confundidas con efectos relativistas), las estrellas de neutrones (así como los agujeros negros) son el medio ideal para efectuar cálculos matemáticos propios de la Relatividad General así como para llevar a cabo confirmaciones astronómicas de dichos cálculos, ya que la gravedad es tan intensa en estos cuerpos que los efectos no pueden ser explicados mediante simple mecánica Newtoniana.

Una superficie límite interesante que se puede esperar encontrar en torno a una estrella de neutrones es la que se conoce como una *esfera de fotones*. En la siguiente figura, si suponemos que hay una fuente luminosa (una estrella) situada en el punto B, al pasar cerca del Sol un rayo de luz proveniente de dicha estrella será desviado conforme lo predice la Relatividad General, y al llegar al observador (situado en un telescopio en la parte superior de la figura) el observador creará que la estrella está situada en el punto A:



Para un rayo de luz que pasa muy cerca de la superficie del Sol, el efecto relativista que puede esperarse es muy pequeño, inferior a unos dos segundos de arco de deflexión de una línea recta. Pero si se trata de un rayo luminoso que sale de la superficie de una estrella de neutrones a cierto ángulo (digamos unos 30 grados) con respecto al horizonte, será desviado de tal manera por la intensidad de la gravedad que no podrá escapar de la superficie y entrará en órbita:



La luz que sea emitida a ángulos menores a dicho ángulo límite no podrá escapar y caerá sobre la superficie de la estrella de neutrones como si fuese un objeto material. Entre la región crítica de la cual un fotón aún puede escapar de una estrella de neutrones al no estar lo suficientemente cerca para ser “jalado” hacia la estrella a causa de la atracción gravitacional y la región crítica en la cual el fotón será irremediamente “jalado” hacia la estrella, podemos concebir una distancia radial crítica hacia el centro de la estrella en la cual ocurriría algo espectacular: *los fotones entrarían en órbita en torno a la estrella de neutrones*. Esta superficie sería precisamente la **esfera de fotones**. Sin embargo, una esfera de fotones es algo sumamente hipotético en virtud del alto grado de precisión que se necesitaría para que los fotones puedan entrar en órbita en torno a una estrella de neutrones. Si la distancia hacia el centro de la estrella requerida para que un fotón entre en órbita en torno a la estrella es de 25.04 kilómetros, entonces el fotón debe estar situado justa y *exactamente* a tal distancia, *sin desviación alguna*. Esto significa que si el fotón se encuentra no a una distancia de 25.04 kilómetros sino de:

25.039999999999999999999999999999... kilómetros

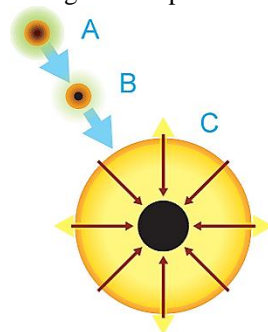
entonces ese poquito que le falta al fotón para estar situado exactamente a los 25.04 kilómetros no será suficiente para impedir que sea “jalado” hacia la estrella de neutrones. Por otro lado, aún si fuese posible crear artificialmente de alguna manera una esfera de fotones, nosotros no veríamos nada porque para ver algo los fotones tienen que entrar directamente hacia nuestras retinas en lugar de estar en órbita en torno a un cuerpo. La esfera de fotones, más que algo que pueda existir en algún lado del Universo, debe ser vista como un parámetro de interés como lo es la velocidad del sonido, el cual cuando es rebasado por los aviones supersónicos trae consigo una cantidad de efectos interesantes. En el caso de una esfera de fotones, es el límite del cual aún podemos enviar información hacia el exterior desde una estrella que aún no se ha convertido en un agujero negro.

El proceso de conversión de una estrella ordinaria a una estrella de neutrones que hemos visto arriba es la segunda forma en la cual puede morir una estrella.

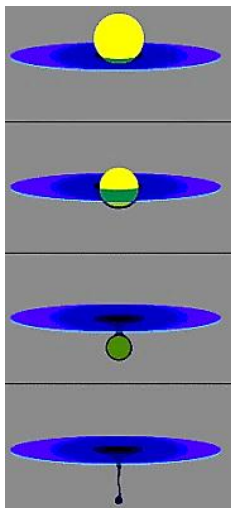
Rebasado el límite de Chandrasekhar, y rebasado el límite Oppenheimer-Volkoff, la tercera forma en la cual puede morir una estrella es el proceso que la puede llevar a convertirse en un *agujero negro*. Todo depende de la masa inicial de la estrella. La cantidad de masa máxima para una estrella de neutrones es de aproximadamente tres veces la masa de nuestro Sol. Este es aproximadamente el límite Oppenheimer-Volkoff. Cuando la masa de una estrella es unas diez veces mayor que la masa de nuestro Sol, al acercarse al final de su ciclo de vida la atracción gravitacional se vuelve tan intensa que la repulsión interna producida por la presión de degeneración de neutrones no es suficiente para detener el proceso de compresión y compactación de protones y electrones que de otro modo la convertiría en una simple estrella de neutrones. La implosión se convierte en un *colapso gravitacional catastrófico* que continúa en forma acelerada hasta que se crea una región esférica en el espacio-tiempo del Universo de cuyo interior la luz ya no puede escapar a causa de la intensa atracción gravitacional, una región esférica de radio  $r_s$  que hoy conocemos como el **radio de Schwarzschild**, el cual aparece precisamente como parte de la *solución exacta* a las ecuaciones de campo de Einstein a través de la métrica de Schwarzschild especificada al principio:

$$r_s = 2GM/c^2$$

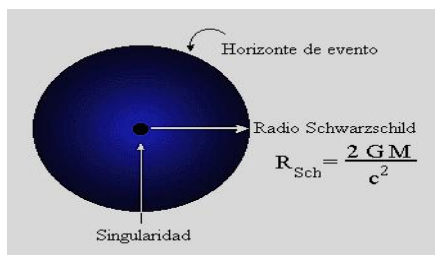
Este es el radio que define al *horizonte de evento* del agujero negro en su proceso de formación cuando ocurre el colapso gravitacional:



Pero dentro del horizonte de evento, en el *centro* del agujero negro encontramos todavía algo más interesante: una singularidad matemática en la cual muchos científicos suponen que **el espacio-tiempo se comprime hasta el infinito**:



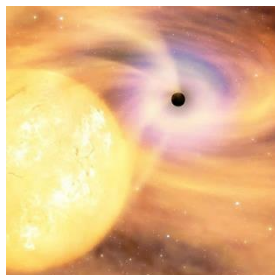
Y en esta singularidad no sólo el espacio-tiempo es compactado hasta el infinito. Dondequiera que haya un agujero negro, en el centro de su interior se ha perforado un punto en el Universo en el cual también toda la materia-energía puede ser compactada *hasta el infinito*:



De este modo, en la singularidad matemática que se encuentra en el centro del agujero negro se compacta **todo**, se compactan el espacio-tiempo y la materia-energía formando “algo” que ni siquiera nos podemos imaginar, se forma una “substancia” a la cual tal vez ni siquiera se le pueda llamar substancia, porque las matemáticas humanas carecen de funcionalidad para poder investigar el infinito.

Si podemos imaginar un punto del tamaño de una cabeza de alfiler capaz de tragarse completamente a la Tierra, apenas empezaríamos a vislumbrar la magnitud de lo que ocurre en la singularidad situada en el interior de un agujero negro. Entre la singularidad situada en el centro del agujero negro y la superficie esférica que representa al horizonte de evento aún es posible que un objeto pueda continuar existiendo, pero un objeto jalado hacia la singularidad se comprime hasta desaparecer en la singularidad. *La singularidad en el centro de un agujero negro no es únicamente una singularidad matemática, muchos científicos suponen que se trata también de una singularidad física con existencia real.* Esta singularidad no puede ser vista o detectada de modo alguno por un observador externo en virtud de que el horizonte de evento esférico que rodea a la singularidad no permite que pueda escapar del agujero negro ninguna señal luminosa hacia el exterior.

Un agujero negro, a causa del enorme campo gravitacional que lo rodea, es capaz de devorar no sólo objetos pequeños sino inclusive estrellas y planetas enteros (además de edificios y rascacielos), como lo muestra la siguiente imagen que representa a una estrella como la nuestra, un Sol, en el proceso de comenzar a ser devorada por un agujero negro:



Con cada planeta o estrella que vaya devorando el agujero negro, la masa  $M$  del agujero negro va aumentando a la vez que todo es comprimido en su interior a grado tal que inclusive los átomos y las moléculas que formaban al planeta o a la estrella son fusionadas una y otra vez hasta que la identidad de las mismas desaparece por completo. Ni siquiera nos quedan los neutrones, porque estos son fusionados entre sí y comprimidos *hasta el infinito* hacia esa sustancia extraña que se supone que existe en la singularidad situada en el centro de todo agujero negro.

Una pregunta que puede surgir a estas alturas es: ¿son los agujeros negros algo hipotético, el resultado de haber ido demasiado lejos con las matemáticas de una teoría, o contamos con algunas evidencias que nos puedan decir algo sobre la realidad de los mismos dentro del Universo en que vivimos? La respuesta a esta pregunta nos lleva invariablemente al primer agujero negro en haber sido detectado y confirmado, de lo cual hablaremos a continuación.

En astronomía, al hablar acerca de *sistemas binarios*, no estamos hablando de algo que tenga que ver con una computadora digital (aunque esta última pueda ser de mucha ayuda). Se trata de dos cuerpos, generalmente estrellas, que están en órbita la una en torno a la otra bajo la influencia de sus respectivas atracciones gravitatorias. Nuestra galaxia está repleta de estos sistemas binarios cuya existencia ha sido confirmada desde hace ya buen tiempo.

Desde 1970, con la puesta en órbita de satélites capaces de detectar fuentes de rayos-X, se ha encontrado una cantidad creciente de sistemas binarios capaces de generar rayos-X. El común denominador en estos sistemas es una estrella aparentemente normal, visible, en órbita cercana con otro cuerpo que no es ópticamente visible. La existencia de esos otros cuerpos que no son ópticamente visibles se ha podido intuir gracias a los cambios en la frecuencia de las señales luminosas debido al desplazamiento Doppler. La interrogante con respecto al origen de estos rayos-X es, desde luego, el mecanismo que los produce, cómo es posible que en esos sistemas binarios se puedan generar los rayos-X emitidos al resto del Universo que están detectando nuestros satélites en órbita. La mejor explicación que tenemos a la mano es que si uno tiene una estrella ordinaria en órbita cercana con respecto a una estrella compacta (ya sea una enana blanca, una estrella de neutrones o un agujero negro) es lógico esperar que haya un flujo de materia gaseosa de la estrella ordinaria hacia la estrella compacta. En algunos casos, el flujo constante del gas desde la estrella va cayendo hacia la estrella compacta siguiendo la ruta de una espiral, formando lo que se conoce como un *disco de acreción* (se define como “acreción” la agregación de materia a un cuerpo). La compresión del gas conforme va cayendo así como la turbulencia del mismo produce un sobrecalentamiento del gas en el disco de acreción, lo cual resulta en la emisión de rayos-X. El mecanismo natural de producción de rayos-X debe ser el mismo que el que utilizamos en los aparatos de rayos-X que tenemos en los hospitales para tomar radiografías y tomografías: una carga eléctrica (electrones) es acelerada bajo una gran diferencia de potencial hacia una lámina en donde los electrones que se mueven a gran velocidad son detenidos abruptamente, y cuando son detenidos emiten una radiación intensa a causa del fenómeno del *bremssstrahlung* (la palabra significa “radiación de frenado”).

Clásicamente (y también relativísticamente) toda carga eléctrica que es acelerada o decelerada emite una radiación electromagnética, y estos son precisamente los rayos-X que emanan de nuestros aparatos en los hospitales (por radiación de frenado al ser deceleradas las cargas eléctricas), y por extensión lógica, también de los sistemas binarios (al ser aceleradas las cargas eléctricas en su camino hacia la estrella compacta). Bajo el modelo teórico señalado, es necesario que el gas pase por una acreción hacia una estrella compacta en lugar de una estrella ordinaria para que el calentamiento del gas sea lo suficientemente intenso como para que se produzcan los rayos-X. Además de esto, se han registrado variaciones rápidas en el tiempo en la emisión de los rayos-X, lo cual nos dice que la región desde la cual son generados posiblemente es una región muy pequeña. Es por estas razones que se ha aceptado que todas las fuentes astronómicas binarias de rayos-X constan de una estrella normal que está en órbita en torno a una enana blanca, una estrella de neutrones, o un agujero negro.

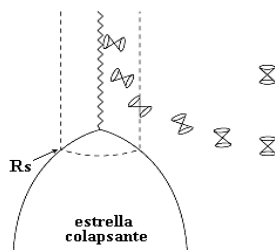
Tras haber entrado en órbita los primeros satélites de rayos-X, una de las primeras fuentes binarias de rayos-X en captar la atención inmediata de los astrónomos fue **Cygnus X-1**, usualmente abreviada como **Cyg X-1**. De las mediciones del período orbital y la velocidad orbital (estos a su vez inferidos de los desplazamientos Doppler) de la estrella así como otros datos más indirectos, se puede estimar la masa del cuerpo compacto en torno al cual está orbitando la estrella de Cygnus X-1. Las mejores estimaciones astronómicas nos indican que la masa del cuerpo compacto invisible del sistema binario Cygnus X-1 es de por lo menos unas *nueve masas solares*. Este es un valor significativamente mayor que el tope máximo posible de masa para una estrella enana blanca o para una estrella de neutrones. **Se concluyó, por lo tanto, que el sistema binario Cygnus X-1 contiene un agujero negro.**

Tras la confirmación de la existencia real del primer agujero negro en ser detectado, otros agujeros negros han ido apareciendo en el panorama, a grado tal que ya no se consideran una rareza exótica difícil de encontrar.



**PROBLEMA:** Bosquejar en un diagrama espacio-tiempo el proceso de colapso gravitacional que conduce a la creación de un agujero negro.

Un diagrama espacio-tiempo apropiado es el siguiente:



En la parte inferior de este diagrama espacio-tiempo, empezamos con una estrella que está experimentando un colapso gravitacional en virtud de poseer una densidad de masa así como la masa suficiente para que se lleve a cabo su conversión en un agujero negro. La parte inferior trata de bosquejar un cuerpo esférico que se está encogiendo rápidamente, hasta llegar a un radio marcado como **Rs**, que es precisamente el radio de Schwarzschild para la estrella que se está colapsando. A partir de este momento, la estrella deja de emitir todo tipo de luz, porque toda su materia está comprimiéndose dentro del horizonte de evento que permanece por fuera como una esfera de la cual no puede escapar un rayo de luz. Por dentro el colapso continúa hacia la *singularidad* que es representada como una línea ondulada. Se han dibujado varios conos de luz que corresponden a varios observadores situados en el diagrama espacio-tiempo. Los dos conos de luz que están situados más hacia la derecha son conos de luz de observadores tan alejados del agujero negro que siguen siendo los conos de luz ordinarios típicos del diagrama espacio-tiempo de Minkowski. Pero al ir estando más cerca del agujero negro, los conos de luz se van inclinando mostrando el efecto de la distorsión provocada en el espacio-tiempo circundante en el exterior del agujero negro por la enorme masa de la estrella que parece haber desaparecido. El cono de luz cuyo extremo lateral está situado justo en el borde del horizonte de evento del agujero negro nos señala la superficie de la cual ni siquiera la misma luz puede escapar. Si un haz de luz va a entrar en órbita circular en torno a un agujero negro sin caer dentro del mismo, es justo aquí es donde la línea del mundo que corresponde al cono de luz debe coincidir tangencialmente con la superficie esférica en la que está situado el horizonte de evento. Cualquier otra *línea del mundo* del interior de ese cono de luz situado en el borde conduce en el “futuro” del cono directamente hacia el interior del agujero negro. Por último, los otros dos conos de luz que están en el interior del horizonte de evento representan los conos de luz de observadores que en algún momento de su “pasado” penetraron al interior del agujero negro, y la inclinación pronunciada a medida que se acercan a la singularidad refleja el hecho de que la singularidad está compactando la mayor cantidad posible de masa-energía-espacio-tiempo en ese punto casi imposible de describir.

### La primera confirmación visual de la Teoría de la Relatividad General

El miércoles 10 de abril de 2019 resultó ser un día excepcional para aquellos que siguen de cerca el desarrollo de descubrimientos astronómicos que pueden ser considerados importantes, porque en ese miércoles 10 de abril un grupo de científicos difundió [la primera imagen](#) que con datos astronómicos reales se haya elaborado de un [agujero negro](#), como parte del [proyecto telescopio Event Horizon](#) cuyo resultado final había sido mantenido bajo una secrecía casi absoluta hasta el día cuando la fotografía fue revelada a los medios de comunicación. Se trata del [Messier 87](#), un agujero negro supermasivo situado en el centro de esa galaxia del mismo nombre.

Tómese en cuenta que por mucho tiempo astrónomos de gran reputación estuvieron [poniendo en tela de duda](#) todavía hasta hace poco antes de la publicación de la anterior fotografía la existencia de los agujeros negros pese a que habían sido predichos por la Teoría de la Relatividad General de Einstein, la cual poco antes ya había recibido una confirmación científica espectacular con el descubrimiento de las [ondas gravitatorias](#) también predichas por dicha teoría. No se trata pues de algo que se trate de una mera hipótesis, la teoría Einsteniana nos proporciona una visión sobre la manera en la que nuestro Universo trabaja a escala macro cósmica.

La [primera imagen que tenemos de un agujero negro](#) parece la de un ojo brillante. Jessica Dempsey, directora adjunta del Observatorio del Este Asiático en Hawái y una de las codescubridoras, dijo que el anillo de luz resplandeciente de la fotografía que asemeja un anillo en llamas anaranjadas, amarillas le recordaba el llameante *Ojo de Sauron*:



de la trilogía [El señor de los anillos](#). Casi de inmediato empezaron a aparecer los primeros *memes* como el siguiente:



sobre este importante descubrimiento que les ha tocado ver a las nuevas generaciones del Tercer Milenio, o sea a los *millenials* y a los de la [Generación X](#).

“Hemos visto lo que creíamos era imposible de ver. Hemos visto y fotografiado un agujero negro. Aquí está”, comentó Sheperd Doleman, de la Universidad de Harvard.

El agujero negro Mesier 87, a diferencia de los agujeros negros menores que son producto del *colapso de estrellas*, pertenece a la categoría de otros agujeros negros conocidos como [agujeros negros supermasivos](#) que siguen siendo de origen misterioso y tal vez se remontan hasta los mismos instantes de la Creación.

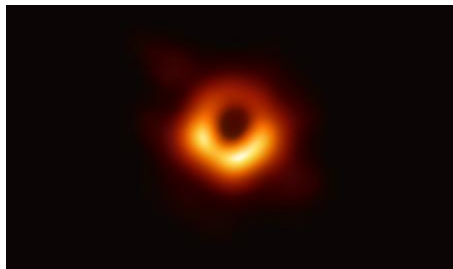
La construcción de la primera imagen visual de un agujero negro fue lograda no usando [telescopios refractores convencionales](#) (con los cuales se puede ver directamente con el ojo aquello hacia lo cual está apuntando el telescopio, como el [telescopio Hale](#)) sino una red constituida por ocho grandes [radiotelescopios](#) (como el del [Observatorio Jodrell Bank](#)). El radiotelescopio moderno fue posible gracias a las contribuciones del físico hindú Sir Jagdish Chandra Bose (conocido como el padre del Wifi moderno) quien demostró la posibilidad de las comunicaciones de radio [usando ondas electromagnéticas milimétricas](#) ubicadas en el espectro de los 30 Gigahertz a los 300 Gigahertz que forman la espina dorsal de la tecnología 5G. Estos radiotelescopios trabajan a frecuencias de cientos de gigahertz, frecuencias que fueron generadas por vez primera por los experimentos de Bose en Calcuta en 1895.

La obtención del primer rastro visual de un agujero negro en el Universo no solo requirió la construcción de una sofisticada red de radiotelescopios alrededor del mundo capaces de recolectar simultáneamente la información emanada del entorno del agujero negro. También requirió de una programación (software) capaz de procesar enormes cantidades de información, capaz de procesar la enorme cantidad de datos recabada alrededor del mundo. Esto requirió desarrollar un algoritmo sofisticado conocido como CHIRP (Continuous High-Resolution Image Reconstruction using Patch Priors) para combinar los datos obtenidos de los ocho radiotelescopios ubicados alrededor del mundo. El desarrollo del [algoritmo CHIRP](#) de cuyo crédito se le da a la científica [Katie Bouman](#) fue [anunciado en 2016](#) por un equipo del MIT que involucró a investigadores de tres sitios diferentes: el Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory del MIT, el Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics y el Observatorio Haystack del MIT. A ella se le debe el algoritmo computacional que hizo posible crear la primera imagen de un agujero negro. Como MIT lo describió tres años atrás, el proyecto buscaba “convertir a todo el planeta Tierra en un gran disco de radiotelescopio” para salvar el obstáculo de la resolución angular, lo cual necesitaba de un receptor telescópico del tamaño de la Tierra hecho posible con la construcción de ocho telescopios distribuidos sobre la superficie terrestre que recopilaran datos simultáneamente. Para ello era necesario crear un sistema que corrigiese y contrarrestase las distorsiones introducidas por la diferente situación de cada telescopio y las condiciones atmosféricas, y rellenase los huecos de información. La Dra. Bouman adoptó una solución algebraica inteligente para resolver este problema. Si las mediciones obtenidas de tres telescopios distintos son multiplicadas, los retardos adicionales ocasionados por el ruido atmosférico se cancelan el uno al otro. Esto implica que cada medición nueva requiere de datos suministrados por tres telescopios en lugar de dos, pero el aumento en la precisión compensa la pérdida de información. El algoritmo entonces reconstruía y refinaba las imágenes originales para preparar la imagen histórica final del agujero negro. El algoritmo CHIRP también puede ser utilizado para un sistema de imágenes que usa interferometría de señales de radio. Tantos datos fueron recolectados de la red de radiotelescopios del Event Horizon Telescope que la información tuvo que ser remitida al MIT Haystack Observatory en una media tonelada de discos duros de alta capacidad de almacenaje.

Al día siguiente de ser revelada al mundo la primera imagen de un agujero negro, el profesor de idiomas Larry Kimura, maestro de hawaiano en la Universidad de Hawái, campus Hilo, le dio el nombre en hawaiano **Powehi**, que significa “la creación oscura adornada e insondable”, o “la fuente oscura embellecida de creación infinita”, y proviene del Kumulipo, un canto hawaiano sobre la creación del mundo que se remonta al siglo XVIII. **Po** es una fuente oscura y profunda de creación sin fin, mientras que **wehi**, honrado con adornos, es una de las descripciones del canto de po. Los astrónomos dijeron que le dieron un nombre hawaiano porque el proyecto incluía dos telescopios de Hawái.

Científicos que no participaron del proyecto EHT insinuaron que la hazaña de la obtención de la primera imagen visual de un agujero negro podría ser digna de un Premio Nobel, tal como sucedió con el descubrimiento de la onda gravitatoria.

Sin duda alguna el mismo Einstein se habría quedado impactado al ver la fotografía de un agujero negro, fenómeno predicho matemáticamente por su Teoría General de la Relatividad, confirmando a Einstein como uno de los más grandes intelectos científicos del siglo XX. La sofisticada tecnología para producir la imagen fotográfica de un agujero negro usando como punto de partida datos astronómicos reales no existía en los tiempos en los cuales vivió Einstein. Somos afortunados en haber tenido la oportunidad de contemplar la primera prueba visual que confirma la veracidad de una de las teorías científicas más revolucionarias del siglo pasado.



*Continúa en el próximo número...*

## PARECIDO AL ELECTRÓN

## Los muones que pueden revolucionar la física.

Los últimos y precisos resultados experimentales que ha facilitado este verano el laboratorio Fermilab de Estados Unidos sobre el muon, una partícula parecida al electrón pero mucho más masiva, siguen sin coincidir con lo que plantean los físicos teóricos y el modelo estándar. ¿Habrà que revisarlo? Las claves de esta discrepancia nos las ofrece David Tarazona, uno de los científicos del proyecto.

Por ENRIQUE SACRISTÁN  
TOMADO DE: laSexta – TecnoXplora  
Madrid, 26 septiembre, 2023



Los muones (que toman su nombre de la letra griega  $\mu$ ) son partículas elementales similares a los electrones, con carga negativa como ellos pero con masa 207 veces mayor. Normalmente se crean cuando los rayos cósmicos chocan con la atmósfera terrestre, pero además se producen en laboratorios de aceleración de partículas, como el Fermilab del Departamento de Energía de Estados Unidos.

En uno de sus experimentos, llamado Muon g-2, trabaja el equipo científico internacional que el pasado agosto 2023 informó de una medida que pone en duda algunos de los planteamientos del modelo estándar, el pilar de la física de partículas actual. El estudio ha sido aceptado en septiembre 2023 por la revista Physical Review Letters.

Se trata del valor de una propiedad del muon, el momento magnético anómalo, que enfrenta a los físicos experimentales y teóricos desde hace más de dos décadas. El experimento predecesor de Muon g-2, realizado en el Laboratorio Nacional de Brookhaven (también del Departamento de Energía de Estados Unidos) y que concluyó en 2001, ya ofreció indicios de que el comportamiento de esta partícula no estaba de acuerdo con el modelo estándar.

No es fácil entender el contexto y los entresijos de esta importante discrepancia, pero uno de los miembros de la colaboración Muon g-2, el colombiano David Tarazona, de la Universidad Cornell, lo explica desde el principio: "El muon tiene un imán interno (o espín) que gira cuando se le somete a un campo magnético externo. Por otra parte, debido a fenómenos cuánticos, una jungla de partículas (como los cuarks) emana del espacio vacío alrededor del muon, aniquilándose entre ellas en un tiempo brevísimo".

"Estas partículas efímeras –continúa–, de las que está hecho el universo en su totalidad tal como lo entendemos hoy, acaban entrometiéndose en la fuerza que el campo magnético intenta ejercer sobre el muon, haciendo girar su espín un poco más rápido por una cantidad proporcional a eso que llamamos momento magnético anómalo o factor g-2 del muon".

Si no estuvieran esas partículas efímeras, su valor sería igual a cero, pero dado que este no es el caso, la cifra es ligeramente superior. El problema es que no coinciden las medidas del factor g-2 registradas en Fermilab con altísima precisión y las de los físicos teóricos, que también calculan ese número teniendo en cuenta todas las partículas efímeras conocidas.

### MUONES CIRCULANDO EN UN GRAN ANILLO

Para obtener los datos, en Fermilab se hacen circular muones (aquí con carga positiva) dentro de un anillo almacenador de aproximadamente 14 metros de diámetro. Los espines de los muones almacenados están alineados entre sí y giran debido al campo magnético que los guía dentro de ese anillo. Al descomponerse, los muones se transforman en parte en positrones (electrones con carga positiva).

La fuerza que rige este decaimiento hace que la cantidad de positrones con más altas energías sea proporcional a la dirección de los espines de los muones. De esta manera, al contar los positrones se puede medir la velocidad de giro del espín y, consecuentemente, el momento magnético anómalo.

"En 2021, anunciamos nuestra medición del factor g-2 del muon con datos recolectados en el año 2018, la cual alcanzó una precisión de 0,46 partes por millón (tan preciso como medir el monte Everest con una incertidumbre de 4 milímetros)", destaca Tarazona, "y ahora presentamos el análisis de los datos del 2019 y 2020, logrando duplicar la precisión a 0,20 partes por millón. Es la medición más precisa que se ha logrado usando aceleradores de partículas".

En concreto, este último valor obtenido experimentalmente es de 0,00116592055, mientras que la cifra teórica aceptada oscila en torno a 0,00116591810.

### ¿EN EL UMBRAL DE NUEVA FÍSICA?

Parece una diferencia insignificante, sin embargo, los datos de Fermilab muestran una discrepancia con la teoría de 5 sigmas, lo cual para los científicos es aceptado como un verdadero descubrimiento.

Una desviación de 5 sigmas quiere decir que la probabilidad de obtener ese resultado por pura casualidad o fluctuación estadística (sin intervenir nuevos fenómenos físicos) es inferior a uno entre 3,5 millones.

Por tanto, el resultado obtenido es bastante convincente para apuntar la posibilidad de nueva física, según los autores. Podría estar indicando que los muones interactúan con partículas o fuerzas de la naturaleza desconocidas para la ciencia.

Sin embargo, los físicos teóricos están trabajando para incorporar nuevos métodos o enfoques en sus cálculos y, cuando lo hagan, la discrepancia podría ser menos significativa.

"Se espera que en el 2025 tanto la predicción teórica como nuestra medición en Fermilab del factor g-concluyan", adelanta Tarazona, "por nuestra parte, esperamos que la precisión de la medición aumente aún más una vez analicemos los datos recolectados en 2021, 2022 y 2023, pero no hay indicios para esperar que el factor g-2 medido hasta ahora cambie".

"Sin embargo –advierte–, los teóricos formulan predicciones distintas dependiendo del método que utilicen (por guiado de datos, los llamados cálculos del retículo, etc.). Por tanto, una vez esclarezcan su predicción, podremos comparar entre lo que dice la teoría y el experimento para poder concluir por fin si hemos descubierto nueva física o no".

### BIBLIOGRAFÍA

D. P. Aguillard et al. "Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.20 ppm". Phys. Rev. Lett., 2023 (paper aceptado en septiembre 2023)



## Física cuántica:

# La revolución de la ciencia para revelar los secretos del universo.

Algunas de las revelaciones más impresionantes del universo, que se dieron gracias a la física cuántica.

Por ANDRÉS FELIPE BARRERA - <https://twitter.com/barreradiaz12>

TOMADO DE: Caracol Radio – 12 de enero de 2024



FOTO PROPORCIONADA POR LA NASA, ESA, CSA, Y STSCI, VIA GETTY IMAGES) / HANDOUT.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, hizo mención que la física cuántica es uno de los logros más importantes del intelecto humano, ya que es la base de la comprensión de todos los fenómenos naturales que ocurren en el universo, las causas y las consecuencias que podría tener.

Cabe explicar que la idea principal de la física cuántica es que las partículas presentes en el universo son ondas y viceversa, razón por la que algunas teorías u ecuaciones de los padres de la física no funcionan o simplemente no son válidas.

De hecho, teniendo en cuenta lo que dice el CSIC, a partir de esta área fue que surgieron algunos de los pensamientos más famosos, que únicamente tratan de explicar cómo funciona el mundo y el universo que rodea a la humanidad.

Algunos de los más famosos son el principio de incertidumbre de Heisenberg, el efecto túnel, la cuantización, propiedades como la energía o el momento y sistemas de muchas partículas y clasificación en bosones, fermiones y demás. La reconocida ecuación de Schrödinger también hace parte de esta materia.

Sabiendo que gracias a la física cuántica es que la ciencia puede conocer un poco más la inmensidad del universo y sus misterios, Muhammad Mohsin Abbas, escritor y autor de un artículo llamado “The Quantum Physics Revolution: Unraveling the Mysteries of the Universe” (“La Revolución de la Física Cuántica: Revelando los Misterios del Universo”), publicado en la revista *Medium*, reveló algunos de los misterios que ayudan a entender de una mejor manera el universo, que a continuación le contamos.

## REVELANDO LOS MISTERIOS DEL UNIVERSO

### Mecánica cuántica

Creada a inicios del siglo XX, se trata de uno de los subcampos más importantes de la física cuántica, según el artículo de Mohsin Abbas, lo que estudia es el comportamiento de la materia y la energía a escalas no muy grandes. Esta área de estudio hizo aportes fundamentales a la ciencia con los principios de incertidumbre, los cuales cambiaron la percepción del ser humano sobre las partículas y la energía.

### Descubrimiento del universo cuántico

Como menciona la revista *Medium*, la ciencia cuántica es una realidad, esto porque las partículas son capaces de existir en diferentes estados al mismo tiempo, cambian también instantáneamente de propiedad y de alcance. A partir de esto es que se cuestionan las ideas del espacio y tiempo, por el entrelazamiento de las partículas, estado en el que se conectan entre sí mismas.

### Informática cuántica

La computación fue otra de las ciencias que está siendo cambiada por la informática cuántica, la cual reescribe sus reglas, permitiendo a un sistema de bits cuánticos o cúbits procesar información de manera paralela, abriendo la posibilidad de que se puedan resolver problemas que un ordenador común no podría.

### Teletransportación o comunicación cuántica

Según Muhammad Mohsin Abbas, esto ya es posible gracias al entrelazamiento cuántico. Se trata de una disciplina criptográfica que aún está en estudio, pero que podrá revolucionar la ciencia con su capacidad de transferir el estado de una partícula a otro lugar, implicando transmisiones y comunicaciones seguras.

### La gran teoría cuántica unificada

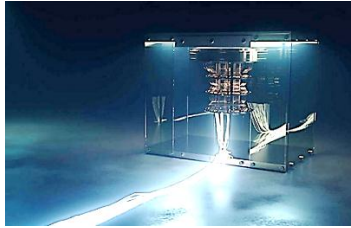
Una de las ambiciones más grandes que tiene la física cuántica y los científicos que la estudian es la creación de una teoría que una la relatividad y la mecánica cuántica, pero usted se preguntará ¿Para qué? Pues, teniendo en cuenta lo que está escrito en el artículo de *Medium*, de esta manera, se podrán revelar los secretos más profundos del universo, creando un “puente” entre el “macrocosmos” de la relatividad general y el “microcosmos” de la física cuántica.

Versiones de artículos originales de NOELIA FREIRE, tomados de  :

## Entendiendo las bases de la física cuántica.

De la dualidad onda-partícula al entrelazamiento cuántico. Los 5 puntos imprescindibles para entender la física cuántica y empezar a ver el mundo desde otros ojos.

29 de septiembre de 2023.



LA FÍSICA CUÁNTICA ES LA DISCIPLINA QUE ESTABLECE LA BASE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS ORDENADORES CUÁNTICOS, MÁQUINAS DE ALTO PROCESAMIENTO DE DATOS.  
CRÉDITO IMAGEN: BARTLOMIEJ WROBLEWSKI / ISTOCK.

Tal y como dijo el físico **Richard Feynman**, parafraseando a Niels Bohr: “*Si crees que entiendes la mecánica cuántica, en verdad no la entiendes*”. Y es que la física cuántica representa una disciplina de alta complejidad que, en muchas ocasiones, **ha despertado múltiples incógnitas y generado grandes confusiones** a aquellos que se han adentrado en su estudio.

A su vez, no cabe duda de que se trata de una rama de la ciencia de lo más fascinante, que revela un mundo subatómico **no visible ante nuestros ojos**, lleno de misterios y maravillas que desafían la comprensión de lo más cotidiano. Por esa razón, a pesar de las leyendas de dificultad y embrollo que la envuelven, vale la pena comprender cuáles son las bases del estudio de la física cuántica, pues es un punto clave para entender cuál es **el comportamiento y la apariencia real** del mundo que nos rodea.

Así, desde la famosa dualidad onda-partícula, hasta el principio de incertidumbre dictaminado por el físico alemán Werner Heisenberg, te presentamos estos cinco puntos clave de la física cuántica que te permitirán **entender un poco mejor** en que se basa la famosa disciplina.

### LA DUALIDAD ONDA-PARTÍCULA

¿Te imaginas poder ser dos cosas al mismo tiempo? Parece algo imposible, ¿verdad? Pues bien, uno de los principios de la física cuántica indica que, para ciertas partículas, eso no es algo fantástico y, de hecho, ocurre en realidad. Es el caso de la luz o de los electrones, los cuales, mientras viajan por el espacio podrán **comportarse de dos maneras diferentes** al mismo tiempo.

Así, por un lado, podrán actuar como **pequeñas partículas**, tal y como si fuesen pequeñas bolitas o corpúsculos, con una posición y propiedades muy definidas. Pero, al mismo tiempo, podrían comportarse como **ondas**, tal y como si fuesen ondulaciones en el agua, extendiéndose y difundiéndose por el espacio sin una ubicación precisa.

Se trata de una característica de la materia que se ha hecho visible en ciertos experimentos como, por el ejemplo, los de la **doble rendija**. El artífice de ellos fue el físico británico Thomas Young, quien, en 1801, lo utilizó para explicar ciertas propiedades de la luz. Sin embargo, en 1961, con mayores conocimientos y un planteamiento más moderno, se utilizó para demostrar la **naturaleza dual** de la propia luz y de otras partículas de la naturaleza. En él, se dirigieron haces de electrones hacia dos rendijas, observando que, a pesar de ser partículas corpusculares, estos **se comportaban como ondas** cuando pasaban por las rendijas, produciendo un patrón de interferencia parecido al de las ondas en el agua.

### LA SUPERPOSICIÓN CUÁNTICA

Seguramente te suene haber oído hablar de la paradoja del **gato de Schrodinger**, un experimento mental en el que el científico presenta a un gato atrapado en una caja junto a un tarro de veneno que solo se abrirá si un átomo se descompone. Así, antes de abrir la caja, el gato se encontraría a la vez vivo y muerto, en una especie de **estado de superposición**, y solamente al abrir la caja y observar el estado del felino, encontraríamos que el sistema de caja-veneno-gato habría colapsado hacia una única solución final: **vivo o muerto**.

Pues bien, esa idea representa otro de los pilares fundamentales de la física cuántica: un estado en el que un sistema cuántico puede existir de muchas maneras al mismo tiempo. El ejemplo más fácil para entender cómo funcionan estos estados de superposición con los que trabaja la cuántica es el comportamiento de un electrón en un átomo. Así, antes de observarlo, el electrón podría encontrarse en **múltiples posiciones alrededor del núcleo**, lo que podríamos definir como un estado donde se superponen todas las posibles ubicaciones, es decir, **una nube de probabilidades** en vez de un lugar definido en la órbita. Únicamente al observarlo descubriríamos la posición final, hacia la que habría convergido nuestro electrón.

La superposición es un concepto básico en la computación cuántica, pues se basa en que los **qubits**, es decir, las unidades básicas de información cuántica, pueden representar **muchos estados al mismo tiempo**. Este hecho es el que

brinda la capacidad de realizar cálculos complejos de forma mucho más rápida y eficiente que los ordenadores más clásicos.

### EL ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO

El entrelazamiento es otro de los fundamentos en los que se basa la física cuántica. Se trata de una propiedad que poseerían ciertas partículas y que **las vincularía entre ellas**, haciendo posible que, al medir una, se conociera de forma automática el estado de la otra, sin importar la distancia que las separe. Por ejemplo, si dos electrones presentan entrelazamiento cuántico y medimos el spin de uno de ellos (una propiedad relacionada con el movimiento rotatorio de los electrones) obteniendo que va hacia arriba, sabremos de contado que el spin de su electrón entrelazado irá hacia abajo.

Una forma de ver mejor esto es planteando el ejemplo con dos cajas: en una introduces un guante amarillo, y en la otra un guante rojo. Así, si alguien coge una caja y al abrirla se encuentra el guante de color amarillo, sabrás inmediatamente que en la otra está el rojo, sin necesidad de abrirla o estudiarla. Tal y como lo entendería la física cuántica, debemos imaginar que, dentro de ambas cajas, cada guante se encuentra en una **superposición de ambos colores**, es decir, que es rojo y amarillo a la vez. Si al abrir una de las cajas aparece uno de los colores al azar, se podrá afirmar que, al abrir la segunda, siempre aparecerá el color opuesto, debido a esa fascinante conexión.

### EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE DE HEISENBERG

En el año 1927, el físico alemán Werner Heisenberg estableció uno de los pilares que marcarían el estudio de la física cuántica: **el principio de incertidumbre**. Se trata de una especie de “regla” que dictamina **límites en la capacidad para medir** ciertos pares de propiedades de una partícula subatómica, como la posición y el momento o la energía y el tiempo.

En términos sencillos, el principio de incertidumbre afirma que cuanto **más precisión** emplees en el estudio de la posición de una partícula, **más inexactitud** hallarás en el cálculo de su momento, y viceversa. Esta norma también es aplicable a la energía y el tiempo: cuanto más precisa es la medición del tiempo en un sistema cuántico, menos precisa es la medición de la energía en ese instante, y viceversa.

Se trata de un hecho de lo más revolucionario, pues no poder medir ciertas propiedades de las partículas con precisión se convierte en algo que **no depende de los aparatos de medida usados**, como es el caso de la física clásica, sino que se asocia a características inherentes de la propia materia. Sugiere, por lo tanto, que el mundo cuántico es algo completamente probabilístico y la precisión a la hora de conocerlo y estudiarlo será siempre algo imposible de lograr.

### LA CUANTIZACIÓN DE LA ENERGÍA

Si hasta ahora te ha parecido que estas “reglas” que rigen el estudio del mundo de forma cuántica eran disparatadas, este último punto clave no se aleja para nada, y es que, en la física cuántica, la energía de los sistemas no puede tener cualquier valor, sino que unos **específicos**.

Pero, ¿cuáles son los valores que puede tomar entonces? Para comprenderlo debemos entender cuál es el modelo cuántico del átomo. Fue propuesto por Niels Bohr en 1913, y con él se plantea que los electrones que se mueven alrededor del núcleo solo pueden ocupar **ciertos niveles permitidos**, llamados “órbitas” o “niveles cuánticos”. Cuando un electrón absorbe energía, como la que proviene de la luz, puede saltar de un nivel a otro superior, y lo mismo cuando la pierde y desciende a una órbita inferior.

Sin embargo, los electrones jamás podrán ocupar niveles de energía intermedios, de ahí que la energía que posean ellos, y por lo tanto los sistemas a los que pertenezcan, cuenten siempre con energías proporcionales a la necesaria para pasar de unos niveles a otros. En física cuántica, a esa cierta cantidad de energía necesaria se le conoce como **cuanto**, de ahí que se pueda afirmar que **los sistemas cuánticos solo pueden poseer ciertos valores de energía: los cuantificados**.

# Richard Feynman, el físico que combinó inteligencia y carisma.

**El 11 de mayo de 1918 nació Feynman, el físico ganador del Nobel y participante en el Proyecto Manhattan que revolucionó la ciencia con sus aportaciones y su despampanante carácter.**

11 de mayo de 2023



FOTO OFICIAL DE FEYNMAN CON MOTIVO DEL NOBEL DE 1965. FUENTE: CALTECH ARCHIVES.

“Morir es aburrido”. Estas eran las últimas palabras de Richard Feynman antes de fallecer el 15 de febrero de 1988, a los 69 años, a causa de un cáncer abdominal. El físico mantenía así, en sus últimos momentos, el peculiar genio bromista que lo había acompañado durante toda su vida. Y es que, **revolucionario del mundo de la ciencia** por su estudio de las integrales de camino, de la electrodinámica cuántica o de la superfluidez, entre otros, Feynman destacó también por su extrovertida y bromista figura pública que, en ciertas ocasiones, llegó a colocarlo en el punto de mira de diversas polémicas.

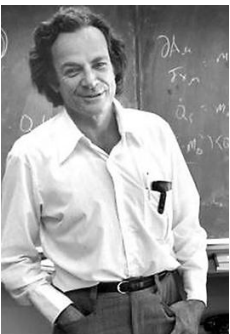
Apodado como “el hombre más inteligente del mundo” por la revista *Omni* en el año 1979, y como “uno de los 10 físicos más grandes de todos los tiempos” por la británica *Physics World*, el ganador del Nobel sostenía que, realmente, **nadie llegaba a entender la física cuántica**. En su libro biográfico *¿Está usted de broma, Sr Feynman?*, define su singular forma de “hacer ciencia”, en la que destacaba que era importante no intentar comprender las explicaciones científicas en términos familiares, sino disfrutar y relajarse mientras los expertos explicaban el funcionamiento de la naturaleza.

Y es que, bajo su peculiar carácter sin tapujos, recoge en estas memorias **algunas anécdotas** que lo convierten en un personaje más que singular: “Durante algún tiempo se pusieron de moda los restaurantes *topless*. Uno iba allí a tomar el almuerzo, las chicas bailaban desnudas de cintura para arriba y, al cabo de un rato, desnudas del todo. Resultó que uno de esos lugares estaba a pocos kilómetros de mi casa, por lo que iba allí con frecuencia. Tomaba asiento en uno de los compartimentos y hacía un poco de física en los mantelitos de papel de la mesa. A Gweneth, mi mujer, no le molestaba que fuera a ese lugar; decía que los ingleses iban a clubs”.

## PRIMEROS AÑOS

De familia humilde, Feynman nació en **11 de mayo de 1918** a las afueras de Nueva York, en el Bronx. Su padre era gerente de ventas en una empresa de uniformes y fue el responsable de inculcar el amor por la ciencia a su hijo, pues lo animó a hacerse preguntas que desafiaran su pensamiento con el objetivo de aprender cosas nuevas. El sentido del humor y la transparencia fueron, sin embargo, herencia de su madre. Él mismo cuenta que, durante su niñez, no pronunció ni una sola palabra hasta los 3 años.

A los 13 años se inició de forma autónoma en el estudio del cálculo diferencial, **destacando ampliamente** frente a sus compañeros. A los 18 ingresó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, donde se formó en matemáticas y física para, finalmente, a los 21, ser admitido en la Universidad de Princeton para desarrollar su tesis, llamando la atención de otros grandes científicos por su notable inteligencia.



FEYNMAN EN SU DESPACHO EN 1974.  
FUENTE: CALTECH ARCHIVES.

En una ocasión, a las puertas de la Segunda Guerra Mundial, el físico Bob Wilson se aproximó a él para hablarle de un trabajo que le habían encomendado: la separación de isótopos de uranio con el objetivo de **crear una bomba atómica**. Feynman cuenta en sus memorias que, en un primer momento se negó rotundamente y siguió trabajando en su tesis. Sin embargo, permaneció varios minutos dándole vueltas a la propuesta: “Los alemanes tenían a Hitler y la posibilidad de que pusieran a punto una bomba atómica antes que nosotros era demasiado aterradora”. Bajo esta justificación, **decidió colaborar** en el proyecto.

## EL PROYECTO MANHATTAN

Esa motivación de Feynman por colaborar a que Estados Unidos desarrollara la bomba atómica antes que la Alemania nazi lo llevó a participar en el Proyecto Manhattan, ubicado en el centro de investigación de Los Álamos, donde cientos de científicos estadounidenses trabajaban para alcanzar ese objetivo común. El papel del físico no fue esencial para el proyecto, pero **sí de gran importancia**, pues coordinó el grupo de cálculo humano por completo y, posteriormente, gestionó la transición al uso de las tarjetas perforadas para la IBM.

Durante la primera prueba de la bomba, conocida como Trinity, se dice que Feynman fue **el único** que no usó gafas oscuras para ver el evento, ya que aseguraba que mirar a través del parabrisas del camión le protegería de la dañina emisión ultravioleta.

Tras el éxito de la prueba, la labor de Feynman fue menor, pues la mayor parte del trabajo ya estaba hecha. “No había nada que hacer allí”, comentaba el físico en sus memorias. Se dedicó entonces a intentar abrir cerraduras y descifrar códigos de seguridad del propio proyecto, lo cual ayudó a buscar vulnerabilidades en la encriptación del equipo estadounidense y **reforzar la seguridad** ante posibles infiltraciones.

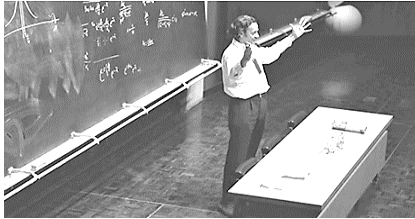


FEYNMAN POSANDO EN 1962.  
FUENTE: CALTECH ARCHIVES.



Sin embargo, la explosión de la bomba contra los japoneses, el 6 de agosto de 1945, supuso un **golpe a posteriori para la conciencia** del científico. “Yo estaba envuelto en esta juerga, bebiendo también y borracho sentado en el capó de un Jeep; tocando el tambor con excitación mientras recorríamos Los Álamos al mismo tiempo que había gente muriendo y luchando en Hiroshima”, describía para una entrevista con la BBC. Tenía tan solo 27 años por aquel entonces y aún tardaría 20 más en alzarse con el Nobel.

En su libro *El placer de descubrir*, narra que los **remordimientos** llegaron al ver las consecuencias de sus actos, admitiendo que no se arrepentía de colaborar en el desarrollo de la bomba, pues la posibilidad de que Alemania se hiciera con ella era mucho peor, pero que sí fue un error no reconsiderar la situación y abandonar el proyecto cuando Alemania fue derrotada. De hecho, realiza una gran reflexión sobre todas las **preocupaciones que le surgieron de cara al futuro**, pues no veía la necesidad de construir otra bomba: utilizarla de nuevo solo supondría riesgos, tensiones y muertes. Por esta razón, cuando el gobierno materializó su voluntad de crear otra para el futuro, Feynman abandonó el proyecto.



FEYNMAN IMPARTIENDO UNA DE SUS FAMOSAS CLASES.  
FUENTE FOTO: CERN.

Cuenta en su libro que la motivación por acercar la comprensión de la física cuántica a todo tipo de público nació de un **episodio cotidiano** en la cafetería de la facultad donde impartía clases. Feynman narra que se encontraba tomando un café, cuando uno de sus alumnos se puso a bromear lanzando un plato por los aires. El físico se fijó en que, en el centro del mismo, había un medallón de la universidad que giraba más rápido de lo que se bamboleaba, lo cual le pareció muy curioso y decidió calcular su movimiento. Se encontró, entonces, sentado en el suelo de su casa, de madrugada con muchos papeles con ecuaciones las cuales había conseguido **simplificar** en unos pocos diagramas explicativos. “Me dije, ¿no sería divertido que estos diagramas fueran realmente útiles y otras personas empezasen a utilizarlos?”.

Sin saberlo, Feynman acababa de dar el pistoletazo de salida a una nueva teoría conocida como **electrodinámica cuántica**, la cual explica la interacción entre la luz y la materia y permite entender las bases de la electricidad, los rayos X y el magnetismo. Para el desarrollo de esta teoría a partir de sus primeros diagramas y ecuaciones, contó con la colaboración de los físicos Julian Schwinger y Sin-Itiro Tomaga, con los cuales compartió el **Nobel de 1965**.

“Fue agradable recibir algún dinero —que me permitió comprar una casa en la playa—, pero en conjunto me parece que **hubiera estado mejor no haber recibido el Premio Nobel**, porque ahora ya no puedo mostrarme como soy en ninguna situación pública”, recoge él mismo.

### EL DESASTRE DEL CHALLENGER

En sus últimos años de vida, Feynman desempeñó un papel muy importante dentro de la **Comisión Presidencial Rogers**, la cual tenía como objetivo investigar el desastre del transbordador espacial Challenger, ocurrido en 1986. Este accidente representó el más grave en toda la conquista espacial, pues supuso la desintegración del vehículo 73 segundos después de su lanzamiento, provocando la muerte de los siete miembros de su tripulación. Así, durante una audiencia televisada, Feynman **demostró que el fallo** había estado en las juntas teóricas de la nave, pues el material utilizado se volvía menos resistente en climas fríos.

En su libro póstumo *¿Qué te importa lo que piensen los demás?*, Feynman dedica toda la segunda mitad a narrar su experiencia en esta comisión, desviándose así de su cotidiana narración alegre y bromista para adoptar un tono más sobrio. En él alega que **encontró malentendidos** de conceptos generales muy sorprendentes entre técnicos de la NASA, así como una desconexión muy relevante entre los ingenieros y los ejecutivos. El drama documental de televisión *The Challenger Disaster* recogió en 2013 parte de la investigación de Feynman.

Un par de años más tarde, Feynman fallece en Los Ángeles dejando tras de sí un total de 9 libros, donde combina memorias, física teórica y divulgación científica. No cabe duda que su personalidad arrolladora, su manera de pensar nada convencional, su sentido del humor, su inteligencia y su notable capacidad para divulgar física **le aseguraron un hueco en la historia de la ciencia** que lo mantendrá presente para siempre.



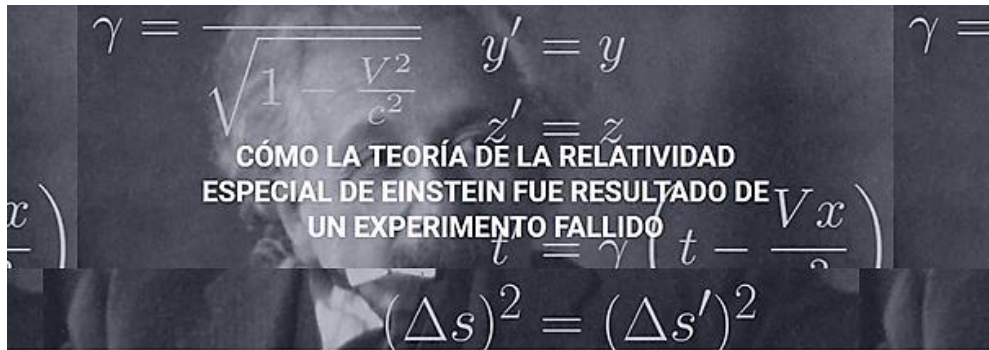
FEYNMAN (CENTRO) Y OPPENHEIMER (DERECHA) CHARLANDO EN LOS ÁLAMOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO MANHATTAN. FUENTE FOTO: CC.

### EL PREMIO NOBEL DE 1965

Después de la Segunda Guerra Mundial, Feynman, con tan solo 30 años y una reputación despampanante, comenzó a impartir clases en la Universidad de Cornell. Sus alumnos describían sus clases como “**magistrales**”. El físico conseguía mostrar la teoría atómica de una forma simple, partiendo desde el desconocimiento absoluto y ayudado siempre de unos diagramas sencillos y elegantes que fundamentaban sus explicaciones, pero cuya belleza y factor estético animaba a la imaginación. Estos esquemas pasaron a la historia como los **Diagramas de Feynman**, fundamentales en cualquier explicación de física de partículas.



FEYNMAN RECIBIENDO EL PREMIO NOBEL EN 1965.  
FUENTE: CALTECH ARCHIVES.



## **Un experimento fallido llevó a una revolución científica, el experimento de Michelson dio lugar nada menos que a la teoría de la relatividad de Einstein.**

Por LUIS ALBERTO HARA

TOMADO DE: pijamasurf – 8 de julio de 2024

Muchas veces los errores, accidentes e incluso fracasos, pueden ser la materia prima de grandes descubrimientos y transformaciones. Como escribió Samiel Becket, "inténtalo otra vez, falla otra vez, falla mejor".

Un experimento fallido a finales del siglo XIX condujo finalmente al primer gran avance científico de Albert Einstein: la teoría especial de la relatividad. En esa época, los científicos creían que la luz, como otras ondas, necesitaba un medio para viajar, al que llamaban éter luminífero. Para detectar este éter, Albert A. Michelson ideó un experimento que tenía como objetivo medir sus efectos sobre la luz mientras la Tierra se movía a través del espacio.

El experimento de Michelson consistía en dividir un rayo de luz en dos caminos perpendiculares, reflejarlos de vuelta y observar cualquier patrón de interferencia. Si el éter existiera, la luz que viajaba paralela al movimiento de la Tierra debería haber tardado más en completar su recorrido en comparación con la luz que viajaba perpendicularmente. Sin embargo, el experimento mostró consistentemente que no había diferencia en los tiempos de viaje de los dos rayos, llevando a un resultado nulo.

A pesar de refinar el experimento y aumentar su precisión, Michelson y su colaborador Edward W. Morley no pudieron detectar ninguna evidencia del éter. Este resultado nulo desconcertó a los científicos durante años, ya que contradecía las teorías predominantes.

En 1905, Albert Einstein ofreció una solución revolucionaria: propuso que la velocidad de la luz es constante en todos los marcos de referencia y que no se necesita un éter. Esta idea fue la piedra angular de su teoría especial de la relatividad, que revolucionó nuestra comprensión del espacio, el tiempo y el movimiento.

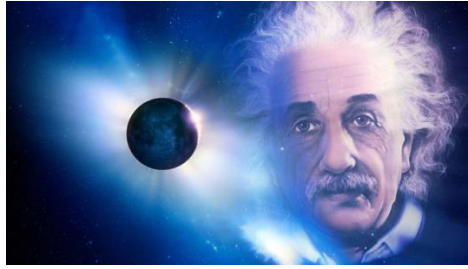
El experimento de Michelson-Morley ahora se considera uno de los resultados nulos más significativos en la historia de la ciencia, demostrando cómo un experimento fallido puede llevar a una gran revolución científica. Mostró que las mediciones precisas y de alta calidad y la disposición a cuestionar las creencias establecidas son cruciales para el progreso científico.

Además, el fracaso en detectar el éter impulsó a otros científicos a desarrollar nuevas teorías. George FitzGerald y Hendrik Lorentz propusieron que los objetos que se mueven cerca de la velocidad de la luz experimentan una contracción en la longitud en la dirección del movimiento, una idea que Einstein más tarde integraría en su teoría de la relatividad especial.

Hoy en día, la interferometría de Michelson se utiliza en los observatorios de ondas gravitacionales, como LIGO, para medir las ondas gravitacionales. Estos observatorios utilizan una configuración de interferómetro de Michelson extremadamente precisa para detectar las diminutas variaciones en la longitud de los brazos del interferómetro causadas por las ondas gravitacionales, demostrando así la importancia duradera de este tipo de experimentos en la física moderna.

## Por qué Albert Einstein tuvo que esperar a que un eclipse confirmara su teoría de la relatividad.

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



**UN ECLIPSE FUE CRUCIAL PARA PROBAR QUE LO QUE CREÓ LA MENTE DE EINSTEIN ERA CIERTO.**  
**CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.**

En 1905 nuestro Universo cambió. Un funcionario de 26 años que trabajaba en la oficina de patentes de Suiza transformó nuestra visión del espacio, el tiempo, la materia y la energía.

Tenía un cajón secreto que, según le decía a sus amigos, era su Departamento de Física Teórica.

De ahí salieron, entre marzo y junio de ese año, cinco trabajos científicos que revolucionaron las leyes de la física.

Uno de ellos fue un método para determinar el tamaño de los átomos, con el que finalmente le dieron su doctorado (era su tercer intento).

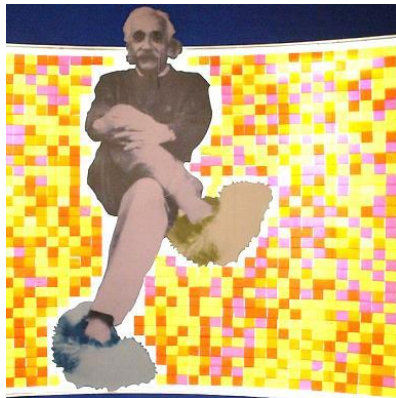
Los otros cuatro son los llamados "artículos del *Annus Mirabilis* (Año milagroso, en latín)", que envió a la revista *Annalen der Physik*.

Explicaban el movimiento browniano, el efecto fotoeléctrico y desarrollaba la equivalencia masa-energía y la relatividad especial.

Con el último hizo de la velocidad de la luz una constante universal y derribó los absolutos newtonianos del espacio y del tiempo.

Una década más tarde, en la última de una serie de conferencias en la Academia Prusiana de las Ciencias en las que describió la teoría de la relatividad general, presentó la ecuación que reemplazaría a la ley de gravedad de Newton.

¡Ah! Estamos hablando de Albert Einstein.



**EL ÚLTIMO DE LOS 5 TRABAJOS DEL "AÑO MILAGROSO", QUE PUBLICÓ EN CUATRO MESES, SE DEMORÓ UN POCO MÁS PUES SE TUVO QUE CAMBIAR DE CASA CON SU ESPOSA E HIJO DE UN AÑO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

### DOS SIGLOS DE NEWTON

De ser aceptada por la comunidad científica, la teoría de Einstein iba a reemplazar la teoría de la gravedad de Newton, la cual en pocas palabras se resume así:

- Los objetos se atraen
- De acuerdo a su masa y la distancia entre sus centros
- Si la distancia aumenta, la fuerza disminuye
- Si la masa aumenta, la fuerza es más intensa

Desde 1687, esa ley de la gravitación universal había explicado todo -desde el movimiento de lo que estaba sobre la Tierra hasta el movimiento celestial de los astros- y durante más de dos siglos había pasado prácticamente todas las pruebas que le pusieron por delante.

En contraste, la nueva teoría tenía un problema que, aunque genial, era difícil de resolver.

### FALTA DE EXPERIENCIA

Einstein llegó a la teoría de la relatividad general razonando, deduciendo y experimentando hipotéticamente. Todo había sido un extraordinario producto de su mente, no tenía una base experimental física.

Pero para derrocar a una teoría dominante, la nueva debe poder hacer una predicción que muestre la diferencia entre la idea anterior y la que está siendo propuesta.

Y esa predicción tiene que ser puesta a prueba.



La teoría de la relatividad parecía imposible de probar.

Por suerte, lo que se necesitaba no era un milagro, sino un fenómeno natural.



UN FENÓMENO NATURAL PARA PROBAR LA TEORÍA DE UN FUNCIONARIO DE LA OFICINA DE PATENTES SUIZA.  
CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

## UN ECLIPSE TOTAL DEL SOL

La teoría de Einstein incluía una predicción teórica que podía ponerse a prueba durante un eclipse total del Sol.

A diferencia de la newtoniana, su hipótesis era que los rayos luminosos que pasaban cerca del Sol debían desviarse ligeramente debido al campo gravitatorio del cuerpo celeste.

Para Einstein, la equivalencia entre aceleración y gravedad se extendía a los fenómenos electromagnéticos y la luz es una onda electromagnética.

Para Newton, la luz no tenía masa.

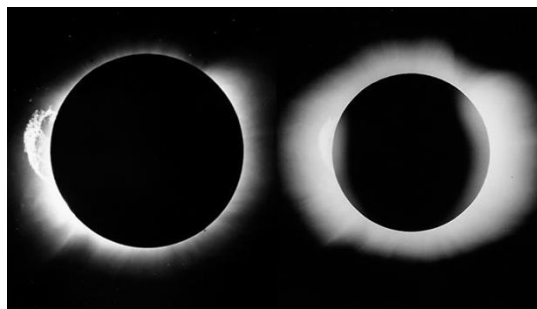
La razón por la que se necesitaba un eclipse total era porque sólo cuando la Luna pasa delante del Sol y bloquea su luz, el cielo se vuelve tan oscuro como la noche y las estrellas se pueden ver durante el día.

Si Einstein estaba en lo cierto, cuando un observador en la Tierra viera estas estrellas durante un eclipse, sus posiciones parecerían ser desplazadas por un trecho progresivamente mayor cuanto más cerca éstas estuvieran del Sol.

## LA TERCERA ES LA VENCIDA

Después de que Einstein expusiera su teoría general de la Relatividad en 1915, hubo un eclipse en 1916, pero la Primera Guerra Mundial interfirió; la siguiente oportunidad fue en 1918, pero las nubes frustraron ese intento.

El 29 de mayo de 1919, un astrónomo británico llamado Arthur Stanley Eddington, que había viajado a la isla Príncipe en la costa oriental de África con el objetivo de fotografiar la luz de las estrellas durante un eclipse y ver si la teoría de Einstein era correcta, lo logró.



DOS DE LAS IMÁGENES QUE LOGRÓ TOMAR EL ASTRÓNOMO ARTHUR EDDINGTON QUE CONFIRMARON LA TEORÍA DE GENERAL DE LA RELATIVIDAD. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

Las imágenes que Eddington captó durante casi 7 minutos fueron analizadas por Royal Society y la Royal Astronomical Society.

En noviembre de 1919 anunciaron que "no hay duda de que confirman la predicción de Einstein. Se ha obtenido un resultado muy definitivo de que la luz se desvía de acuerdo con la ley de gravitación de Einstein".

Ese cambio en el sendero de la luz de las estrellas al pasar cerca del Sol descarriló la teoría de Newton.

Los resultados del eclipse de 1919 hicieron que Einstein y su teoría se volvieran mundialmente famosos, a pesar de que muchos, incluidos algunos de los periodistas que informaban sobre el trascendental evento, aún no entendieran muy bien la teoría de la relatividad.

*"Pon tu mano en una estufa caliente por un minuto y te parecerá una hora. Siéntate con una chica linda por una hora y te parecerá un minuto. Eso es relatividad"*  
**Albert Einstein**

En los años siguientes, los datos y los análisis de lo obtenido durante el eclipse de 1919 se pusieron en tela de juicio, pero estudios de eclipses posteriores validaron una y otra vez la teoría de la Relatividad General de Einstein.

Y la siguen validando, así que cuando tengas la suerte de poder observar un eclipse total del Sol, fíjate si ves algún punto de luz cerca de la corona que queda visible. Será una estrella, pero no olvides que no está precisamente donde la ves.

Y recuerda que ese conocimiento cambió nuestra visión del Universo.

# Las primeras científicas que conquistaron el espacio.

Elaborado por Materia para OpenMind - 6 de mayo de 2021



## LAS COMPUTADORAS HUMANAS DE HARVARD.

La historia de las pioneras de la ciencia moderna colaborativa.

El 13 de mayo de 1913, ante el observatorio astronómico de Harvard, se tomó una fotografía del todo inusual. En ella aparece un hombre de edad avanzada rodeado por 13 mujeres. No sería de por sí reseñable si no fuera porque la imagen retrata a un equipo científico y la aplastante mayoría femenina resulta insólita para su tiempo. La fotografía forma parte de la historia de las llamadas Computadoras de Harvard, un grupo que reunió a decenas de mujeres a las órdenes del astrónomo Edward Charles Pickering, y que aportó grandes avances a la entonces naciente disciplina de la astronomía basada en imágenes. Claro que lo inusual de la imagen para su época no podía saldarse entonces sino con el nombre que sus colegas dieron al grupo: “el harén de Pickering”.



A finales del siglo XIX el médico y astrónomo *amateur* Henry Draper introdujo la astrofotografía, como alternativa a las largas sesiones con el ojo pegado al telescopio. El uso de prismas permitía además plasmar los espectros de la luz estelar en las placas, lo que ayudaba a clasificar las estrellas y conocer su composición química. A la muerte de Draper en 1882, Pickering vio la oportunidad de completar su trabajo y escribió a la viuda y colaboradora del fallecido, Mary Anna Palmer Draper.

## CIENCIA FEMENINA Y MODERNA

Además de sus estudios científicos, ambos compartieron el interés por abrir a las mujeres un espacio en estas investigaciones. Pero mientras que el empeño de Draper era más idealista, el de Pickering fue del todo pragmático: por el mismo dinero podía contratar a más mujeres que hombres. Se cuenta que el astrónomo despidió a un asistente masculino al grito de que aquello lo haría mejor su criada escocesa, para luego contratar para el puesto a su criada escocesa, Williamina Fleming. Si fue así o es un mero embellecimiento de la historia, al menos Pickering apreció la capacidad de trabajo y análisis riguroso de sus colaboradoras.

Más de 80 mujeres trabajaron con Pickering, inicialmente familiares de los astrónomos, pero más tarde universitarias que querían abrirse camino en la ciencia. Y lo hicieron: Annie Jump Cannon, Cecilia Payne-Gaposchkin, Henrietta Swan Leavitt, Antonia Maury, Anna Winlock, Florence Cushman y muchas otras no se limitaron a hacer cálculos de sus placas fotográficas: catalogaron miles de estrellas y aportaron un sistema de clasificación estelar aún hoy utilizado; describieron sus composiciones químicas, calcularon sus distancias y descubrieron nebulosas, novas, estrellas variables y enanas blancas. La historia de las Computadoras de Harvard ha perdurado como un caso de ciencia femenina en la sombra, pero también fue uno de los primeros ejemplos de la ciencia moderna colaborativa en la transición del siglo XIX al XX.

## Jocelyn Bell, la astrofísica que puso el síndrome del impostor a su favor.

*Jocelyn Bell sabe muy bien lo difícil que lo tienen las mujeres científicas.  
Por eso, lucha para que otras no vivan lo mismo que ella vivió.*

Versión del artículo original de AZUCENA MARTIN

TOMADO DE: *hipertextual* / 20 de octubre de 2021



JOCELYN BELL.

DESCUBRIDORA DE LOS PÚLSARES: EL DESCUBRIMIENTO DE LOS PÚLSARES OCURRIÓ POR CASUALIDAD.

En octubre de 2021, se celebró en Almería las **IX Jornadas Astronómicas** de la ciudad, con la presencia como primera ponente de **Jocelyn Bell**, una de las mujeres científicas más importantes de la historia. Y aprovechando esta visita a España, *Hipertextual* tuvo el honor de entrevistarla y charlar con ella sobre uno de los temas en cuya concienciación ha puesto más empeño a lo largo de toda su carrera: la **igualdad de género en el ámbito de la ciencia**.

Con la sonrisa y la amabilidad que la caracterizan, caminamos sobre todo este tema, deteniéndonos en paradas tan importantes como la **baja proporción de mujeres en carreras técnicas**, su **visión del futuro** de las mujeres en la ciencia e incluso el impulso que la hizo querer ser **astrofísica**. Sin dejar de lado, por supuesto, los injustos resultados que se vieron en 2021 en los **Premios Nobel científicos**. Pero empecemos por lo más importante, por si todavía hay algún despistado. ¿Quién es Jocelyn Bell?

Jocelyn Bell nació en **Belfast**, Irlanda del Norte, en **1943**. Siendo una niña comenzó su interés por la **astronomía**, por lo que tuvo claro que quería estudiar física. Lo hizo en la **Universidad de Glasgow**, en Escocia, obteniendo la licenciatura en **1965**. Inmediatamente comenzó su doctorado, en la **Universidad de Cambridge**, el lugar en el que poco después haría historia.

Su **trabajo de tesis**, inicialmente, fue dirigido al estudio de los **cuásares**, cuyo descubrimiento había tenido lugar recientemente. Estos son fuentes astronómicas de **energía electromagnética**, cuya frecuencia se encuentra en las radiofrecuencias y la luz visible. En aquella época también comenzaba a emerger la **radioastronomía**, un campo que aportaba a la astronomía un sinfín de posibilidades inalcanzables simplemente con la **astronomía óptica**. Por eso, lo primero que hizo durante su tesis fue construir el radiotelescopio con el que luego realizaría sus observaciones.

Llegados a este punto, comenzaba el momento de estudiar las señales detectadas por este instrumento, en busca de esos **nuevos cuásares**. Pero, un día, vio **una señal que no se correspondía con ellos**, ni con nada conocido hasta el momento. Su supervisor no le dio importancia, pues pensó que podría tratarse de **alguna interferencia**, pero ella insistió hasta volver a detectarla y demostrar que, efectivamente, había descubierto algo nuevo. Se trataba de alguna fuente que estaba emitiendo **ráfagas de energía muy cortas**, a intervalos muy concretos. Finalmente, fue su propio supervisor el que bautizó a ese nuevo fenómeno, como **“estrellas pulsátiles”** o **“púlsares”**.

Fue un hallazgo revolucionario en la historia de la astronomía. Mostraba lo mucho que podía enseñarnos esa radioastronomía, a ún en pañales. Y, además, daba una nueva e inmensa fuente de **información sobre el Universo**.

Como es lógico, el hallazgo fue merecedor del Premio Nobel de física; pero, en contra de todo pronóstico, no lo recibió Jocelyn. En realidad, fue a parar a **Anthony Hewish**, aquel supervisor que en un principio dudó de lo que ella, y solo ella, había descubierto.

Desde entonces, ha seguido investigando, especialmente en el área de la **astronomía de rayos X y de rayos gamma**. Además, en 2002 se convirtió en la segunda mujer de la historia en presidir la **Real Sociedad de Astronomía**, un puesto que compaginó con sus clases en centros de gran prestigio. A día de hoy, es profesora en la Universidad de Oxford, en Inglaterra. Y también una gran activista en la lucha por la igualdad de oportunidades para las **mujeres científicas**.

### MERECEDORA DE MUCHO MÁS QUE UN PREMIO NOBEL

En 2018, Jocelyn Bell recibió el **Breakthrough Prize** por su bagaje en el ámbito de la física. Este premio puede parecer menos famoso que el Nobel. Quizás menos sonado; pero lo cierto es que, económicamente, es 3 veces mayor, pues asciende a unos **3 millones de euros**.

Aun así, Jocelyn **decidió donarlo** enteramente para financiar la carrera de física a jóvenes con pocos recursos. Esa es la calidad humana de una mujer que, al ser preguntada sobre los resultados de este año en el Premio Nobel, no centra en estos galardones toda la problemática de la ausencia de igualdad de género en ciencia. “Los Premios Nobel **no son justos con las mujeres científicas**, pero **no son los únicos**, hay otros muchos premios de ciencia en la misma situación”.

Además, no considera que sean un reflejo de la sociedad. Al menos no de toda la sociedad. “Son premios suecos”, recuerda. “Quizás podrían ser un **reflejo de la sociedad de Suecia**, pero no de la de otros países, como España, ¿no? Eso no lo sé”



## PASIVIDAD EN LA JUGUETERÍA

En un pasado no tan lejano, cuando Jocelyn Bell comenzaba su andadura científica, era raro ver mujeres estudiando carreras científicas. Pero sobre todo era poco habitual en las **ramas más técnicas**, desde ingeniería hasta matemáticas, pasando por su querida física. Lo triste es que ahora, **más de cincuenta años después**, la proporción de mujeres científicas en estos ámbitos sigue siendo terriblemente baja. No tanto, por supuesto, pero sí muy baja. ¿A qué puede deberse?

También le hemos preguntado y lo tiene muy claro: **el problema es de base** y comienza en las habilidades que potenciamos en los **niños pequeños**.

“Puedo hablar de Inglaterra, que es lo que conozco. Allí, en las jugueterías hay secciones rosas y azules. En las rosas, para las niñas, todo son princesas y actitudes pasivas. En las azules, en cambio, hay juegos de construcción e incluso armas. Se potencian las actitudes activas”.

Y eso, al final, provoca que las mujeres arrastremos esos **estereotipos** que tan hondo nos calaron de pequeñas. Que pensemos que **debemos ser pasivas** y dejar la construcción y las tareas técnicas para los hombres, mientras que nosotras nos dedicamos a gustar y a cuidar, como nos enseñó la **zona rosa de las jugueterías**.

Pero aún estamos a tiempo de solucionarlo. Y para eso, para empezar, es importante que las niñas tengan **referentes**. “Cuantas más mujeres vean, más se interesarán en estudiar lo mismo que ellas”.

Por eso son tan importantes actividades como las que se celebran cada **11 de febrero todos los años**, con motivo del Día de la Mujer y la Niña en la ciencia. Porque permiten que las niñas vean que pueden ser cualquier cosa que deseen. Y que el rosa no es más que un color.

## LOS SUEÑOS DE UNA PEQUEÑA JOCELYN BELL

Jocelyn Bell creció en una familia que no diferenciaba entre rosas y azules. Una familia que se opuso a que en los primeros años de colegio su hija tuviera que ir a aprender a coser y cocinar, mientras los chicos visitaban el laboratorio de ciencias. Y, por lo tanto, una familia que dejó que su mente volara **hacia donde quisiera volar**.

Por eso, a los 13 años tuvo claro qué quería ser de mayor. “En clase de física estábamos estudiando **las fuerzas centrífuga y centrípeta** y, al llegar a casa, abrí un libro sobre astronomía que tenía mi padre y me sorprendió ver que esas fuerzas estaban relacionadas con las **galaxias**. Me pareció fascinante y dije: Yo quiero ser astrónoma”.

## JOCELYN BELL Y EL SÍNDROME DEL IMPOSTOR

Incluso en esas ramas de la ciencia más relacionadas con la naturaleza y los cuidados, sigue siendo difícil ver mujeres en los **puestos de mayor responsabilidad**. Sí en los más básicos, pero no en los altos cargos.

Esto puede ser por muchos motivos. De hecho, aquí en España tuvimos en 2018 la *campana O científica o madre*, en la que varias científicas visibilizaron cómo se *penaliza* la decisión de ser madre a muchas investigadoras. Los cuidados siguen siendo una parte importante de las tareas que se destinan injustamente a las mujeres y eso influye mucho. Pero no es el único **motivo**.

Para Jocelyn Bell también **es algo cultural**, que puede verse **si comparamos países de todo el mundo**. “En Sudamérica, por ejemplo, hay más oportunidades para las mujeres científicas que en otros países situados más al norte, como Italia, España, Estados Unidos, Inglaterra o Dinamarca”.

Pero también tiene que ver con el **síndrome del impostor**. Un síndrome que ha estado muy presente en la vida de la astrofísica y que hace referencia a ese impulso interior que a veces **nos impide valorar nuestros propios logros** por creer que no lo merecemos. Esto muchas veces lleva a quien lo siente a **desistir en el empeño de ascender**, a pesar de estar totalmente capacitado. Jocelyn Bell ha hablado numerosas veces de cómo sintió el poder del síndrome del impostor sobre ella al **empezar su doctorado en Cambridge**. Sin embargo, decidió quedarse y **trabajar muy duro**; pues así, si la echaban, al menos ella estaría satisfecha con haberse empleado a fondo.

Y esto es algo que, al menos en ciencia, podría ser **más común entre mujeres**. “Es posible, sí. Los hombres tienen actitudes más valientes, mientras que las mujeres a veces están más cohibidas”.

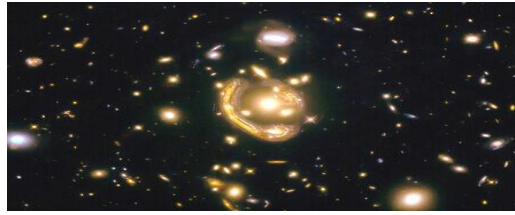
Es un problema, sin duda, pero lo cierto es que a ella ese trabajo duro y minucioso le sirvió para detectar aquella señal que para su supervisor no habría sido más que una interferencia.

Pero quizás algún día no sea necesario que una mujer se exprese a sí misma para demostrar lo que vale. Quizás algún día no habrá **azules o rosas**, sino mentes inquietas, con diferentes intereses, pero no más o menos válidas. Quizás algún día ya no tengamos que mostrar mujeres científicas a las niñas para que sepan que ellas también pueden serlo, independientemente de lo que los estereotipos y prejuicios les hayan hecho creer. Le hemos preguntado a Jocelyn Bell si confía en que llegue ese día. Su respuesta, con una sonrisa en la cara, ha sido esta: “Llegará. **En diez años o en cien**, pero yo confío en que llegará”. Ojalá no tengamos que esperar un siglo. Lo que está claro es que, pase el tiempo que pase, si ese día llega habrá sido gracias a **mujeres como ella**.

## Uno de los mayores retos de la cosmología es averiguar qué le sucedió al universo durante sus primeros instantes para expandirse tan rápido.

Versión del artículo original de JUAN CARLOS LÓPEZ - @juanklore

TOMADO DE EL BLOG: XATACA – 12 de octubre de 2021



CRÉDITO IMAGEN: NASA.

La observación directa de las primeras ondas gravitacionales que el ser humano ha sido capaz de identificar hace ya casi diez años es sin duda lo mejor que le ha pasado a la cosmología reciente. Estas **perturbaciones gravitatorias** generadas por los objetos masivos que están sometidos a una cierta aceleración se propagan a través del continuo espacio-tiempo a la velocidad de la luz bajo la forma de unas ondas, que, en determinadas condiciones, los científicos son capaces de detectar.

Durante los últimos años las ondas gravitatorias, como también se las conoce, nos han demostrado que son una herramienta muy valiosa que puede ayudarnos a conocer mejor la historia del universo. Y lo son debido a que **transportan información** acerca del evento cósmico que las originó. La sensibilidad de los interferómetros que utilizamos actualmente para identificarlas requiere que estas perturbaciones hayan sido originadas por eventos de una gran magnitud, como, por ejemplo, la colisión de dos agujeros negros.

De hecho, a finales del mes de junio de 2021, los grupos de investigación que se encargan del análisis de los datos recogidos por los interferómetros LIGO, en Estados Unidos, y Virgo, en Italia, aseguraron tener razones muy sólidas para sospechar que sus experimentos habían identificado las ondas gravitacionales producidas por **la fusión de dos sistemas binarios** constituidos por un agujero negro y una estrella de neutrones. Este es el tipo de cataclismos cósmicos que actualmente podemos identificar a través de las perturbaciones que introducen en el tejido del espacio-tiempo.

Afortunadamente, las ondas gravitacionales no son la única herramienta con la que cuentan los cosmólogos para ir desentrañando muy poco a poco el pasado del universo; la observación y el análisis del **fondo cósmico de microondas** también resulta de muchísima ayuda. La radiación de fondo de microondas, como también se la conoce, es un tipo de radiación electromagnética que permea todo el universo y que comenzó su viaje por el cosmos hace nada menos que 13 770 millones de años aproximadamente. Esta es la edad que, de hecho, tiene el universo según las estimaciones más precisas que han realizado hasta

Utilizando estas y otras herramientas los científicos están consiguiendo ampliar poco a poco nuestro conocimiento de los estadios por los que ha pasado el universo, pero hay una fase especialmente inasequible. En realidad, ese periodo es un lapso ínfimo de tiempo; un momento aparentemente insignificante que abarca únicamente una fracción mínima de un segundo, pero que es de vital importancia porque fue el instante en el que se produjo un acontecimiento que aún no entendemos: el chispazo que desencadenó la expansión acelerada del universo sobre la que los cosmólogos han erigido la hipótesis de la inflación cósmica: el Big Bang.

La inflación cósmica propone una explicación de la expansión exponencial del cosmos primigenio. Durante un instante mínimo que tuvo lugar después del Big Bang el universo se expandió con una velocidad altísima, y a partir de ese momento su crecimiento siguió adelante, aunque con una tasa de expansión sensiblemente más moderada. Las observaciones y los modelos más avanzados que manejan los cosmólogos actualmente sugieren este comportamiento, pero el gran problema es que no conocen el mecanismo que puede explicar fehacientemente **ese brevísimo periodo de inflación cósmica**.

Sin embargo, no está todo perdido. Los científicos que están desarrollando su investigación en esta área creen que la respuesta que están buscando puede residir en las ondas gravitacionales primordiales, que, precisamente, fueron originadas durante la fase final de este periodo de inflación del cosmos. Estas perturbaciones gravitatorias deberían haber dejado una huella en el fondo cósmico de microondas, pero dar con ella es extraordinariamente difícil porque, a grandes rasgos, se trata de una huella tan liviana que es aparentemente imperceptible. Y, además, es extraordinariamente fácil confundirla con la señal originada por el polvo galáctico, que también emite radiación y tiene una estructura similar a la que en teoría deberían tener las ondas gravitacionales primordiales.

Aun así, los cosmólogos no se rinden fácilmente. Durante los últimos años varios grupos de investigación han puesto a punto radiotelescopios situados en enclaves geográficos en los que las condiciones atmosféricas permiten observar el cosmos con menos perturbaciones, y, por tanto, de una forma más precisa, como el polo sur. Uno de los proyectos científicos de colaboración más relevantes es BICEP/Keck, y, afortunadamente, durante los últimos años nos está entregando resultados muy prometedores. De hecho, los investigadores involucrados en **el experimento BICEP3** publicaron sus primeros resultados, y confirman que estamos un paso más cerca de la detección de las ondas gravitacionales primordiales.

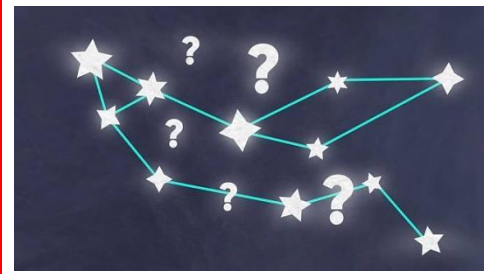
Uno de los grandes desafíos a los que se enfrentan los científicos que participan en este experimento consiste en **incrementar la relación señal/ruido** de sus medidas con un propósito: evitar que la señal originada por el polvo galáctico enmascare la información que realmente les interesa y que podría llevarles a identificar las ondas gravitacionales primordiales que podrían apuntalar, quizá de una manera definitiva, el modelo de la inflación cósmica. La buena noticia es que la colaboración BICEP/Keck está refinando poco a poco sus experimentos, de manera que las medidas que está recogiendo son cada vez más precisas. Y la no tan buena es que aún queda mucho trabajo por hacer.

Si tienen curiosidad y no les intimida la física relativamente avanzada, les sugiero echar un vistazo al estupendo artículo en el que Francisco R. Villatoro desmenuza los resultados que ha obtenido el experimento BICEP3. Esta es una carrera de fondo en la que **cada pequeño paso es importante**, especialmente si tenemos presente la dificultad que entraña la exploración minuciosa del fondo cósmico de microondas en busca de los tan ansiados indicios de la presencia de las ondas gravitacionales primordiales. Pero no cabe duda de que el esfuerzo merece la pena aunque nos veamos obligados a aceptar que quizá el resultado que buscamos aún tardará en llegar.

## Teoría de cuerdas: ¿Cómo comprender el universo partiendo de las matemáticas de la música de Pitágoras?

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**

17 octubre 2021



DESDE QUE LOS HUMANOS EXISTIMOS HEMOS MIRADO LAS ESTRELLAS. TAMBIÉN NOS HEMOS PREGUNTADO CÓMO LLEGARON ALLÍ Y QUÉ HAY MÁS ALLÁ DE ELLAS.

Los científicos durante mucho tiempo han estado buscando una teoría simple que explique cómo funciona el Universo. Una teoría del todo.

Muchas teorías han sido probadas y **hasta ahora ninguna ha logrado explicar completamente** lo que vemos en nuestro Universo.

Pero hay una idea particularmente atractiva que algunos físicos teóricos piensan que podría ser la correcta: la *teoría de cuerdas*.

"La teoría de cuerdas es finita. No explota, no colapsa sobre sí misma. Por eso creemos en ella. Otras teorías colapsan, explotan, pero la teoría de cuerdas no", le dijo a la BBC el renombrado físico teórico Michio Kaku.

Kaku ha pasado décadas lidiando -e intentando responder- con **algunas de las preguntas más importantes que existen**

"¿Qué pasó antes del Big Bang? ¿Hay otros universos? ¿Qué hay al otro lado de la creación? ¿O al otro lado de un agujero negro? ¿Son posibles los agujeros de gusano (o puente de Einstein-Rosen) o las dimensiones más altas? ¿Vivimos en un multiverso?"

"Todas esas preguntas no pueden ser respondidas usando nuestra comprensión actual".

Cuando el doctor Kaku habla de "nuestra comprensión actual", se refiere a nuestras mejores teorías actuales sobre la forma en que funciona el Universo.

En verdad, se contradicen entre sí y, a veces, hasta dan resultados contradictorios.

La teoría general de la relatividad de Albert Einstein funciona perfectamente bien para las predicciones sobre los movimientos de las estrellas y las galaxias, pero no funciona cuando se aplica al comportamiento de las partículas subatómicas.

Por el contrario, la teoría cuántica es genial con los átomos, pero predice que todo el Universo debería colapsar en un agujero negro, lo que claramente no hace porque todavía estamos aquí.

Entonces, ¿encontraremos alguna vez una sola teoría que lo explique todo?

### HACE 2.000 AÑOS PITÁGORAS SE HIZO LA MISMA PREGUNTA.

"El gran matemático griego pensó que debería haber un principio unificador, un paradigma por el cual resumir la vasta creación que vemos a nuestro alrededor en el Universo que conocemos".

"Miró a su alrededor y vio una lira.

"Cuando pulsas una cuerda de lira, obtienes una nota. Si tocas otra, obtienes otra nota, y él dijo: '¡Ajá! Las matemáticas de la música son lo suficientemente ricas como para explicar la diversidad de todo lo que vemos a nuestro alrededor'".

"Y sólo **recientemente se nos ocurrió una nueva idea basada en la idea pitagórica de la música**".

En otras palabras, la teoría de cuerdas. Entonces, ¿cómo pasamos de las reflexiones musicales de Pitágoras a la física?

El primer puerto de escala sería un acelerador de partículas como el Gran Colisionador de Hadrones en el CERN, donde las partículas diminutas se rompen en pedazos en colisiones de alta energía y luego se estudian detalladamente.

Estos experimentos son la mejor manera de probar teorías sobre cómo funciona el Universo.

### Entonces, ¿qué predice la teoría de cuerdas?

"Ahora creemos que todos esos cientos de partículas subatómicas que obtenemos rompiendo protones en el Gran Colisionador de Hadrones **no son más que notas musicales como creía Pitágoras**.

"Si tuviéramos un súper microscopio y pudiéramos mirar en un electrón, ¿qué veríamos? Una banda elástica. Una banda elástica vibratoria".

Por supuesto, Kaku no quiere decir una banda elástica real, sino más bien algo parecido a una banda elástica.

O para decirlo de otra manera, las cuerdas de la teoría de cuerdas y, al igual que las cuerdas de un instrumento musical, si pones algo de energía en ellas, vibran.

"Si vibra de una manera, lo llamamos electrón, si vibra de otra manera, se llama neutrino. Si vibra de otra forma, se llama quark, pero es la misma banda elástica".

Así que la teoría de cuerdas ofrece una posibilidad tentadora: una explicación para la gran variedad que vemos en el Universo, desde las colisiones de estrellas hasta las colisiones de átomos.

**Por supuesto, la teoría de cuerdas es solo eso, una teoría, o una hipótesis, para ser más exactos.**

Sus críticos señalan que muchas de sus predicciones son improbables, algo que el propio doctor Kaku reconoce.

Sus defensores, sin embargo, la consideran la mejor esperanza de unificar la física.

Kaku incluso cree que la teoría de cuerdas **podría explicar el misterio que rodea a la materia oscura**.

"La materia oscura constituye la mayor parte de la materia del Universo. Es invisible y mantiene unidas a las galaxias. Pero, ¿cómo lo demostramos?"

**"Creemos que la materia oscura podría ser la próxima octava de la cuerda"**.

"Si pudieras magnificar todas las partículas que ves alrededor nuestro, veríamos muchas bandas elásticas vibrando a diferentes frecuencias".

"Pero la banda elástica tiene octavas más altas. Eso creemos que es materia oscura".

Si el doctor Kaku tiene razón, la enorme complejidad de todo el Universo podría reducirse a la simple y elegante vibración de cuerdas.

"Creo que algo que la gente debería entender es que la física en el nivel fundamental se vuelve cada vez más simple pero también más poderosa cuanto más profundo vamos.

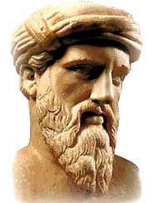
"El Universo es más simple de lo que pensábamos".



MICHIO KAKU, FÍSICO TEÓRICO.



LA TEORÍA DE EINSTEIN EXPLICA LO INMENSO, PERO NO LO DIMINUTO.



PITÁGORAS DE SAMOS (C. 570 - C. 495 A.C.).



LIRA

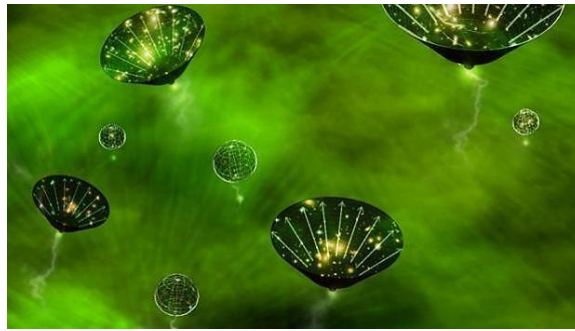


## ¿Pudo nuestro Universo ser creado en un laboratorio?

Según el científico Avi Loeb, una civilización tecnológicamente avanzada podría ser capaz de crear 'universos bebé'.

Versión del artículo original de JOSÉ MANUEL NIEVES

TOMADO DE: ABC – 21 de octubre de 2021



UNIVERSOS BEBÉ SURGEN DE NUESTRO PROPIO UNIVERSO. ¿PODRÍAN ESTAR SIENDO CREADOS POR CIVILIZACIONES AVANZADAS?  
CRÉDITO IMAGEN: KAVLI / IPMU.

Avi Loeb lo ha vuelto a hacer. El mismo científico que sostiene que **Oumuamua**, el primer objeto interestelar observado por los astrónomos mientras atravesaba nuestro Sistema Solar en 2017, es una **nave extraterrestre**, lanza ahora a través de su columna en 'Scientific American' otra idea fascinante: ¿Fue nuestro Universo creado en un laboratorio?

Si lo hubiera dicho cualquier otro, la cuestión no merecería más que un breve comentario, ya que no existe ningún modo de comprobar algo así. Pero Loeb no es un científico cualquiera. Hasta 2020 dirigió el Departamento de Astronomía de la Universidad de Harvard, es director del Instituto de Teoría y Computación en el Centro Harvard-Smithsonian de Astrofísica y forma parte, entre otras cosas, del Consejo de Asesores de Ciencia y Tecnología del Presidente de los Estados Unidos.

En su nuevo artículo, Loeb parte de lo que se considera «el mayor misterio en la historia de nuestro Universo, qué es lo que sucedió antes del Big Bang». Y tras repasar brevemente las varias teorías al respecto, entre ellas que todo surgió a partir de una fluctuación del vacío, o que se contrae y expande continuamente dando lugar a un nuevo Universo cada vez, Loeb pasa a «una posibilidad menos explorada»: la de que el Universo fuera «creado en el laboratorio de una civilización tecnológica avanzada». Según el investigador, sería posible que dicha civilización hubiera desarrollado una tecnología capaz de crear un 'Universo bebé' a partir de la nada y «a través de un túnel cuántico».

En el mundo de la **Mecánica Cuántica**, algunas partículas subatómicas utilizan túneles cuánticos para llegar a lugares a los que en teoría no podrían, ya que carecen de la energía suficiente. Loeb cree que esa sería la forma en que se podrían crear universos bebé.

Dado que actualmente los humanos no disponemos de una teoría capaz de combinar la Mecánica Cuántica y la **Relatividad**, los dos pilares de la Física moderna, Loeb imagina que «una civilización más avanzada que la nuestra podría haber logrado esa hazaña». La idea, apunta el científico, puede conciliar, de paso, la **noción religiosa de un Creador con la noción científica de la gravedad cuántica**, algo que hoy por hoy nuestros científicos no han logrado todavía.

Si la idea fuera correcta, escribe Loeb, y en el Universo existen civilizaciones avanzadas capaces de generar universos bebés, entonces formaríamos parte de un '**Universo biológico**' mucho mayor, un sistema que sería capaz de mantener «la longevidad de su material genético» a través de múltiples generaciones de nuevos universos.

Por lo tanto, y si nuestro Universo no es más que un 'universo bebé' dentro de otro Universo mayor, en el que habita la civilización que lo creó, el Universo en que vivimos no habría sido creado para nosotros, sino para civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra, con la tecnología necesaria para crear a su vez nuevos 'universos bebé'. Es lo que Loeb llama «**proceso de selección darwiniana cósmica**». «Una forma de decirlo -escribe en su artículo- es que nuestra civilización (que aún no es capaz de crear nuevos 'universos bebés') sigue siendo cosmológicamente estéril, ya que no podemos reproducir el mundo que nos creó».

### EL NIVEL DE LAS CIVILIZACIONES

Para Loeb, por lo tanto, el nivel tecnológico de las civilizaciones no debería medirse por su capacidad de aprovechar los recursos, como indica la conocida escala propuesta en 1964 por Nikolai Kardashev, según la que existen civilizaciones de Tipo I, II y III, capaces respectivamente de aprovechar totalmente la energía disponible en un planeta, una estrella y una galaxia. En lugar de eso, el nivel **alcanzado por una civilización «debería medirse por su capacidad para reproducir las condiciones astrofísicas que llevaron a su existencia»**.

En la nueva clasificación propuesta por Loeb, por lo tanto, una civilización de **clase A** podría reproducir las condiciones cósmicas que hicieron posible su existencia. O lo que es lo mismo, debería poder crear universos bebé en sus laboratorios. Una civilización de **clase B** no sería capaz de tanto, pero sí de «ajustar las condiciones de su entorno inmediato para ser independiente de su estrella anfitriona». Es decir, de recrear las condiciones habitables de su planeta con independencia de su sol.

En este contexto, está claro que la nuestra sería una civilización tecnológica de muy bajo nivel, o de **clase C**, «ya que somos incapaces de recrear incluso las condiciones habitables de nuestro planeta cuando el sol muera». Y no solo eso, sino que podríamos incluso estar más abajo en la escala, y ser una civilización de clase D, «**ya que estamos destruyendo descuidadamente el hábitat natural de la Tierra**».

Por supuesto, alcanzar el nivel tecnológico necesario para convertirse en una civilización de clase A es algo extremadamente difícil y al alcance de muy pocos. Pero un **Universo como el que describe Loeb solo necesitaría tener una civilización de clase A para seguir replicándose**.

Loeb termina su artículo con una llamada a la humildad. Nosotros **somos una civilización muy mediocre, y 'ahí fuera' debe de haberlas mucho más avanzadas**. Lo único que tenemos que hacer es encontrarlas.

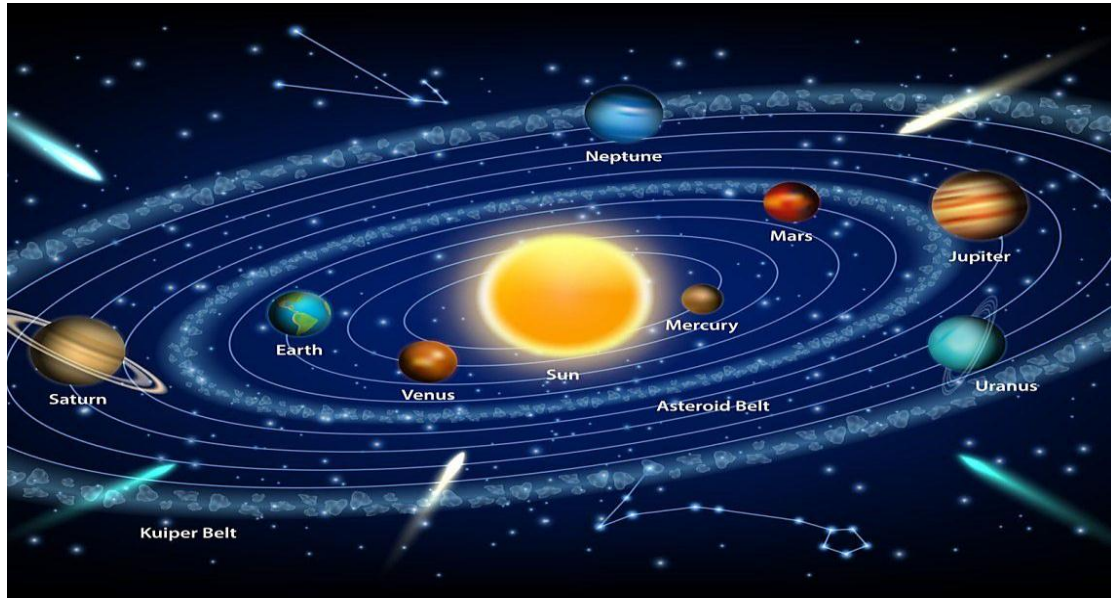
## Nuestro sistema solar primitivo tenía una brecha entre la zona interior y exterior.

Esta brecha se remontaría a cuando apenas era una masa arremolinada de gas y polvo.

Hoy tiene muchos millones de kilómetros.

Versión del artículo original de SARAH ROMERO

TOMADO DEL BLOG: Muy Interesante – 18 de octubre de 2021



CRÉDITO IMAGEN: ISTOCK

Hace 4.560 millones de años, nuestro sistema solar comenzó a formarse tras el colapso gravitacional de un trocito de una nube molecular gigante. El disco protoplanetario, giró alrededor del sol y finalmente se fusionó en los planetas que conocemos hoy. Pues en estos primeros momentos del sistema solar, surgió una misteriosa brecha, descrita como un “límite cósmico” y hoy forma lo que representa la abertura entre Marte y Júpiter, que precisamente divide los planetas internos (Mercurio, Venus, la Tierra y Marte) y externos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno).

### EVIDENCIA DIRECTA DE LA BRECHA

Así lo han descrito un equipo de científicos del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), basado en el análisis de meteoritos antiguos, fragmentos de asteroides que han caído a la Tierra desde el espacio. Durante la última década, los científicos han observado una curiosa división en la composición de los meteoritos que han llegado a la Tierra: carbonáceos y no carbonosos, pero rara vez se ha encontrado que los meteoritos exhiban ambos, un enigma conocido como "dicotomía isotópica".

“Durante la última década, las observaciones han demostrado que las cavidades, huecos y anillos son comunes en los discos alrededor de otras estrellas jóvenes. Estas son firmas importantes, pero poco entendidas, de los procesos físicos mediante los cuales el gas y el polvo se transforman en el sol y los planetas jóvenes”, explica Benjamin Weiss, profesor de ciencias planetarias en el Departamento de Ciencias de la Tierra, Atmosféricas y Planetarias (EAPS) del MIT y coautor del trabajo que publica la revista *Science Advances*.

Actualmente, esta brecha entre Marte y Júpiter, donde se encuentra el cinturón de asteroides, es de 3,68 unidades astronómicas (más de 550 millones de kilómetros).

### ¿CUÁL ES LA CAUSA DE ESTA MISTERIOSA BRECHA?

Se desconoce. Una posibilidad es que **Júpiter** haya tenido algo que ver. A medida que el gigante gaseoso tomó forma, su inmensa atracción gravitacional podría haber empujado el gas y el polvo hacia las afueras, dejando un espacio en el disco en desarrollo. Otra explicación, según los expertos, podría tener que ver con los vientos que emergen de la superficie del disco. Los primeros sistemas planetarios están gobernados por fuertes campos magnéticos. Cuando estos campos interactúan con un disco giratorio de gas y polvo, pueden producir vientos lo suficientemente poderosos como para expulsar material, dejando un espacio en el disco.

Sea como fuere, esta separación física podría haber dado forma a la composición de los planetas de nuestro sistema solar, al evitar que el material a ambos lados interactuase, de ahí que los del sistema solar interior sean rocosos y los del sistema solar exterior, gaseosos.

"Es bastante difícil cruzar esta brecha, y un planeta necesitaría mucho torque e impulso externos", dice el autor principal y estudiante graduado de EAPS Cauê Borlina. "Esto proporciona evidencia de que la formación de nuestros planetas estaba restringida a regiones específicas en el sistema solar temprano", continúa la experta.

### RESPUESTA A LA DICOTOMÍA ISOTÓPICA

"Las brechas son comunes en los sistemas protoplanetarios, y ahora mostramos que teníamos una en nuestro propio sistema solar", dijo Borlina. "Esto da la respuesta a esta extraña dicotomía que vemos en los meteoritos y proporciona evidencia de que las brechas afectan la composición de los planetas".

---

**Referencia:** Caue Borlina, *Paleomagnetic Evidence for a Disk Substructure in the Early Solar System*, *Science Advances* (2021). DOI: 10.1126/sciadv.abj6928. [www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abj6928](http://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abj6928)

---

## EL MISTERIO DE METHUSELAH, LA ESTRELLA ‘MÁS ANTIGUA QUE EL UNIVERSO MISMO’.

PUBLICADO POR: amp\_author\_box()

TOMADO DE:



LA ESTRELLA MÁS ANTIGUA CONOCIDA, OFICIALMENTE LLAMADA HD 140283 PERO APODADA METHUSELAH. CRÉDITO: ENCUESTA DIGITALIZADA DEL CIELO (DSS), STSCI/AURA, PALOMAR / CALTECH Y UKSTU / AAO.

¿Hay un cuerpo celeste más antiguo que el Universo mismo? Durante décadas, se pensó que ése podría ser el caso de Methuselah, la estrella más vieja del cosmos.

La controversia comenzó en el año 2000. Un equipo de científicos se propuso averiguar la edad real de Methuselah —o Matusalén, como se ha traducido el nombre—: **la estrella más antigua del Universo** registrada hasta el momento. A partir de las observaciones realizadas con el satélite Hipparcos, en aquel entonces **se estimó que el objeto celeste tenía 16 mil millones de años**.

De entrada, se encontraron con un problema lógico: **el Universo mismo tiene 13.7 mil millones de años**, según la documentación de Princeton University. Ésta es la edad más aceptada del cosmos (y de todo lo que existe), por lo que sería **imposible que un objeto celeste fuera más antiguo que el Universo mismo**. Entonces, ¿qué estaba pasando con Methuselah?

### METHUSELAH: ¿UNA ESTRELLA MÁS ANTIGUA QUE EL MISMO COSMOS?

Siguiendo la etimología griega, ‘cosmos’ quiere decir *ordenamiento*. Con ello, los antiguos griegos se referían a un orden común de todas las cosas que existen. Bajo este entendido, Methuselah también formaría parte de esta sinfonía desde su origen. Por lo cual, la edad de la estrella más antigua del Universo **fue motivo de debate teórico serio y ácido**.

Al respecto, el astrónomo Howard Bond, de la Universidad Estatal de Pensilvania, asegura que ésta **«fue una discrepancia seria»**. Por ello, según *Space*, su equipo de trabajo se propuso descubrir la verdadera edad de la estrella, y **proponer una cifra más precisa sobre su antigüedad**. «Sus conclusiones fueron igual de alucinantes», documenta el medio.

A partir de las investigaciones de Bond, se cuestionó sobre la edad misma del Universo. De hecho, se ha sugerido que **el cosmos es mucho más antiguo** de lo que se ha pensado por siglos:

«Una de las incertidumbres con la edad de HD 140283 fue la distancia precisa de la estrella», dijo Bond. «Era importante hacerlo bien porque podemos determinar mejor su luminosidad y, a partir de eso, su edad: cuanto más brillante es la luminosidad intrínseca, más joven es la estrella».

Por ello, utilizaron los **sensores de orientación fina** del telescopio espacial Hubble. Sólo así fue que pudieron determinar con más precisión cuántos años aproximadamente tiene Methuselah —y aparentemente, **la controversia sobre la estrella más antigua del Universo terminó**.

### 800 MILLONES DE AÑOS DE INCERTIDUMBRE

Bond y su equipo examinaron los elementos que componen a Methuselah. Contení **grandes cantidades de helio y otros gases nobles, y muy poco hierro**. Esto va de acuerdo al hecho de que, en sus inicios, había pocos elementos en el cosmos. Por ello, determinaron que la edad aproximada de HD 140283 —el nombre científico de la estrella— es de 14.460 millones de años.

Aunque sigue siendo un montón de años más de la edad aceptada del Universo, **la reducción de la cifra fue significativa**. Fue una reducción significativa de los 16 mil millones reclamados anteriormente, **pero aún era más que la edad del universo mismo**.

Ante la imprecisión, los investigadores decidieron **aceptar una brecha de 800 millones de años de incertidumbre**. Aún así, el logro de Bond y su equipo de investigación fue cerrar la brecha de manera considerable, a una **edad que fuera comparable con la edad del cosmos**.

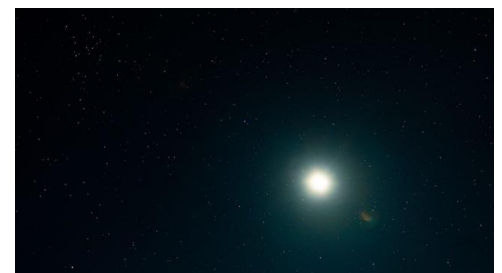
### ¿QUÉ SABEMOS DE LA ESTRELLA MÁS ANTIGUA DEL UNIVERSO HOY EN DÍA?

El nombre coloquial de la estrella más antigua del cosmos **viene de un personaje bíblico del Antiguo Testamento**. Según las escrituras judeocristianas, Methuselah fue el hombre más viejo de la historia: vivió 969 años, y **murió ejerciendo su papel como patriarca de su comunidad**. De ahí que la estrella más vieja del Universo haya heredado el nombre.

En la actualidad, con base en observaciones del telescopio Schmidt en el Observatorio Anglo-Australiano (AAO), **se sabe que Methuselah se encuentra a 190.1 años luz de distancia**. Su fulgor azul se detectó desde el Reino Unido, mientras se hacía un sondeo para realizar un registro digitalizado del cielo.

Methuselah se encuentra en la constelación Libra, y viaja a través de la bóveda celeste a «1.3 millones de kilómetros por hora», documenta *Space*. Se sabe que es una estrella subgigante, que **brilla más que las estrellas comunes, pero no tanto como las gigantes**. Su fulgor es rojizo, y se ha atenuado durante miles de millones de años.

En las noches despejadas, sin contaminación lumínica, se puede alcanzar a ver **con un par de binoculares simples**. Si se le presta la atención debida, en el silencio de la noche, tal vez algún día nos susurre su edad real.



FOTOGRAFÍA DE UNA ESTRELLA EN LA BÓVEDA CELESTE. CRÉDITO: PHILIP MYRTORP EN UNSPLASH.



# ¿Qué es la "luz líquida"?

## ¿Por qué se le considera el quinto estado de la materia?

Versión del artículo original de CARLOS SERRANO (@carliserrano)

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**

TOMADO DE: **MSN**



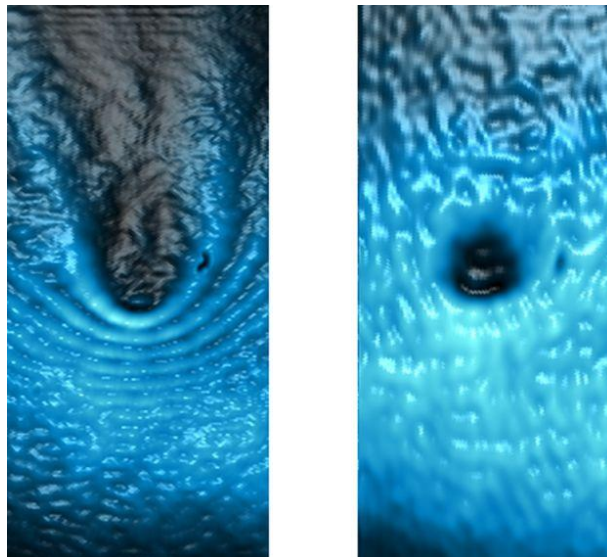
LA LUZ SE PUEDE COMPORTAR COMO UN LÍQUIDO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

En el cuento "La luz es como el agua", Gabriel García Márquez narra las aventuras de Totó y Joel, dos niños que en las noches rompen las bombillas de su casa y navegan entre los caudales de luz que brotan de ellas.

"Un chorro de luz dorada y fresca como el agua empezó a salir de la bombilla rota, y lo dejaron correr hasta que el nivel llegó a cuatro palmos. Entonces cortaron la corriente, sacaron el bote, y navegaron a placer por entre las islas de la casa", escribe el Nobel.

La escena, por fantástica que parezca, no está muy lejos de la realidad.

Los científicos que estudian fenómenos cuánticos han demostrado que la luz, bajo condiciones especiales, puede comportarse como un líquido que fluye y ondula alrededor de los obstáculos que encuentra, como la corriente de un río entre las piedras.



IZQUIERDA: LA LUZ SE TOPA CON UN OBSTÁCULO ANTES DE SER UN SUPERFLUIDO.  
DERECHA: LA LUZ SE TOPA CON UN OBSTÁCULO DESPUÉS DE SER CONVERTIDA EN SUPERFLUÍDO.  
CRÉDITO IMAGEN: DANIELE SANVITTO.

### ¿CÓMO LO HACEN?

La "luz líquida" es una sustancia muy particular. No es sólido ni plasma y tampoco se comporta exactamente como un líquido o un gas.

Los científicos la llaman *Condensado de Bose-Einstein* (BEC) y la consideran el "quinto estado de la materia".

En este estado, las partículas se sincronizan y se mueven al unísono, formando un "superfluido".

"Se parece a cualquier otro líquido o gas, pero con propiedades especiales, una de las cuales es que todas sus partes están relacionadas", le dice a BBC Mundo Daniele Sanvitto, investigador del Instituto de Nanotecnología de Italia.

Los superfluidos no crean ondas, y no experimentan fricción ni viscosidad.



**LA LUZ LÍQUIDA PUEDE REVOLUCIONAR LA FORMA EN LA QUE TRANSMITIMOS INFORMACIÓN Y ENERGÍA. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.**

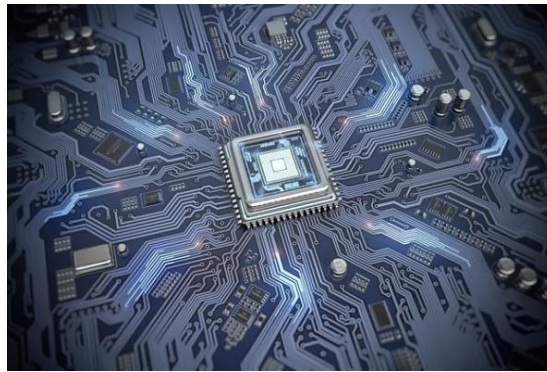
Tienen un "comportamiento colectivo", dice Sanvitto. "Es como un grupo de bailarines haciendo los mismos movimientos o una ola de gente marchando al mismo compás".

Así, un líquido común, al toparse con una pared rebotaría, pero un superfluido, como la luz líquida, circularía a lo largo de la pared.

"Si enviaras un chorro de estos contra una pared, la escalará en cualquier dirección y eventualmente se volverá a conectar después del obstáculo", explica Sanvitto.

### ¿PARA QUÉ SIRVE LA LUZ LÍQUIDA?

Hasta hace unos años, los superfluidos solo podían lograrse en temperaturas cercanas al cero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), pero en 2017 Sanvitto y sus colegas lograron producir luz líquida a temperatura ambiente.



**LOS CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN PUEDEN SER LA CLAVE DE UNA NUEVA GENERACIÓN DE COMPUTADORES ÓPTICOS. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.**

Esto lo lograron usando mezclas de luz y materia, llamadas *polaritones*.

"Este es el primer paso para tener aplicaciones de este líquido en la vida diaria", dice Sanvitto.

Hasta el momento, los experimentos con BEC se han logrado solo a pequeña escala en los laboratorios, pero los investigadores le ven un gran potencial para transmitir información y energía sin desperdicio.



**POR AHORA LA LUZ LÍQUIDA SOLO SE PUEDE CREAR EN LABORATORIOS. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.**

Un ejemplo sería la creación de computadores ópticos, que puedan aprovechar la interacción de las partículas de luz sin el problema de la disipación o el calentamiento de los computadores comunes. Esto hará que sean mucho más rápidos y consuman menos energía.

Esta tecnología también podría revolucionar el manejo de los láseres y los paneles solares. Incluso, como lo menciona el científico Michio Kaku en una entrevista con *This Week in Science*, hay quienes piensan que en un futuro los BEC podrían sentar las bases para teletransportar objetos.

Por ahora eso solo es posible en la imaginación, como alguna vez lo fue en el cuento de García Márquez...

# Cuál es la nueva propiedad de la luz (y para qué servirá).

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**  
TOMADO DE: **MSN**



**EL DESCUBRIMIENTO, LIDERADO POR UN EQUIPO DE INVESTIGADORES ESPAÑOLES, FUE PUBLICADO EN LA REVISTA SCIENCE. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

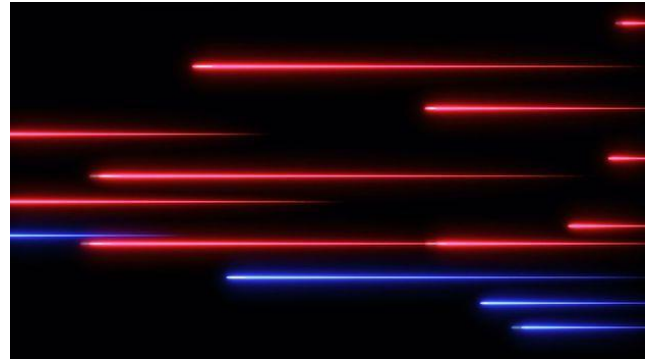
Además de reflejarse y refractarse, la luz también puede torcerse sobre sí misma sin necesidad de injerencias externas. Solo que hasta ahora los científicos no lo sabían.

Un grupo internacional de científicos, liderados por un equipo español de investigadores de la Universidad de Salamanca, ha descubierto esta nueva propiedad de la luz, desconocida hasta el momento.

A esta cualidad recién descubierta la han llamado "*autotorque*", por su nombre en inglés, que podría traducirse como "*autotorsión*". El hallazgo se publicó en la prestigiosa revista científica *Science*.

La luz tiene otras propiedades ya conocidas como la longitud y la intensidad, además de las ya mencionadas refracción y reflexión. Y aunque pueda parecer que se propaga en línea recta, en realidad lo hace en forma de onda.

Las ondas se producen cuando la luz gira sobre su propio eje debido a lo que en física se conoce como el "*momento angular orbital*" (OAM por sus siglas en inglés), pero se creía que era estático.



**AUNQUE IMPERCEPTIBLE PARA EL OJO HUMANO, LA LUZ NO VIAJA EN LÍNEA RECTA, SINO QUE SE PROPAGA EN ONDAS QUE GIRAN SOBRE SU PROPIO EJE. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

Ahora, este equipo de científicos ha podido comprobar que los haces de luz láser no solo se mueven, sino que lo hacen a alta velocidad, de una forma controlada, acelerando y frenando su rotación de forma autónoma, que es el elemento más llamativo del descubrimiento.

La torsión es una propiedad que está presente en otros sistemas, pero siempre cuando es provocada por fuerzas externas. En la luz, el giro sobre su propio eje ocurre por sí mismo. Es como si un remolino de viento incrementase su rotación a una altísima velocidad, han ejemplificado los autores del estudio.

## POR QUÉ ES IMPORTANTE

Además de que es una propiedad de la luz completamente nueva, el hallazgo permitirá estudiar científicamente los elementos más pequeños de la naturaleza tales como virus, células o átomos.

Será mediante sus aplicaciones en dispositivos y aparatos de nanotecnología, que permitirán trabajar con estructuras aisladas de millonésimas de milímetro donde, recuerdan los investigadores, "las leyes de la física son diferentes a las ya conocidas" (por tratarse de elementos extraordinariamente diminutos).

Esta nueva propiedad de la luz podrá usarse en comunicaciones ópticas, microscopía, manipulación de partículas y óptica cuántica, aunque los científicos advierten de que al tratarse de un descubrimiento tan nuevo, todavía están por descubrir todas sus aplicaciones y utilidades.



**LOS CIENTÍFICOS HAN COMPARADO EL DESCUBRIMIENTO CON UN REMOLINO DE LUZ QUE INCREMENTA EL GIRO SOBRE SÍ MISMO A ULTRAVELOCIDADES. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

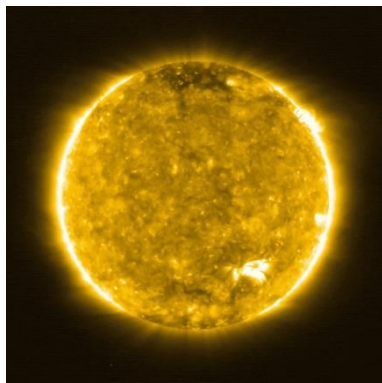


**APLICADA A LA TECNOLOGÍA, LOS CIENTÍFICOS ESPERAN QUE SIRVA PARA ESTUDIAR LAS PARTÍCULAS DE MENOR TAMAÑO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**



# ¿Podría una tormenta solar acabar con nuestra civilización?

Las erupciones solares pueden golpear la Tierra y tener graves consecuencias para la humanidad si no estamos preparados para ello.



LA IMAGEN MÁS CERCANA TOMADA DEL SOL. CRÉDITO IMAGEN: AFP.

Versión del artículo original de PABLO G. PÉREZ GONZÁLEZ y PATRICIA SÁNCHEZ BLÁZQUEZ

TOMADO DE: El País - España / 21-07-2020

Pablo G. Pérez González es investigador del Centro de Astrobiología, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (CAB/CSIC-INTA).

Patricia Sánchez Blázquez es profesora titular en la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

**Vacío Cósmico** es una sección en la que se presenta nuestro conocimiento sobre el universo de una forma cualitativa y cuantitativa. Se pretende explicar la importancia de entender el cosmos no solo desde el punto de vista científico sino también filosófico, social y económico. El nombre "vacío cósmico" hace referencia al hecho de que el universo es y está, en su mayor parte, vacío, con menos de 1 átomo por metro cúbico, a pesar de que en nuestro entorno, paradójicamente, hay quintillones de átomos por metro cúbico, lo que invita a una reflexión sobre nuestra existencia y la presencia de vida en el universo.

En el centro del Sol se convierten, cada segundo, 700 millones de toneladas de hidrógeno en 695 toneladas de helio mediante fusión nuclear. La diferencia de masa, equivalente a 15 rascacielos como el Empire State, es convertida en energía según la famosa ecuación de Einstein  $E=mc^2$ . Esta energía es la que hace brillar al Sol y la responsable de que, incluso estando a 150 millones de kilómetros de distancia, pasemos calor.

La energía generada en el núcleo del Sol es transportada hacia el exterior y las capas más exteriores y menos densas, cuando reciben el calor desde abajo, comienzan a bullir. Esto crea enormes corrientes de gas caliente que viajan cientos de miles de kilómetros, llevando el calor generado en el centro hacia la superficie, del mismo modo que cuando hervimos agua en un cazo encima de un fuego. Debido a la alta temperatura, los electrones de los átomos están separados de su núcleo, por lo que el gas del Sol es una sopa de partículas cargadas, lo que llamamos un **plasma**. Cuando una partícula cargada está en movimiento genera un campo magnético, así que estas corrientes de plasma funcionan como una dinamo y llevan también el campo magnético a la superficie.

Los campos magnéticos solares no son tan ordenados como en la Tierra debido a que la rotación del Sol es más rápida en el ecuador (25 días) que a latitudes medias (28 días). Sí, el Sol no es como una peonza, cuya rotación es uniforme, sino que según nos alejamos del ecuador el material se va "quedando rezagado", va más lento. Como consecuencia, las líneas de campo magnético se retuercen y se enredan unas con otras, impidiendo en algunos casos los movimientos del gas, que queda confinado (una palabra que se usa mucho en física). Como resultado visible del fenómeno magnético, en la superficie del Sol aparecen regiones más frías y oscuras que llamamos **manchas**, que serían las zonas donde los tubos de flujo magnético afloran a la superficie. Las manchas siempre aparecen en pares, tal y como sucede con los polos de un imán.

Aunque es famosa la disputa que tuvieron el jesuita Christopher Scheiner y el astrónomo florentino Galileo Galilei por la prioridad del descubrimiento de manchas en el Sol, lo cierto es que el primer registro conocido de las mismas aparece en el *Libro de las mutaciones* (I Ching, 易經), escrito hacia el 1200 antes de Cristo. Éste fue el primero de los múltiples registros que los astrónomos chinos y coreanos realizaron, fundamentalmente por encargo del emperador, que los usaba para realizar presagios. En la cultura azteca, donde se adoraba al dios sol, existen registros indicando como su cara aparece "picada" por la viruela, lo cual puede ser una indicación de estas manchas. También en occidente las manchas se habían observado mucho antes, sin embargo, la concepción aristotélica del universo como inmaculado y perfecto, luego adoptada por la Iglesia, hizo que la idea de un Sol manchado fuera considerada una herejía. Desde mediados del siglo XIX sabemos que las manchas aparecen, se hacen más abundantes y desaparecen en periodos de 11 años, el llamado ciclo de actividad solar, en el cual el campo magnético global del Sol cambia de polaridad (los polos norte y sur se invierten).

Como las partículas cargadas responden a la presencia de un campo magnético, la acumulación de plasma en los puntos donde aflora el campo magnético a veces se puede apreciar como inmensos arcos de fuego que se extienden cientos de miles de kilómetros. Estos arcos, ocasionalmente, se vuelven inestables y pueden llegar a romperse, liberando toda la inmensa energía acumulada en ellos en lo que llamamos una eyección de masa coronal. Estos eventos lanzan partículas cargadas a

velocidades muy altas, capaces de viajar, en algunos casos, la distancia de la Tierra al Sol en menos de un día. Cuando llegan a la Tierra la atmósfera absorbe la radiación y las partículas son desviadas por los campos magnéticos terrestres, la llamada magnetosfera, y siguen la trayectoria de sus líneas de campo, dirigiéndose hacia los polos de la Tierra, donde acaban penetrando e interactuando con los gases de la atmósfera y creando las bellas auroras boreales.

Sin embargo, si una eyección de masa coronal es lo suficientemente grande puede deformar la magnetosfera terrestre dando lugar a fenómenos como el sucedido el 1 de septiembre de 1859, el conocido como el *evento Carrington*. A las 11:18 Richard Carrington estaba haciendo bocetos de las manchas solares cuando observó un inmenso estallido de luz que parecía salir de dos puntos del grupo de manchas. Diecisiete horas más tarde una ola de auroras boreales convirtió la noche en día en toda Norteamérica, llegando hasta Colombia.

Afortunadamente, la única tecnología moderna que se usaba por entonces era el telégrafo. Estos fallaron en todo el mundo, causando chispas en las líneas y prendiendo fuego a algunas oficinas, pero no causaron males mayores. Sin embargo, en la sociedad en la que vivimos hoy las corrientes eléctricas producidas en estos eventos pueden llegar a afectar a los satélites de comunicación y navegación e incluso llegar a quemar los transformadores de alta tensión, dejándonos sin suministro eléctrico. En el año 2012, la Tierra esquivó, por poco, una eyección de masa coronal tan potente como la de 1859. Si la tormenta solar se hubiera producido una semana antes, nos hubiera alcanzado de lleno, causando daños en los sistemas electrónicos valorados, solo en Estados Unidos, en unos 2,6 trillones de dólares, que se estima que hubieran necesitado reparaciones durante años.

Pero todavía hay más (potenciales) malas noticias. Una publicación del año 2012 descubrió que estrellas similares al Sol pueden tener súper-fulguraciones, mucho más energéticas que el evento de 1859. Si estas tormentas nos pillan sin estar preparados, las consecuencias pueden ser catastróficas. Dependemos de la electricidad para todo. Un fallo en el sistema de suministro significaría que no tendríamos luz, ordenadores, comunicaciones, agua corriente. Habría falta de suministros en los supermercados y la comida se pudriría al no poder ser refrigerada. Además, debido a la falta de electricidad, sería complicado volver a construir el sistema de suministro. Es difícil predecir los daños totales que uno de estos eventos causaría en nuestra sociedad, pero antes o después lo sabremos, es tan solo cuestión de tiempo. ¡Hay películas sobre ello, puede pasar, estamos avisados!

La misión Solar Orbiter (SolO), una colaboración entre las agencias espaciales europea y estadounidense (ESA y NASA, respectivamente) envió hace unos días las imágenes del Sol más cercanas que se han conseguido nunca. Uno de los objetivos de esta misión es entender mejor los ciclos de actividad solar, precisamente, para poder prevenirnos ante ellos. Dos de los instrumentos a bordo, EPD y So/Phi, tienen una gran participación española, tanto de instituciones de investigación, como los Institutos de Astrofísica de Andalucía y Canarias, las universidades de Barcelona, Valencia, Alcalá y Politécnica de Madrid y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), como de empresas nacionales, Airbus España, Alter Technology, Crisa, GMV, GTD, Sener y Thales Alenia. Esperemos que estos esfuerzos nos salven de los presagios del emperador Wang Mang, que decía en relación con las manchas en el Sol: "Son una anomalía y solo pueden estar indicando la llegada de catástrofes".

# Cinco curiosidades sobre Júpiter, el planeta más grande del Sistema Solar

Descubre más sobre el planeta conocido como el gemelo de la Tierra. ¿Cómo es su estructura y superficie?

Por Redacción National Geographic - Publicado 17 ene 2023



VISTA DEL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE DE DOS TORMENTAS JOVIANAS EN FORMA DE OJO EN JÚPITER. FOTOGRAFÍA: NASA.

Júpiter es uno de los ocho planetas del Sistema Solar. Según la NASA, el cuerpo tiene **más del doble de la masa** de todos los demás planetas combinados, lo que lo convierte en **el más grande del sistema planetario**.

Las conocidas franjas de Júpiter, de hecho, son **nubes frías y ventosas de amoníaco y agua**, que flotan bajo la atmósfera formada por hidrógeno y helio.

Sin embargo, estos son los detalles más simples y populares sobre el planeta. A partir de la información que ofrece la agencia espacial estadounidense, se profundiza más sobre Júpiter.

## 1. POSEE 80 LUNAS, ¡ALGUNAS SIN NOMBRE!

Júpiter forma una especie de **sistema solar en miniatura**. A su alrededor hay 80 lunas: 57 de ellas ya han recibido nombres oficiales de la Unión Astronómica Internacional (IAU por sus siglas en inglés), y **otras 23 aún están en espera de ser nombradas**.

El astrónomo Galileo Galilei observó por primera vez **las cuatro lunas más grandes de Júpiter** (Io, Europa, Ganímedes y Calisto) en 1610, utilizando una versión temprana del telescopio. Se conocen hasta el día de hoy como satélites de Galilea y tienen detalles curiosos: Io es un **cuerpo volcánicamente activo** y Ganímedes es **la luna más grande del Sistema Solar** (incluso más grande que el planeta Mercurio).

## 2. NO TIENE UNA VERDADERA SUPERFICIE

A pesar de tener una masa gigante, **Júpiter no tiene una superficie real**. El planeta está compuesto principalmente por gases y líquidos (lo que **imposibilita el aterrizaje de una nave, por ejemplo**), que se derretirían por las altas temperaturas.

## 3. TIENE EL DÍA MÁS CORTO DEL SISTEMA SOLAR

Júpiter tiene **el día más corto del Sistema Solar**: solo se necesitan unas 10 horas para dar una vuelta completa, es decir, **14 horas más rápido que la rotación media de la Tierra**. En contraste, Júpiter completa **una órbita alrededor del Sol en unos 12 años terrestres**.

## 4. SE LO CONOCE DESDE HACE MÁS DE 3 SIGLOS

Las primeras observaciones detalladas de Júpiter fueron realizadas por **Galileo Galilei, en 1610, con un pequeño telescopio**. En la misma investigación, encontró lunas y otros cuerpos orbitando alrededor del **gigante gaseoso**.

Desde la década de 1970, se han enviado varias sondas y naves espaciales a la región de Júpiter. La más reciente de ellas, **la nave espacial Juno** de la NASA, llegó al planeta en julio de 2016 y actualmente lo **está estudiando en órbita**.

## 5. TIENE TORMENTAS CONSTANTES

La atmósfera de Júpiter está **agitada por docenas de tormentas, ciclones y nubes de tormenta**. Los datos de la nave espacial Juno de la NASA señalan que las tormentas son frecuentes y se extienden por más de 350 kilómetros.

El movimiento de las nubes es diferente según los hemisferios del planeta. **Los ciclones giran en sentido antihorario** en el hemisferio norte, mientras que en el hemisferio sur giran en el sentido de las agujas del reloj.

**Los anticiclones**, por otro lado, giran en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio sur, y **exhiben colores y formas bastante diferentes**.



Esta imagen de Júpiter es alucinante. Fue publicada por la NASA el 2021 y tomada por el instrumento Junocam en ella podemos ver dos de las grandes tormentas giratorias de Júpiter, capturadas en el pase número 38 del perijovio de Juno.

La misión de Juno se centra en el estudio de la atmósfera, el campo magnético y la estructura interna del planeta. Junocam ha tomado varias imágenes impresionantes de Júpiter y sus satélites, incluyendo detalles de las tormentas en el planeta. (Fuente: doctor fisión en Facebook – 14 de enero 2023).

---

**Versiones de artículos originales de Dr. EDGAR REDONDO, enviados vía Facebook:**

---

**EDGAR REDONDO**

Nació en Caracas, Venezuela. Actualmente residenciado en Madrid, España. Egresó como Bachiller del Liceo Carlos Soublette. Realizó estudios universitarios de Pre y Postgrado en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Universidad Nacional Abierta (U.N.A.), Universidad de Carabobo, Universidad de Málaga, Universidad de Córdoba, Universidad del Sur Cancún. Se ha desempeñado como docente en Universidad de Carabobo, Universidad Central de Venezuela y Universidad Nacional Abierta.

---

## Júpiter



Foto en Alta Resolución de Júpiter. ¡¡¡Una Belleza!!!

Júpiter es el quinto planeta del sistema solar... Es, después del Sol, el mayor cuerpo celeste del Sistema Solar, con una masa casi dos veces y media la de los demás planetas juntos (su masa 318 veces mayor que la de la Tierra) en cuanto a volumen, es 1317 veces más grande que la Tierra. También es el planeta más antiguo del sistema solar, siendo incluso más antiguo que el sol; Júpiter también posee la velocidad de rotación más rápida de los planetas del sistema solar: gira en poco menos de diez horas sobre su eje.

El planeta es conocido por una enorme formación meteorológica, la Gran Mancha Roja, dado su gran tamaño, superior al de la Tierra.

Júpiter irradia más calor del que recibe de la escasa luz solar que le llega hasta esa distancia... Tiene, además, 79 satélites hasta ahora descubiertos... siendo los más importantes, por su tamaño y características: Io, Europa, Ganímedes y Calisto.

Pero, lo que quiero resaltar, no es que Júpiter sea el planeta más grande, sino que es el más masivo. Y, por lo tanto, tiene una influencia gravitacional muy fuerte, (dos veces y media más que la Tierra) y eso es importante para nosotros...

Muy posiblemente todos estaríamos muertos si la Tierra fuera el planeta más grande y más masivo del Sistema Solar. Pero, dado que Júpiter tiene esa distinción, la mayoría de los asteroides y cometas entran en su órbita cada vez que se acercan a él y... se desintegran, debido a la alta presión atmosférica y su temperatura, o chocan contra el gigante.

Júpiter es, desde este punto de vista, el vertedero del Sistema Solar. Demos, pues, gracias a Júpiter porque todavía estamos vivos... (Aunque, es justo reconocer, que Saturno, Urano, Neptuno son bastante grandes y también juegan un papel importante).

\*\*\*

---



## Eso de que sólo por tu intuición puedes estar seguro de algo... ¡No es muy inteligente!

Te invito a que a través de un simple ejemplo descubras los límites que tenemos todos al utilizar nuestra intuición... El ejemplo es realmente viejo... Imagínate, una versión que apareció en 1702 en: "The Elements of Euclid" de William Whiston.

Entremos en materia... Imagina que estás en el ecuador y que hay una soga atada alrededor de todo el planeta- Sííí, que hay una cuerda, tendida en el suelo, apretada alrededor del ecuador de la Tierra – Claro, imagínate que en el ecuador no hay montañas, ni hay mar, así que la cuerda forma una circunferencia perfecta (Venga, como lo haría alrededor de una pelota de playa).

Por supuesto, que será una cuerda muy larga... de unos 40.075.000 m.

Ahora, corta la cuerda y agrégale un metro extra de cuerda... Por lo que será un metro más larga que antes. Ahora tira, o hala, uniformemente de la cuerda alrededor de la superficie de la Tierra para que vuelva a tomar la forma de una circunferencia perfecta... Y aquí viene la gran pregunta:

¿Qué tan lejos del suelo estará la nueva cuerda? ¿Estará a medio metro del suelo? ¿Estará a 10 cm del suelo? ¿A un cm? ¿Casi nada?... ¿Cuánto crees tú?

Casi todos cuando escuchamos por primera vez esta pregunta, decimos: "¡Casi nada!". Si la cuerda se separó del suelo creemos que ni siquiera veríamos el espacio intermedio; Es que la Tierra es tan grande, ¿qué es un metro en toda la circunferencia alrededor del planeta?... Pues ¡Nada!

La respuesta correcta es una sorpresa para la inmensa mayoría de las personas...

El trozo adicional de cuerda la eleva a más de 15 cm del suelo, 15,91 cm para ser exactos... Lo suficientemente alto como para que nuestros ojos lo perciban y nuestros pies se tropiecen fácilmente... ¡Aaah!, y eso ocurriría a lo largo de toda la circunferencia de la Tierra... En el Ecuador, Kenia, Indonesia, las Galápagos, etc.

Ese hecho puede parecer tonto, pero mi admirado filósofo de principios del siglo XX, Ludwig Wittgenstein, creía que este abismo entre la intuición humana y la realidad física revelaba algo importante sobre la falibilidad de nuestro pensamiento. Después de todo, si algo que parece obvio para casi todos puede ser totalmente falso, ¿En qué otras cosas podríamos estar equivocados?

¿Qué no te lo crees? Pues basta recordar la vieja ecuación de la circunferencia,  $L = 2\pi r$ , la *longitud* alrededor de un círculo, siempre es igual a *dos pi veces el radio*. Ahora con la cuerda en el ecuador, básicamente estamos agregando un metro a la circunferencia y preguntando cuánto aumenta el radio cuando hacemos eso.

Dado que la circunferencia de un círculo es siempre exactamente  $2\pi$ , o 6.28 veces su radio, entonces si agregas una unidad a una circunferencia, siempre agregará uno sobre dos pi al radio. En otras palabras... El cuánto aumenta el radio, cada vez que agregas un metro a una circunferencia, no tiene nada que ver con lo grande que ella sea... Por ejemplo, alrededor de una casa, o un parque... Siempre termina 1 sobre 2 pi veces más allá de un metro, o 15,91 cm.

Que sirva este ejemplo como recordatorio del hecho de que incluso cuando estamos seguros de algo, puede ocurrir que nos estemos equivocando... de que puede ser algo que nos puede parecer completamente obvio y sin embargo, ni siquiera sea verdad ¿Podría sucedernos cuando pensamos, digamos, en política? ¿O cuando comentamos sobre la racionalidad de otras personas?

La cosa es que probablemente no sabrías si estas cometiendo ese tipo de error. ¿Por qué? Bueno, piensa de nuevo en la cuerda. Lo único que convence a la gente acerca de la cuerda es la prueba a través de la fórmula  $L = 2\pi r$ . La intuición es tan fuerte que nada más que la prueba matemática te dejaría ver que estabas equivocado.

Pero resulta que muchas cosas en la vida, y este es el punto crucial, ¡Simplemente no tienen fórmulas! Y así, en ese tipo de casos, donde no hay pruebas, ni fórmulas, si estás bajo una imagen engañosa, será muy difícil convencerte de tu error.

¿Qué nos queda? Tal vez deberíamos tener mucha menos confianza en nuestras creencias. Después de todo, podemos estar equivocados más de lo que nos damos cuenta... SI... Deberíamos ser un poco menos confiados, incluso sobre nuestras creencias más profundas.

---

## Análisis de la frase:

# “Si nada es imposible, quiere decir que todo es posible, entonces, es posible que haya algo imposible”.

La frase en cuestión es una bonita paradoja lógica y semántica, que hace brotar las contradicciones que surgen al intentar aplicar la idea de la “Posibilidad Absoluta”...

Pero antes de analizarla me parece conveniente y hasta imprescindible, repasar eso de “LAS PARADOJAS”, que son tan comunes en la Lógica y la Filosofía, especialmente en discusiones sobre límites del lenguaje, las definiciones y la naturaleza de la verdad. Ellas retan nuestras nociones de lo posible, mostrando cómo nuestras afirmaciones sobre el mundo pueden ser más frágiles y absurdas de lo que inicialmente pudieran parecernos, resaltando la complejidad de conceptos aparentemente simples y cómo, cuando se llevan al extremo, pueden generar contradicciones que desafían nuestro entendimiento. En efecto, las paradojas cuestionan nuestras intuiciones sobre la verdad, la referencia, y la consistencia lógica, y su estudio han sido fundamental en el desarrollo de la Lógica Matemática, la Teoría de Conjuntos, y la Filosofía del Lenguaje, de ahí la importancia de su comprensión.

Entremos pues, en el “Universo de Las Paradojas”, esta vez a través de la mano de 8 aforismos.

**(1)** “Cuando el lenguaje se mira al espejo, a menudo se encuentra atrapado en una contradicción”.

Con este primer aforismo intento que refleje cómo las paradojas semánticas surgen cuando el lenguaje se refiere a sí mismo, creando un ciclo de autorreferencia que lleva a contradicciones. En efecto, se entiende por *paradojas semánticas* aquellas que surgen debido a problemas en el uso del lenguaje, especialmente cuando se permite que un enunciado se refiera a sí mismo, o a otros enunciados, de manera que da por resulta una contradicción lógica. Aquí te dejo algunos ejemplos clásicos de paradojas semánticas con sus explicaciones:

### I. Paradoja del Barbero

**Enunciado:** En un pueblo hay un barbero que solamente afeita a todos los hombres que no se afeitan a sí mismos... La pregunta que desnuda la paradoja es: *¿Quién afeita al barbero?*

**Explicación:** Si el barbero se afeita a sí mismo, entonces según la regla enunciada, no debe afeitarse a sí mismo. Peeeero, si no se afeita a sí mismo, entonces, según la regla, él mismo debería afeitarse. Esta paradoja nace de un problema de autorreferencia que no tiene una solución lógica coherente.

### II. Paradoja de Grelling-Nelson (Paradoja del Heterológico)

**Enunciado:** La palabra “heterológico” se refiere a las palabras que no se describen a sí mismas. Por ejemplo, la palabra “larga” no es larga, por lo tanto es heterológica, y la palabra “corta” es corta en longitud, así que es No Heterológica. Entonces, la pregunta que hace brotar una paradoja es: *¿Es “heterológico” heterológico?*

**Explicación:** Si “heterológico” es heterológico, entonces no se describe a sí mismo y, por lo tanto, es heterológico, lo que lleva a una contradicción. ¡Aaah!, y si no es heterológico, entonces se describe a sí mismo, lo que también es contradictorio.

### III. Paradoja del Conjunto de Todos los Conjuntos

**Enunciado:** Sea  $A$  el conjunto de todos los conjuntos que no se contienen a sí mismos. *¿ $A$  se contiene a sí mismo?*

**Explicación:** Si  $A$  se contiene a sí mismo, entonces no debería estar en  $A$ , porque  $A$  solo contiene conjuntos que no se contienen a sí mismos. Pero si  $A$  no se contiene a sí mismo, entonces debería estar en  $A$ , lo que evidentemente crea una contradicción.

**(2)** “Una afirmación sobre su propia falsedad está condenada a ser tanto verdadera como falsa”, un enigma sin resolución dentro de su propio marco.

Este segundo aforismo describe la esencia de la famosa “Paradoja del Mentiroso”, donde un enunciado que se refiere a sí mismo como falso genera una contradicción inevitable. En efecto:

#### I. Paradoja del Mentiroso

**Enunciado:** “Esta oración es falsa”.

**Explicación:** Si la oración es verdadera, entonces como ella misma afirma, debe ser falsa. Peeeero, si es falsa, entonces el enunciado será verdadero, porque eso es lo que precisamente ella manifiesta. Esta situación, evidentemente, crea una contradicción sin resolución.

#### II. Paradoja de Epiménides

**Enunciado:** Se atribuye a Epiménides haber afirmado: *Todos los cretenses son unos mentirosos.*

Sabiendo que él mismo era cretense, *¿decía Epiménides la verdad?*

**Explicación:** Comencemos aclarando que un mentiroso solo hace afirmaciones que son falsas, entonces, si Epiménides dice la verdad, implica que no todos los cretenses son mentirosos, él estaría diciendo una verdad... En este caso, una verdad que afirma que él como cretense está mintiendo.

**(3)** “El lenguaje que se juzga a sí mismo camina por un filo peligroso, donde la verdad y la mentira se confunden”.

Este tercer aforismo destaca el riesgo inherente de que un sistema de lenguaje que habla de sí mismo puede caer en paradojas y contradicciones.

Para Alfred Tarski (1901-1983, lógico, matemático y filósofo polaco) un lenguaje semánticamente cerrado es un lenguaje en el que se pueden formular oraciones sobre sus propias oraciones, incluyendo afirmaciones sobre la verdad o falsedad de esas oraciones. En otras palabras, este tipo de lenguaje permite que las oraciones se refieran a sí mismas o a otras oraciones del mismo lenguaje, como en el caso de la anterior Paradoja del Mentiroso: *"Esta oración es falsa"*. Para Tarski, un lenguaje semánticamente cerrado es problemático y puede conducir a contradicciones, pero no necesariamente debe serlo en todos los casos. Esto significa que sin una estructura cuidadosa, los lenguajes semánticamente cerrados pueden ser inherentemente inconsistentes.

**(4)** *"Para evitar la trampa del reflejo, el lenguaje debe elevarse por encima de sí mismo"*.

**Explicación:** Este cuarto aforismo indica la necesidad de separar el lenguaje en niveles distintos para evitar las paradojas. En efecto, una forma de abordar y resolver, de forma elegante, estas paradojas es utilizando la distinción entre niveles de lenguaje, como lo propuso Alfred Tarski, con su distinción entre *Lenguaje Objeto* y *Metalenguaje*.

**Lenguaje Objeto:** Es el lenguaje en el que se hacen las afirmaciones sobre el mundo, es decir, el lenguaje en el que se formulan las oraciones o proposiciones que queremos analizar.

**Metalenguaje:** Es el lenguaje que se utiliza para hablar sobre el Lenguaje Objeto, así como como la verdad o falsedad de sus oraciones, permitiendo hacer observaciones o análisis sobre las afirmaciones en el Lenguaje Objeto sin caer en autorreferencias problemáticas. Es decir, es un lenguaje de otro lenguaje... Signo de otro Signo.

**(5)** *"El juicio de la verdad requiere una perspectiva externa; el lenguaje necesita un escalón más alto para hablar con claridad sobre sí mismo"*.

**Explicación:** Este quinto aforismo subraya la idea de Tarski de que para hablar sobre la verdad de un enunciado, necesitamos un lenguaje superior, un Metalenguaje, que esté separado del lenguaje que describe (Lenguaje Objeto). En efecto, para evitar estas paradojas como acabo de explicar, Tarski recomienda la jerarquía de lenguajes, donde cada nivel superior (Metalenguaje) puede hablar sobre el nivel inferior (Lenguaje Objeto), pero no sobre sí mismo. De allí que: *"Esta Proposición es Falsa"* es una Paradoja Semántica por ser al mismo tiempo Lenguaje Objeto y Metalenguaje.

**(6)** *"El Lenguaje Objeto teje el mundo con palabras; el Metalenguaje las desenreda para revelar la verdad"*.

**Explicación:** Este sexto aforismo muestra cómo el Lenguaje Objeto crea afirmaciones, mientras que el Metalenguaje las analiza desde una perspectiva que evita las paradojas.

**(7)** *"Para escapar del laberinto de la autorreferencia, el lenguaje debe trazarse un mapa, con niveles que no se crucen"*.

**Explicación:** Este séptimo aforismo nos muestra que al organizar el lenguaje en diferentes niveles, como lo propone Tarski, se pueden evitar las trampas de las paradojas autorreferenciales. Así, para evitarlas debemos considerar al Español como una cadena de Lenguajes. Por ejemplo en Español 1 (Lenguaje Objeto) podemos hablar de gatos y perros y muchísimas cosas más, pero NO de Español 1. Para hablar de Español 1 necesitamos Español 2 (Metalenguaje).

**(8)** *"El lenguaje que se desdobra en capas encuentra en su propia estructura la solución a sus enigmas"*.

**Explicación:** Finalmente este octavo aforismo refleja cómo la estructura jerárquica de Lenguaje Objeto y Metalenguaje permite al lenguaje resolver las contradicciones que podrían surgir si se permitiera autorreferirse directamente.

Para cerrar este artículo apliquemos esta *"Estructura Jerárquica de Lenguajes"* de Alfred Tarski a la paradoja con que iniciamos estas líneas... Recordémosla:

*"Si nada es imposible, quiere decir que todo es posible, entonces, es posible que haya algo imposible"*, para ello podríamos hacer lo siguiente:

### 1. Distinción de Niveles:

**En el Lenguaje Objeto:** Se hace la afirmación *"todo es posible"*. Este lenguaje está describiendo un estado del mundo, o un conjunto de reglas sobre el mundo.

**En el Metalenguaje:** Analizamos esta afirmación y observamos que incluye una posibilidad (algo imposible) que nos lleva a una contradicción.

### 2. Resolución de la Paradoja:

Desde el Metalenguaje, podemos formular la regla de que las afirmaciones en el Lenguaje Objeto no pueden incluir elementos que se contradigan a sí mismos (como lo es algo imposible en un marco donde todo es posible).

Al introducir esta distinción, se puede decir que *"todo es posible"* en el Lenguaje Objeto es una afirmación válida, pero cualquier análisis sobre su validez o coherencia debe hacerse desde el Metalenguaje, que puede limitar o refinar las reglas para evitar la paradoja.

### Ejemplo de Resolución:

**En el Lenguaje Objeto:** Afirmamos *"todo es posible"*.

**En el Metalenguaje:** Observamos y añadimos la regla de que *"todo"* se refiere solo a lo que es lógicamente consistente y no contradictorio. Por lo tanto, la posibilidad de *"algo imposible"* no puede ser incluida dentro del conjunto de *"todo es posible"* en el Lenguaje Objeto.

### Conclusión:

Usar la distinción entre Lenguaje Objeto y Metalenguaje, como sugiere Tarski, permite manejar la paradoja al evitar la autorreferencia problemática (Venga, no es la única forma de hacerlo). El Metalenguaje proporciona un marco para analizar y establecer reglas sobre el Lenguaje Objeto, lo que evita las contradicciones y asegura que afirmaciones como *"todo es posible"* se mantengan lógicamente coherentes.



## Paradigmas perdidos: Cómo cambia la ciencia.

*La ciencia es un proceso que, contrario a la ideología, se distingue por la flexibilidad intelectual. Esa perpetua disposición al cambio genera reticencia.*

Por: DAVID P. BARASH

Traducido del inglés por Pablo Duarte

TOMADO DE: REVISTA Letras Libres – 1º de abril de 2020

Publicado originalmente en Aeon.

Enviado por: Luis Montes [montluis@gmail.com](mailto:montluis@gmail.com) [Noticias Universitarias]

**David P. Barash** es profesor emérito de psicología de la Universidad de Washington en Seattle. Su libro más reciente es “Through a glass brightly” (“A través de un vaso brillante”), (Oxford University Press, 2018).

Dicho por un científico sonará algo presuntuoso, pero aun así lo voy a decir: la ciencia es uno de los esfuerzos más nobles y exitosos de la humanidad, y es la mejor manera que tenemos de comprender cómo funciona el mundo. Sabemos más que nunca acerca de nuestros cuerpos, de la biósfera, del planeta y del cosmos. Somos capaces de fotografiar a Plutón, de desentrañar la mecánica cuántica, de sintetizar químicos complejos y de asomarnos a las operaciones del ADN (y hasta manipularlo), por no hablar de nuestros cerebros e incluso de nuestras enfermedades.

En ocasiones es cierto que el éxito de la ciencia causa problemas. Las armas nucleares –quizá la amenaza más inmediata a la vida en la Tierra– fueron un triunfo de la ciencia. Y luego tenemos los inconvenientes paradójicos de la medicina moderna, en particular la sobrepoblación, así como la destrucción del medio ambiente que la ciencia sin quererlo ha promovido. Sin embargo, nada de esto es la causa de la crisis de legitimidad que enfrenta hoy la ciencia centrada en una desconfianza y negación rampante por parte del público.

¿Cómo puede ser? ¿Por qué a las personas de ciencia nos cuesta tanto defender y promover nuestras mayores hazañas? Hay varios factores en juego. En algunos casos, la ciencia entra en conflicto con las creencias religiosas, en particular con las de los fundamentalistas –cada año me veo en la necesidad de dar a mis estudiantes de licenciatura una “charla” en la que hablo con franqueza con ellos sobre los cuestionamientos que la ciencia evolutiva planteará a las creencias religiosas literalistas que puedan tener–. En el espectro político, existe un conflicto entre los hechos científicos y las perspectivas económicas de corto plazo. Las personas que niegan el cambio climático tienden a ser no solo analfabetas científicas sino a recibir apoyo de corporaciones emisoras de CO<sub>2</sub>. Los antivacunas fundan su ímpetu en las repercusiones de un único estudio desacreditado que sigue resonando entre personas predispuestas a creer en la “medicina alternativa” y opuestas a la sabiduría establecida.

El problema, no obstante, es mucho más profundo. Muchos de los hallazgos científicos van en contra del sentido común y ponen en entredicho nuestros presupuestos más profundos sobre la realidad: el hecho de que aun los objetos más sólidos están compuestos en su mayoría, a nivel subatómico, de espacio vacío, o la dificultad de concebir cosas que van más allá de nuestra experiencia cotidiana, como pasa con las enormes temperaturas, escalas de tiempo, distancias y velocidades, o (como en el caso de la deriva continental) con los movimientos extremadamente lentos –por no hablar de la posibilidad, estadísticamente verificable pero inimaginable en otros sentidos, de la selección natural de generar, con el paso del tiempo, resultados de una complejidad deslumbrante–. Encima de todo esto está la paradoja persistente de que entre más conocemos sobre la realidad menos central e importante resulta ser nuestra especie.

Y, sin embargo, hay un factor desatendido en la desconfianza que tiene el público frente a la ciencia, y está en el corazón de los esfuerzos científicos. La capacidad de autocorregirse es la fuente de la inmensa fuerza de la ciencia, pero en cambio al público lo desconcierta que la sabiduría científica no sea inmutable. El conocimiento científico cambia con enorme velocidad y frecuencia –como debe ser–, sin embargo la opinión pública arrastra los pies y se niega a ser modificada una vez que queda establecida. Y este rápido reflujo de la “sabiduría” científica ha hecho que mucha gente se sienta mareada, confundida, y cada vez más renuente a acercarse a la ciencia en sí.

En su muy influyente libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), el físico y filósofo de la ciencia Thomas Kuhn discutió que la “ciencia normal” avanza siguiendo ciertos paradigmas dominantes. En otras palabras, cada disciplina científica está gobernada por una serie de teorías y supuestos metafísicos aceptados dentro de los cuales la ciencia normal opera. Periódicamente, cuando esta rutinaria “solución de enigmas” lleva a resultados inconsistentes con la perspectiva dominante, sobreviene un periodo disruptivo y emocionante de “revolución científica” después del cual se establece un nuevo paradigma y la ciencia normal vuelve a operar.

Extrañamente, Kuhn comentó que los nuevos paradigmas no necesariamente ofrecen una imagen más precisa del mundo real. Es una aseveración particular: por ejemplo, en el campo propio de Kuhn, la astronomía, la perspectiva copernicana de un sistema solar heliocéntrico es claramente superior a la geocéntrica anterior. El lenguaje de Kuhn ha permitido tener una sensación exagerada de lo revolucionario que puede resultar un paradigma nuevo. Cuando Newton dijo: “Si he visto más lejos, es porque estaba parado sobre los hombros de gigantes”, no solo estaba siendo modesto; estaba más bien enfatizando el grado en que la ciencia es acumulativa, construida a partir de los logros anteriores y no a partir de saltos cuánticos.

Kuhn, sin embargo, estaba en lo cierto acerca de esto: el proceso acumulativo genera no solo algo *más*, sino también algo completamente *nuevo*. En ocasiones lo *nuevo* implica el descubrimiento literal de algo que no se conocía con anterioridad (los electrones, la relatividad general, el *Homo naledi*). Por lo menos tan importantes, sin embargo, son las novedades conceptuales; cambios en los *modos* en que la gente entiende –y con frecuencia malentiende– el mundo material: sus paradigmas operativos.

Claro que las leyes y los procesos fundamentales del mundo natural existen de manera independiente de los paradigmas humanos: la Tierra orbita alrededor del Sol independientemente de si las personas tienen una perspectiva ptolemaica o copernicana. Como dijo B. F. Skinner: “Ninguna teoría cambia aquello sobre lo que quiere teorizar”. Los detalles factuales del mundo están en una continua fluctuación heraclítica, pero las reglas y los patrones básicos que subyacen a estos cambios en el mundo físico y biológico permanecen constantes. Hasta donde sabemos, la luz viaja a la misma velocidad durante la era de los dinosaurios que ahora, así como la relatividad general y especial eran válidas antes de ser identificadas por Albert Einstein. Nuestros *hallazgos*, sin embargo, están en constante “evolución”.

Este tipo de cambio es al mismo tiempo emocionante y atemorizante. Después de todo, cuesta mucho trabajo dejar de lado una idea preciada, en particular una que tomó tiempo para que se propagara y que al final termina siendo aceptada ampliamente. Y para muchas personas –científicos y no científicos– es mucho más difícil dejar ir ideas que parecían tener el sello de aprobación de la ciencia. ¿No se trata de eso la ciencia: una serie de hechos factuales inamovibles sobre lo que *sabemos que es verdad*?

De hecho, esa frase misma es falsa. La ciencia es un proceso que, contrario a la ideología, se distingue por la flexibilidad intelectual, por una aceptación grácil, agradecida (aunque a veces renuente), de la necesidad de cambiar de opinión según las evoluciones de nuestra comprensión del mundo. La mayoría de las personas no son revolucionarias, ni en el ámbito científico ni en ninguno otro. Pero cualquiera que aspire a estar bien informado necesita comprender no solo los hallazgos científicos más importantes, sino también estar al tanto de su naturaleza provisional y de la necesidad de evitar las categorías excesivamente sólidas: estar al tanto de cuándo hay que dejar ir el paradigma existente y reemplazarlo con uno nuevo. Lo que es más, hay que estar al tanto de que estas transiciones son señales de progreso y no de debilidad, una consideración mucho más difícil de lo que parece. Un buen paradigma es difícil de dejar ir.

Hay una larga lista de ideas que se consideraron como “científicamente válidas” en su momento y desde hace tiempo han sido descartadas. La creencia en una Tierra plana fue una muy prominente, junto con el sistema ptolemaico que había ubicado a nuestro planeta como el centro de todas las cosas celestiales. Aunque es sencillo ridiculizar esa temprana perspectiva geocéntrica, fue impresionantemente “científica” en su momento, apoyada en modelos matemáticos elaborados y en los datos empíricos disponibles en ese tiempo –aunque, claro, estaba basada en una astronomía visual y no en el uso de telescopios.

La alquimia es, en un sentido real, el ancestro de lo que ahora llamamos química, pero sus practicantes tuvieron que retractarse de su paradigma anterior para convertirse, al final, en químicos “reales”. Otras teorías perdidas incluyen al “éter luminífero”, por mucho tiempo considerado la sustancia que propagaba las ondas de luz y cuyo alcance explicativo se extendió hasta incluir a la radiación electromagnética en general, o la teoría calórica, que planteaba la existencia de una sustancia hipotética hecha de calor, y que pasaba de cuerpos más calientes a otros más fríos.

Algunos de estos cambios de paradigma ocurrieron antes de que la ciencia misma se convirtiera en un empeño institucional, y entonces no minaban la legitimidad de la ciencia como proyecto. El término “científico” no existió hasta que el historiador y filósofo inglés William Whewell lo acuñó en 1834. Una vez que la ciencia se convirtió en una disciplina intelectual y a los científicos se les identificó como sus practicantes, entonces junto con lo bueno (el progreso en la correcta comprensión del mundo natural) llegó lo malo (el hecho de que la sabiduría de la ciencia no fuera sólida como la piedra).

Los cambios de paradigma no están confinados al pasado distante. En mi propia especialidad, el estudio del comportamiento animal, fue *de rigueur* durante décadas evitar cualquier suposición de conciencia animal, o incluso la presencia de una mente animal. Cualquier insinuación de antropomorfismo era como el tercer riel en la investigación del comportamiento animal: tocarlo quizá no implicaba morir electrocutado pero sí perderse una beca o un puesto académico. Este paradigma de los animales “sin mente” se derivaba en parte de la aplicación errada del principio de la navaja de Ockham (las explicaciones más simples siempre son preferibles) y en parte también de la consecuencia del conductismo radical, un esfuerzo por transformar a la psicología en algo puramente objetivo y científico –un enfoque en gran medida pasado de moda–. Los hallazgos recientes, incluyendo el trabajo realizado con Alex (que tristemente ya murió), el loro gris africano, así como los impresionantes estudios sobre la cognición de chimpancés, cuervos y perros, han evidenciado que estas criaturas son capaces de hazañas intelectuales que se comparan favorablemente con las de seres humanos normales y sanos. En sus momentos negados por la ciencia, las mentes animales son ahora sujetos legítimos de estudio bajo la rúbrica de la “etología cognitiva”.

La mente animal es un objeto legítimo de investigación científica, y al mismo tiempo la mente humana ha sido trasladada al universo físico. Esto es profundamente confuso para quienes estaban comprometidos con el concepto místico de la conciencia como algo inefablemente separado de la materialidad. René Descartes es famoso como filósofo y matemático, sin embargo él se consideraba a sí mismo principalmente un investigador empírico, y de hecho fue un pionero en el siglo XVII de la fisiología. Parte de la ciencia de Descartes se basaba en la certeza de que el cuerpo y la mente eran entidades distintas, una concepción que sigue siendo muy influyente en la imaginación popular. Sin embargo, una de las disciplinas científicas más productivas en nuestros días es la neurobiología, cuyos hallazgos han hecho cada vez más difícil sostener ese concepto de dualidad cartesiana de que la conciencia humana está más allá del alcance de la investigación científica y de las explicaciones físicas y biológicas. “Tú, tus alegrías y tus penas, tus memorias y tus ambiciones, tu sentido de identidad personal y tu libre albedrío”, escribió Francis Crick en su libro *La búsqueda científica del alma. Una revolucionaria hipótesis para el siglo XXI* (Debate, 1994), “no son más que el comportamiento de un enorme ensamblaje de células nerviosas y sus moléculas asociadas”.

Algunos de los cambios de paradigma más importantes han tenido lugar en el campo de la biomedicina: por eso no es ninguna sorpresa que muchas de las quejas sobre la inconsistencia de la ciencia surjan a partir de la confusión ante los consejos cambiantes sobre nuestros cuerpos y el cuidado que tenemos que tener de ellos. Gracias a Louis Pasteur, Robert Koch, Joseph Lister y otros microbiólogos pioneros del siglo XIX y XX, comprendimos el rol que desempeñan los patógenos en las enfermedades, lo que llevó al descubrimiento científico de que “los gérmenes son malos”. Este paradigma particular –que desplazó a la creencia en el “aire malo” y nociones similares (el término influencia viene de la supuesta “influencia” de los miasmas en las enfermedades)– fue rechazado con particular fuerza por las autoridades médicas del momento. Los doctores, que rutinariamente realizaban autopsias a cadáveres atestados de enfermedades, no estaban dispuestos a aceptar la idea de que sus manos sin lavar fueran las transmisoras de enfermedades a sus pacientes, al grado de que el médico Ignaz Semmelweis, quien en 1847 demostró el papel de los patógenos en las manos como causa de la fiebre puerperal, fue ignorado, vilipendiado y finalmente conducido a la locura.

Más recientemente, la gente por fin se había acostumbrado a preocuparse por criaturas tan pequeñas que no pueden verse simplemente, y ahora una nueva generación de microbiólogos ha demostrado el sorprendente hecho de que muchos microbios asociados con nosotros (incluidos pero no limitados a los que componen el microbioma intestinal) no solo son benignos sino que son esenciales para la salud.

Las células nerviosas, nos dijeron, no se regeneran, en especial las del cerebro. Ahora sabemos que sí lo hacen. Los cerebros incluso producen nuevas neuronas; así que *sí* se le pueden enseñar nuevos trucos a un perro viejo. Lo mismo pasa con el supuesto hasta hace poco de que una vez que una célula embrionaria se diferencia para volverse una célula de la piel o del hígado su destino está sellado. Gracias a la tecnología de clonación esto ha cambiado, ya que se descubrió que los núcleos de las células pueden ser inducidos a diferenciarse en otros tipos de tejido también. Dolly la oveja fue clonada a partir del núcleo de una célula mamaria completamente diferenciada, lo que prueba que el paradigma de la diferenciación celular irreversible debía ser revisado.

Los biólogos han sabido desde hace mucho que la vida es frágil y existe en condiciones muy específicas y especiales. *Au contraire*: se han descubierto organismos vivos en algunos de los ambientes más desafiantes imaginables, incluidas las ventilas hidrotermales en el fondo del mar y condiciones anaeróbicas que antes se consideraban carentes de vida. Las vidas individuales sin duda son frágiles, pero la *vida* es notablemente robusta.

Hasta hace poco, los doctores estaban seguros científicamente de que por lo menos se requería una semana de reposo absoluto después de un parto vaginal normal, sin complicaciones, y más después de alguna cirugía invasiva. Ahora a los pacientes quirúrgicos se les alienta a que comiencen a caminar lo más pronto posible. Durante décadas, las anginas protuberantes pero benignas se le extirpaban a un niño con la garganta adolorida. Ahora ya no. La psiquiatría nos ofrece una panoplia problemática y generalizada: la homosexualidad, hasta 1974, se consideraba una enfermedad mental; la esquizofrenia se pensaba que era causada por los malos comportamientos verbales y emocionales de “madres esquizofrenógenas”; y las lobotomías prefrontales eran el tratamiento científicamente aprobado para la esquizofrenia, la enfermedad bipolar, la depresión psicótica y, algunas veces, incluso simplemente como una manera de calmar a un paciente irascible e intransigente.

Probablemente los casos más notables de paradigmas médicos hallados, luego perdidos, luego recuperados y más tarde colocados en una especie de limbo científico ocurren en el campo de la nutrición. No fui el único niño que creció en la década de los cincuenta para quien un desayuno normal estaba compuesto por dos huevos. Para las generaciones siguientes, el colesterol era poco menos que un veneno. ¿Y ahora? Ahora no tanto. No hay duda de que las grasas trans son malas, muy malas. Pero otras grasas han pasado por un ciclo vertiginoso de exilio, aceptación y después tolerancia moderada solo porque reducen el apetito y quizá puedan ayudar a limitar la obesidad. La cafeína también era mala, un veredicto que se revirtió –pero solo hasta cierto punto–. ¿El vino? ¿En especial el vino tinto? Malo. Más bien, en realidad, bueno. Siempre y cuando no se exceda. ¿Azúcar? Primero bien, luego no. Y ahora, más o menos. Y no empeceemos a hablar del gluten.

Desprovistos de los paradigmas anteriores, muchos de ellos reconfortantes, ¿qué nos queda? Algunas de las certidumbres destronadas no se extrañan, por lo menos no por el momento: cambiar de dieta (aunque no sea sencillo) es algo relativamente claro, como también lo es reconceptualizar nuestra percepción de los microbios y la capacidad de las células nerviosas para regenerarse o de otras para diferenciarse.

Sin embargo, perder cualquier paradigma desorienta y la pérdida de algunos puede ser hasta descorazonadora. Quizá lo que lamentamos sea la pérdida de certeza, del tipo de certeza que las religiones ofrecen a sus seguidores. Quizá se trate de una búsqueda de autoridad, el tipo de autoridad que buscábamos en nuestros padres. O de una añoranza universal por tener un puerto confiable –conceptual y no marítimo, obviamente– en medio de las tormentas de imponderables de la vida. Cualquiera que sea la causa, a las personas se les dificulta aceptar que la realidad del mundo sea inestable, cambiante e impermanente. Y esta dificultad, a su vez, nos incomoda a propósito de la única certeza y estabilidad que la ciencia nos ofrece: que los paradigmas vienen y se van.

Y más preocupante todavía, los cambios en los hallazgos científicos han permitido que los malhechores siembren dudas. Los creacionistas señalan la dinámica intelectual cambiante entre los partidarios del gradualismo filético (que la evolución avanza lentamente) y el equilibrio puntuado (que algunas veces avanza muy rápido), para señalar que el darwinismo está severamente puesto en duda. No lo está. Los especialistas están en desacuerdo únicamente en el ritmo al que la evolución por selección natural sucede; no ponen en duda que es algo que sucede. Lo mismo pasa con la controversia sobre si la unidad de medida de la selección es el gen, el individuo o el grupo. Pero, en el mismo sentido, los negadores del cambio climático señalan las constantes revisiones a los modelos atmosféricos y los datos como “prueba” de que la ciencia en sí misma es falsa. “Si la ciencia climática es algo establecido”, escribió el columnista conservador Charles Krauthammer en *The Washington Post* en 2014, “¿por qué sus predicciones siguen cambiando?”. Hay que decirle al Sr. Krauthammer que esto pasa porque conforme conseguimos mejores datos podemos hacer mejores predicciones (que confirman el calentamiento global antropogénico a un grado mucho más y no menos preocupante).

Un posible correctivo para todo esto sería el modo en que enseñamos ciencia. Actualmente nuestros hallazgos se comunican como un catálogo de Cosas que Sabemos, lo cual tiene la doble desventaja de hacer que la ciencia parezca un ejercicio laborioso de memorización, pero también da la falsa impresión de que nuestro conocimiento es algo petrificado e inmutable, como un insecto del periodo cretácico atrapado en un pedazo de ámbar. Quizá, más bien, deberíamos enseñar ciencia como una emocionante revisión de Las Cosas que No Sabemos (Todavía).

Sin la manta reconfortante de la permanencia ilusoria y la verdad absoluta, tenemos la oportunidad y la obligación de hacer algo extraordinario: ver el mundo como es, y entender y aceptar que nuestras imágenes seguirán cambiando, no porque estén equivocadas, sino porque nos hacemos cada vez más con mejores instrumentos de visión. Nuestra realidad no se vuelve más inestable, lo que pasa es que nuestro *entendimiento* de la realidad es, por necesidad, un trabajo en proceso.

La pérdida de paradigmas puede resultar algo doloroso, pero es testimonio de la condición vibrante de la ciencia y de la imparable mejoría del entendimiento humano conforme nos acercamos a una comprensión cada vez más precisa del modo en que opera el mundo. Según la Biblia, fuimos castigados por comer el fruto prohibido del Árbol del Conocimiento del Bien y el Mal. En nuestra búsqueda de conocimiento –no del bien y el mal, pero (como dijo Shakespeare) de cómo se agita el mundo– también absorbemos un tipo de castigo. Afortunadamente, perder un paradigma es mucho menos devastador que perder el paraíso. Más aún, a diferencia de los supuestos modos de Dios, la ciencia no necesita ninguna justificación especial más allá de la satisfacción que brinda, así como los hallazgos prácticos que ofrece. Cada paradigma perdido se compensa con la sabiduría encontrada.

Recientemente escuché a un hombre entrevistado en la estación de radio pública local sobre la dificultad de mantenerse al día en lo que consideraba “los virajes de la sabiduría científica”. Dijo: “Fui soldado en Irak en dos ocasiones y sé lo difícil que es atinarle a un blanco en movimiento. Lo que desearía es que los expertos científicos se quedaran quietos”.

Pero ese es el punto. Quedarse quieta es exactamente lo que la ciencia no hará.

## Transferencia tecnológica: del mito a la realidad.

Es necesario cambiar los incentivos, apostar por los centros de investigación aplicada o 'labs' en las universidades y por misiones a medio plazo.

Versión del artículo original de ESTEVE ALMIRALL  
Profesor y director Center for Innovation in Cities de ESADE

Barcelona, 18 mayo de 2021



LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA ENTRE UNIVERSITATS I EMPRESES, EL REpte DE LA RECERCA.  
CRÉDITO FOTO: ISTOCK.

La transferencia tecnológica entre la universidad y la empresa es como el valor en la *mili*: se le supone pero, ¿existe realmente? En todo caso, qué podemos hacer para que el mito se convierta en realidad y qué podemos esperar en realidad de la transferencia entre universidad y empresa. Como en muchos otros casos, lo primero que pensamos es que este es un problema de aquí; bueno, quizás no. En un estudio sobre la economía verde de la Comisión Europea allá por 1995 (*Green Paper on Innovation*) se acuñó un término que sin duda hizo fortuna: *European paradox*. La *European paradox* no consistía en otra cosa que en la incapacidad europea de trasladar su liderazgo en investigación a la innovación.

Pensarás que quizás en estos casi 30 años, la *European paradox* se ha resuelto, al menos un poco. Pues no, estamos más o menos igual y han aparecido variaciones sobre el tema como la *European AI paradox*, fácil de entender porque, aunque Europa sigue manteniendo un liderazgo importante en inteligencia artificial a nivel académico, ninguna de las grandes empresas de IA es europea. Aunque startups como DeepMind (de Reino Unido) han hecho aportaciones importantes, han sido adquiridas por multinacionales (en este caso, Google).

Los problemas de transferencia tecnológica en Europa no son otros que el reflejo de esta *European paradox*. Y es que, digámoslo claro, investigación no es innovación. De hecho, en muchos casos están muy lejos. Pero vayamos primero al tema de la transferencia universidad-empresa.

### No todas las universidades son iguales

Lo primero que debemos tener claro es que la capacidad de transferir conocimiento nuevo solo existe cuando tenemos ese conocimiento nuevo. Es decir, una universidad de *teaching*, donde se enseña Cálculo o Python, no puede transferir nada porque ese conocimiento está ampliamente disponible en forma de cursos, libros, MOOCs, vídeos de YouTube, etc. Solo puedes transferir conocimiento si hay investigación y esta es relevante, si no, puedes hacer de consultor, como tantos otros, pero yo no le llamaría transferencia a eso.

Si una universidad dispone de investigación relevante, ni todas las universidades investigan ni todos los profesores lo hacen. Entonces, debemos conectar esa investigación con una empresa que esté interesada en ella y pueda absorberla. Se tratará de una empresa que esté situada en ese campo de investigación y cuyo modelo de negocio y orientación tecnológica permita incorporar ese nuevo hallazgo. Pero no sólo eso. También será necesario que destine recursos a transformar el descubrimiento científico en tecnología industrial. Eso puede tardar meses o años, no es nunca nada inmediato.

Buena parte de la transferencia se da, pues, a nivel global. Si dispones de universidades punteras con científicos de primer nivel de cuya investigación se desprenden nuevos descubrimientos, probablemente encontrarás alguna empresa en el mundo a la que le interesen y los licencie. Alternativamente, si tu país es grande -Estados Unidos, por ejemplo- tendrás más posibilidades de encontrarla en tu propio país.

Así ha funcionado y funciona buena parte de la transferencia en las grandes –y no tan grandes– universidades americanas y en centros de excelencia del mundo entero.

### Transferencia directa e indirecta

Ahora bien, te preguntarás si esa transferencia de conocimiento a nivel global no beneficia directamente a los ciudadanos del país. Indirectamente, sí, porque las licencias, *royalties*, *join ventures*, etc., revierten a la universidad y por ende al país. Pero el grueso de los beneficios si la empresa es de fuera, se van fuera. Este es uno de los mayores problemas de países pequeños con centros de investigación y universidades *top*. Israel captura valor de sus investigaciones, sin duda, pero la mayor parte revierte a Estados Unidos.

¿Es posible tener transferencia a nivel local? Transferencia directa me refiero, no la indirecta que proviene de la captura de valor y el crecimiento del centro de investigación y su entorno. La respuesta es sí. Tenemos dos grandes mecanismos, centros de investigación aplicada y proyectos o misiones locales.

Lo primero que debemos hacer es diferenciar entre investigación básica y aplicada. Me dirán que, de hecho, no son dos categorías, sino que es un continuo y tendrán razón, pero en buena medida son animales diferentes y veremos por qué.

Pongamos un ejemplo: todos sabemos que la ley de Moore, esto de doblar la potencia de los microprocesadores, se acaba. Pues bien, una solución es cambiar el silicio, que es la base de los chips actuales, por un material mejor conductor que permita hacer chips más rápidos. Este es un tema sobre el que se ha investigado abundantemente en estos últimos 40 años y se han encontrado muchos -arseniuro de galio, grafeno, nanotubos de carbono y nitruro de galio, entre otros-. Se han hecho prototipos de chips con estos materiales y funcionan mejor que el silicio. ¿Por qué no se están utilizando, teniendo ya la nueva generación de chips Atom de 2nm y aún de silicio?

Bien, en este simple ejemplo podemos ver con claridad la diferencia entre investigación básica y aplicada. La básica está hecha, los procesos para trasladarla a nivel industrial con una calidad elevada, que son procesos que llevan muchos años requieren mucha investigación aplicada y mucho dinero, no. Y no está claro para muchos de estos materiales si salen rentables o no, porque simplemente hay mejores opciones u opciones suficientemente buenas.

Lo segundo que hay que entender son los incentivos. En la carrera académica, normalmente –no en todos lados ni siempre– se progresa en base a la calidad y número de publicaciones. En las universidades punteras, la calidad prima y en muchos países con evaluaciones centrales se usan baremos tipo: tantos de Q1, Q2, etc., y da igual si has producido el mejor de entre los Q1 o el peor, tienes x de Q1 (lo racional es, pues, producir el peor que cueste muchísimo menos, y esto es parte del problema). Como te podrás imaginar las mejores publicaciones no son de investigación aplicada, sino básica. Es decir, los incentivos de los profesores están en el punto más extremo de la línea de aplicación.

Crear un grupo de incentivos para la investigación aplicada de forma que encajen en centros de investigación y universidades es, pues, un elemento básico para que exista.

Pero tan importante como este es la existencia de centros de investigación aplicada que estén en contacto con empresas, proyectos europeos o internacionales y en general el ecosistema local, haciendo *outsourcing* de investigación aplicada. Para ello es necesario tener profesores de doble adscripción –a los centros de investigación aplicada y a la universidad– y una carrera en investigación aplicada que funcione y esté valorada.

Estos centros son muy diferentes de los centros de investigación básica. Trabajan con el ecosistema local, se enfocan en problemas locales o donde se encuentra financiación, y acompañan a la investigación de empresas y clusters locales. Es el Fraunhofer en Alemania o Tecnia, Eurecat o Leitat en España.

Me dirán que en España todo esto ya existe. Bueno, a medias. Lo de los doctorados industriales está empezando, una carrera de investigación aplicada o la doble adscripción no está ni contemplada. Por supuesto la construcción del ecosistema que enlace grupos de investigación aplicada en la universidad, en los centros de investigación aplicada y la empresa y la financiación que soporte estos enlaces, está por hacer.

Pues, ¿ya está no? Tendremos investigación básica e investigación aplicada, problema resuelto. Tendremos capacidad para generar investigación aplicada que impulse las empresas de nuestro entorno y nos haga más competitivos.

### Los retos

Bien, hay mucho resuelto, pero dista de ser todo. En primer lugar, es importante que los centros de investigación aplicada compitan, es fácil entrar en zonas de confort. Competir implica *peer-pressure*, no hay otra manera, si no estás en una zona de alta competitividad la única forma es ampliar el horizonte y forzar a competir en un entorno más amplio de alta competitividad. Israel esto lo hace muy bien, Alemania no tanto pero lo hace. La fórmula de Israel es hacer que sus centros compitan directamente con los americanos, la alemana es forzar a que 1/3 de los ingresos venga de la industria, 1/3 de proyectos internacionales y sólo el 1/3 restante de fondos del gobierno.

Sin embargo, los centros de investigación aplicada adolecen de un problema importante. Están demasiado pegados al suelo, es difícil que lideren proyectos de innovación radical y también es difícil que lideren proyectos a largo plazo que se escapen de los plazos de la industria.

Son necesarias pues las agencias de innovación que lideren proyectos “locos”, proyectos que no saldrán de una industria pero que construyen el futuro. Estos son los proyectos de DARPA, como el Darpa Grand Challenge que inició el coche autoconducido en 2004 con una competición que no acabó nadie, pero insistió el 2005, el 2007, el 2012, el 2013 y el 2017.

Estos proyectos deben captar la imaginación, la voluntad y los recursos de los mejores para poder dar estos saltos. Según el ámbito, estaremos hablando de grandes *moonshots* o misiones menos ambiciosas, pero se trata del mismo objetivo, hacer avanzar todo un ecosistema y levantar la mirada con proyectos ambiciosos que signifiquen un salto real hacia delante.

En un mundo caracterizado por las *Deep Tech*, aquellas tecnologías que precisan de inversiones importantes y de tiempo, aquello que realmente puede cambiar las cosas porque no es fácil. Es un mundo también caracterizado por la *Open Innovation*, por empresas que han aprendido a detectar y asimilar innovaciones externas con mucha rapidez. En este mundo, en este entorno hay que levantar la mirada del suelo, del día de lo puramente incremental, importante y necesario porque paga nuestro sueldo, pero no nuestra jubilación.

La transferencia tecnológica es una realidad, pero no como muchas veces se nos cuenta. No se trata de encandilar a un profesor universitario, conectarlo con una empresa y todo estará solucionado. No es eso. Hay que cambiar los incentivos, hay que apostar por los centros de investigación aplicada o *Labs* en las universidades, hay que apostar por misiones a medio plazo.

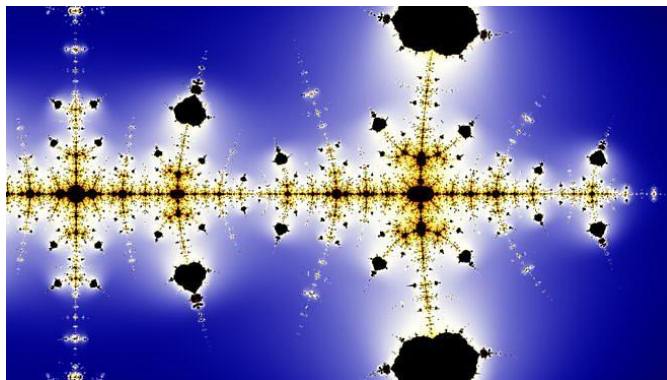
Va más allá de una oficina de transferencia en la universidad. Hay que hacerlo en serio, si queremos resultados más allá del titular de prensa. Hay que pasar del mito a la realidad.

---



# El más simple de todos los problemas matemáticos sin solución.

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



"MAPA FRACTAL DE COLLATZ EN LA VECINDAD DE UNA RECTA REAL"... HERMOSO PERO A LOS QUE NO SABEMOS MUCHO, NOS ACLARA POCO.  
CRÉDITO IMAGEN: POKIPSY76.

## SIMPLE NO QUIERE DECIR FÁCIL.

Y este problema, uno de los agujeros negros de las matemáticas, es prueba de ello.

El problema empieza dándote muchas posibilidades de cómo llamarlo:

Quizás el nombre más común sea la *conjetura de Collatz*, pues fue el matemático alemán Lothar Collatz quien primero la propuso en 1937.

Pero lo puedes encontrar como la *conjetura de Ulam* (por el matemático polaco-estadounidense Stanisław Marcin Ulam), el *problema de Kakutani* (por el matemático japonés-estadounidense Shizuo Kakutani), la *conjetura de Thwaites* (por el académico británico Sir Bryan Thwaites), el *algoritmo de Hasse* (por el matemático alemán Helmut Hasse) o el *problema de Siracusa*.

Y eso no es todo: a la secuencia de números involucrada se le conoce como *secuencia o números de granizo* o como *números maravillosos*.

Quizás el nombre más descriptivo sea: la conjetura **de  $3n + 1$** .

## HABIÉNDOSELOS PRESENTADO...

No es eso lo que enloquece a los matemáticos: llámese como se llame, sigue siendo el problema imposible más simple de todos.

Cualquier persona que sepa sumar, dividir y multiplicar puede entender de qué se trata, seguir la secuencia de números y hasta intentar resolverlo.

Pero, desde los años 30 del siglo pasado, nadie ha podido explicarlo, probarlo o refutarlo.

Nadie.

En algún momento se llegó a pensar que la conjetura era una estrategia soviética para distraer a los científicos.

Así que, antes de plantearles el problema, atendamos a una advertencia de uno de los matemáticos más prolíficos -y excéntricos- del siglo XX.

**"Las matemáticas no están listas para este tipo de problemas (...) Imposible, absolutamente imposible".  
El matemático húngaro Paul Erdős, refiriéndose a la conjetura de Collatz.**

Aquí está el problema:

Empiezas con un número entero natural cualquiera (1, 2, 3, 4, 5...).

- Si el número es par, lo divides por 2
- Si es impar, lo multiplicas por 3 y le sumas 1

Después, le aplicas esas mismas sencillas reglas al resultado.

Empecemos con 10, que es par.

$10 \div 2 = 5$ , que es impar, así que aplicamos la segunda regla.

$5 \times 3 = 15 + 1 = 16$ .

Como es par...  $16 \div 2 = 8$

$8 \div 2 = 4$

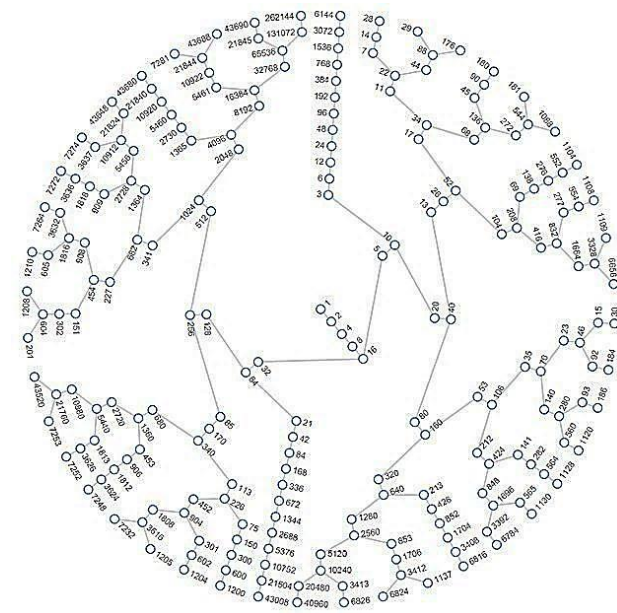
$4 \div 2 = 2$

$2 \div 2 = 1$

Hasta aquí, sencillo.

Lo que desconcierta es que no importa con cuál número empieces, eventualmente siempre llegarás al 4 que se convierte en 2 y que termina en 1.

Al menos ese es el caso con todos los números que se ha probado, y se ha probado con algunos casi absurdos.



**ASÍ LO ILUSTRAS JASON DAVIES, UN INGENIERO DE SOFTWARE QUE HACE EXCELENTE VISUALIZACIONES DE DATA, EN SU GRÁFICO COLLATZ: TODOS LOS NÚMEROS LLEVAN AL UNO. CRÉDITO IMAGEN: JASON DAVIES, INGENIERO Y VISUALIZADOR.**

Supercomputadoras lo han hecho con los que van hasta más o menos 5.764.607.500.000.000.000.

Todos eventualmente llegan a  $2 \div 2 = 1$ .

No obstante, como los números son infinitos, eso no prueba que ese sea el caso para todos los números naturales.

Pero como no se ha podido encontrar una excepción, tampoco hay prueba de que no sea así.

El otro interrogante sin resolver es el eterno por qué. ¿Por qué se comportan así los números?

*“Les debo advertir que no traten de resolverlo en la mente o calcularlo en el revés de un sobre viejo”.*

**Harold Scott MacDonald Coxeter, geómetra británico, refiriéndose a la conjetura de Collatz.**

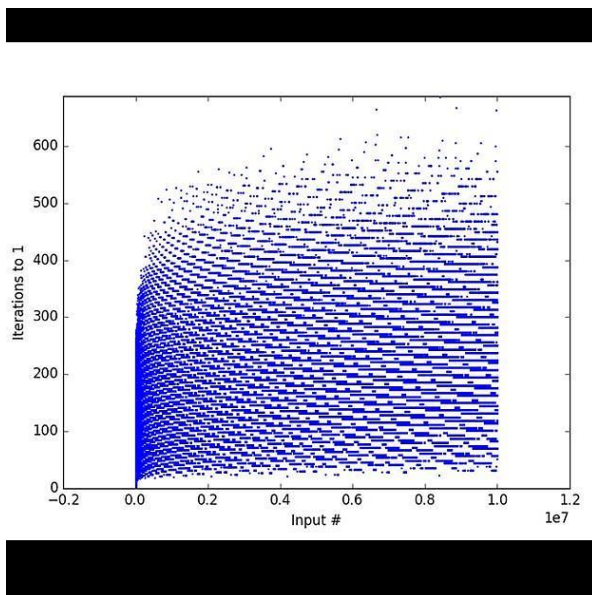
### ¿RECUERDAS EL GRANIZO?

Dijimos que no importa cómo, el problema siempre se llega al mismo punto.

El lío es que a la hora de tratar de resolverlo diseñando un algoritmo, hay piedras de hielo en el camino.

Como el granizo en las nubes antes de caer, los números saltan de un lugar al otro antes de llegar al 4, 2, 1.

Unos más y unos menos, sin ton ni son.



**ITERACIONES NECESARIAS PARA LLEGAR A 4, 2, 1 PARA LOS NÚMEROS DE 2 A 10.000.000. CRÉDITO IMAGEN: KUNASHMILOVICH - CREATIVE COMMONS.**

La mayor cantidad de escalas que hace un número inicial menor de 100 millones para llegar a 4, 2, 1 es 986.

Pero mientras que, por ejemplo, para los múltiplos de 2 el viaje es más corto, otros toman más tiempo.

Un ejemplo citado a menudo es la comparación entre los números 8.192 y 27.

Al 8.192 le toma 13 pasos llegar aparentemente ineludible final: 4, 2, 1.

El número 27 no sólo toma 111 pasos en llegar sino que en el camino sube hasta 9.232 antes de poder alcanzar al 8.192 en el 4, 2, 1.

La falta de patrones dificulta aún más resolver una conjetura ya tachada de imposible.



## Mujeres filósofas de la Edad Media: Una introducción a sus obras y pensamientos.

**La editorial Pinolia publica el libro ‘Filosofía medieval’. Un grupo de especialistas coordinados por Rodrigo Menchón repasa el conflicto entre fe y razón de los pensadores de la época.**

Por FRAN NAVARRO

Historiador y experto en documentación

TOMADO DE: Muy Interesante – 3 de octubre de 2023

La **Edad Media** sigue soportando una concepción errónea en la cultura popular. El cine y las novelas continúan mostrándola como una época atrasada y oscura, un mero parón en el desarrollo de la humanidad que solo vuelve a recuperar los niveles del mundo clásico en época moderna. Nada más lejos de la realidad, y para desmontar esta visión no hay más que acercarse a obras de divulgación como la que aquí presentamos. La Edad Media contó con pensadores tan importantes que sus reflexiones configuraron la manera de entender la vida con conceptos que han sobrevivido hasta tiempos recientes en el mundo occidental. De hecho, no solo hubo pensadores, sino que contamos con obras medievales firmadas por mujeres. Y es que, a pesar de los límites impuestos a las mujeres en la Edad Media, también hubo pensadoras.

### Y, A PESAR DE TODO, MUJERES INTELECTUALES EN LA EDAD MEDIA

Rodrigo Menchón ha coordinado una obra esencial para conocer la historia y el pensamiento filosófico medieval en Occidente en la que, además de los conceptos clave y los protagonistas más importantes, se han tratado puntos de vista inusuales e incluso inéditos. Uno de los casos más curiosos es el capítulo dedicado a las mujeres (y filósofas) de la Edad Media. Sandra Ferrer, especialista en la divulgación de la **historia de la mujer**, es la autora que nos descubre uno de los rincones más oscuros dentro del ámbito que nos ocupa en la obra. Según la autora:

*“La Edad Media esconde una brillante tradición filosófica femenina protagonizada principalmente por mujeres religiosas que hicieron de la mística una manera de expresar sus pensamientos”.*

Durante el medievo, la **filosofía** tenía una relación muy cercana a la teología, cuestiones que eran asunto de religiosos y eruditos, pero estaban vetadas a las mujeres, consideradas por entonces incapaces de razonar. Al menos en lo que a la corriente filosófica más extendida se refería, la escolástica, pero las mujeres se insertaron en un movimiento distinto: la mística, “una filosofía del alma abierta”.

Las universidades prohibían la entrada a las mujeres, pero muchas de ellas tuvieron acceso a bibliotecas, bien por una privilegiada posición en la nobleza, bien por una vida en clausura en monasterios y conventos con oportunidades de adquirir conocimiento y tiempo para reflexionar. Algunas de ellas, con las limitaciones de la época y aun negada toda oportunidad de reconocimiento, lograron ser aceptadas:

*“Así pues, amparados en el consuelo de la «simplicidad» y la «sensibilidad» femenina, teólogos y eruditos aceptaron a estas mujeres que en realidad eran figuras sabias, de profundo intelecto y conocimiento”.*

### FILÓSOFAS MEDIEVALES

Sandra Ferrer nos presenta la historia de cuatro pensadoras destacadas de la Edad Media. **Hildegarda de Bingen** (1098-1179) se ganó el derecho a formar parte de la breve lista de Doctoras de la Iglesia. Ingresó en un convento obligada por su padre, la historia de muchas mujeres de la época, en cambio, ella jugó bien sus cartas.

*“Escribió sobre ciencia, compuso piezas musicales, definió una lengua propia, asesoró a emperadores y papas, iluminó sus manuscritos y dejó una amplia producción mística”.*

En sus obras, mostró una fuerza femenina desconocida en la teología de la época, argumentado incluso que “el amor de Dios era un amor maternal, un amor que da vida”.

**Eloísa del Paráclito** (1101-1164) mantuvo una relación epistolar con Pedro Abelardo en la que profundizaron en cuestiones teológicas y morales. Gertrudis de Hackeborn (1232-1292) fue la abadesa que hizo del convento alemán de Helfta uno de los centros culturales y místicos más destacados de su tiempo desde el que varias mujeres dejaron constancia de su sabiduría.

Y, desde luego, no todas salieron ilesas de sus ocupaciones intelectuales. Margarita Porete (1250-1310) fue quemada en la hoguera por su obra *El espejo de las almas simples*, donde habló de libertad para elevar el alma a Dios.

### ‘FILOSOFÍA MEDIEVAL’, COORDINADO POR RODRIGO MENCHÓN

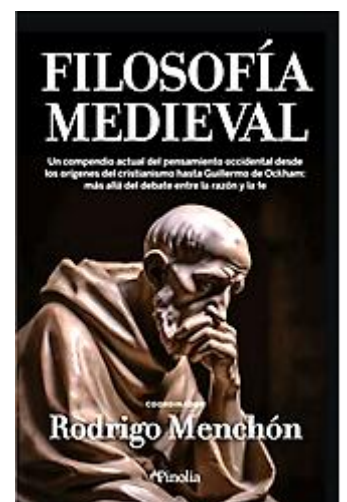
La editorial **Pinolia** publica *Filosofía Medieval*, “un compendio actual del pensamiento occidental desde los orígenes del cristianismo hasta Guillermo de Ockham”. Una obra necesaria que corta con la idea de que la Edad Media se limitó a absorber el bagaje intelectual de la Antigüedad y ponerlo al servicio de los tres grandes monoteísmos, sino que fue más allá y entre sus páginas se pretende “mostrar toda la riqueza de esta época -la más larga de las cuatro en las que se suele dividir la historia de la filosofía (antigua, medieval, moderna y contemporánea)- planteado como un estudio minucioso tanto a nivel filosófico como histórico”.

#### Sobre Rodrigo Menchón

Licenciado en Filosofía por la UNED, profesor de Bachillerato en el IES Gregorio Marañón de Madrid. Ha coordinado esta obra, así como los dos números para la revista Muy Historia de las ediciones coleccionistas Muy Sophia, donde se tratan la filosofía antigua y medieval. Es autor de artículos y ensayos de filosofía contemporánea como «Seamos realistas, pidamos lo imposible. Sobre la obra de Slavoj Žižek, publicado en *Tiempo devorado: revista de historia actual*, «La filosofía del siglo XXI», en *Muy Interesante* y «El retorno de lo reprimido de la metafísica», en *Realismo especulativo: un taller de un día*.



HILDEGARDA DE BINGEN RECIBE UNA INSPIRACIÓN DIVINA EN UNA MINIATURA DEL CODEX OF LIBER SCIVIAS. CRÉDITO IMAGEN: WIKIMEDIA.

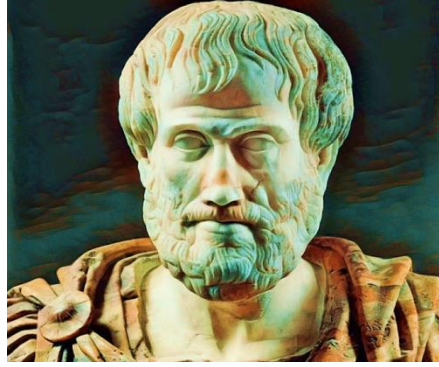




# 20 máximas de vida del sabio filósofo Aristóteles.

Versión del artículo original de GLADYS GONZÁLEZ

Recibido vía Facebook



**Gladys González:** Bachelor of Business Administration (B.B.A.) Janus University EEUU. Acreditada en el manejo de Técnicas Psicoterapéuticas y Autosanación en Sanarte Fundación. Certificada en Liderazgo e Inteligencia emocional Universidad Metropolitana - UNIMET- Centro de Extensión, Desarrollo Ejecutivo y Consultoría Organizacional. Caracas – Venezuela.

La filosofía como la conocemos tiene sus inicios en la antigua Grecia. Varios de los más sabios y famosos personajes de la filosofía se originaron durante aquellas épocas, en la que sería una de las civilizaciones más misteriosas y asombrosas que existieron.

Entre ellos se encuentra Aristóteles, quien podría ser sin duda alguna uno de los filósofos más conocidos en el mundo.

Aristóteles vivió entre 384 a. C. y 322 a. C. Nació en el norte de Grecia en la ciudad de Stagira y creció como parte de la aristocracia, ya que su padre, Nicómaco, era médico del rey Amyntas de Macedonia. También fue alumno de Platón, otro de los padres de la filosofía occidental.

Aristóteles, a diferencia de sus predecesores, empezó a aplicar la práctica en sus teorías. Le gustaba hacer observaciones detalladas del mundo, tomando notas y registros de lo que veía. Esto era muy diferente de los otros filósofos y educadores griegos de la época.

Fue así como creó el método científico, un proceso indispensable para la investigación científica de la actualidad.

## Máximas de Aristóteles que están llenas de sabiduría

Las opiniones de Aristóteles sobre la ciencia física moldearon profundamente la erudición medieval. Su ética siempre ha sido influyente y, hasta el día de hoy, sus citas siguen siendo ciertas y lo suficientemente sabias como para que todos las tomen en cuenta.

### 1. “Las raíces de la educación son amargas, pero la fruta es dulce”.

El camino al aprendizaje puede ser complicado, pero vale totalmente la pena.

### 2. “El placer en el trabajo pone la perfección en el trabajo”.

Cuando te dedicas a algo que te apasiona los resultados hablan por sí mismos.

### 3. “El único signo exclusivo de conocimiento profundo es el poder de la enseñanza”.

Solo quien ha alcanzado la sabiduría es capaz de transmitir sus conocimientos.

### 4. “El amor es una sola alma que habita en dos cuerpos”.

Es una fuerte unión a nivel espiritual.

### 5. “La calidad no es un acto, es un hábito”.

No se trata de suerte, sino de consistencia y experiencia.

### 6. “Un amigo para todos es un amigo para ninguno”.

Alguien que es demasiado sociable no se permite apreciar las cualidades de cada persona que conoce, ni crear intimidad.

### 7. “Los hombres se dejan influir más por el miedo que por la reverencia”.

Ganarse el respeto de una persona es una tarea complicada, que muchas veces se sustituye con el miedo y la tiranía.

### 8. “La mayoría de las personas prefieren dar que recibir afecto”.

Es más difícil saber recibir cariño.

### 9. “Nadie elegiría una existencia sin amigos con la condición de tener todas las otras cosas en el mundo”.

Aristóteles asegura que el hombre no puede vivir sin amistades.

### 10. “Los hombres adquieren una cualidad particular al actuar constantemente de una manera particular”.

Los buenos hábitos otorgan beneficios.

### 11. “Cualquiera puede enojarse, eso es fácil. Pero estar enojado con la persona correcta, en el grado correcto, en el momento correcto, con el propósito correcto y de la manera correcta, esto no es fácil”.

Hay una gran diferencia entre una respuesta y una reacción.

### 12. “La felicidad depende de nosotros mismos”.

Ciertamente, nadie es responsable por nuestra felicidad.

### 13. “Lo considero más valiente a quien vence sus miedos que quien vence a sus enemigos; porque la victoria más difícil es sobre uno mismo”.

Finalmente, nosotros somos nuestros peores enemigos en ocasiones.

### 14. “Es fácil realizar una buena acción, pero no es fácil adquirir un hábito establecido de realizar tales acciones”.

La consistencia requiere fuerza y determinación.

### 15. “Hay una sola cosa que ni Dios puede hacer: deshacer lo que se ha hecho”.

Sin duda hay que pensar muy bien cada decisión que tomamos.

### 16. “La mínima desviación de la verdad al principio, se multiplicará más de mil veces”.

Hay que defender la verdad desde el inicio hasta al final.

### 17. “La dignidad no consiste en poseer honores, sino en merecerlos”.

Tenemos que ganar el respeto, y esforzarnos para obtener beneficios.

### 18. “Fue a través del sentimiento de asombro que los hombres ahora y al principio comenzaron a filosofar”.

Aristóteles deja en claro que nosotros como humanos, nunca dejaremos de asombrarnos.

### 19. “Los que educan bien a los niños son más honrados que los que los producen; porque estos últimos solo les dieron vida, los primeros el arte de vivir bien”.

Los buenos padres preparan a sus hijos con las herramientas para vivir bien.

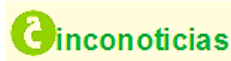
### 20. “Desear ser amigos es un trabajo rápido, pero la amistad es un fruto de maduración lenta”.

La intimidad en una amistad requiere de mucho tiempo y cuidado.

# Los hermanos escritores más famosos de todos los tiempos.

Versión del artículo original de PEDRO GARGANTILLA

Tomado de:



PEDRO GARGANTILLA

Los hermanos comparten juegos, castigos, aficiones, genes..., y, por qué no, el amor por la literatura.

Si cruzamos los vocablos “hermanos” y “escritura”, una de las primeras sagas que afloran en nuestro cerebro es la de las hermanas Brontë. A pesar de que, posiblemente, no sean muchos los que pueden decir sus nombres de corrido –Anne, Emily y Charlotte–, ¿quién no recuerda títulos como “Jean Eyre” o “Cumbres borrascosas”?

Lo que es menos conocido es que en la familia Brontë también había un varón –Branwell– que compartía con las féminas el gusto por la escritura y que, además, era pintor. Desgraciadamente, el talento de sus hermanas le envió al rincón de los olvidados.



HERMANAS BRÖNTE.

## ESTILOS MUY DIFERENTES

El escritor y zoólogo Gerald Durrell fue autor de numerosos libros, entre ellos hay uno, al menos para mí, que destaca por su simpatía y humor: “Mi familia y otros animales”. En uno de sus capítulos describe pormenorizadamente a su hermano mayor Lawrence –al que familiarmente le llamaban Larry– como un chico estudioso, que se pasaba las horas encerrado en su cuarto navegando en un océano de folios.

Pues bien, con los años, Larry se convirtió en uno de los grandes escritores ingleses del siglo XX, ensombreciendo la figura de Gerald. Su tetralogía “Cuarteto de Alejandría” es considerada su obra maestra.

## HERMANOS STRUGATSKI

Los hermanos Strugatski –Arkadi y Boris– son dos de los autores de ciencia ficción rusos más conocidos. No solo compartieron afición, sino que escribieron codo con codo sus novelas, algunas de las cuales han sido llevadas a la gran pantalla.



HERMANOS STRUGATSKI.

El séptimo arte también nos deleitó con “El ángel azul”, una cinta basada en la novela “El profesor Unrat”, de Mann. Pero su autor no fue Thomas, como habrá pensando más de un lector, sino Heinrich.

Thomas Mann era el hermano pequeño de Heinrich Mann, un escritor muy popular en la Alemania de principios del siglo XX y más dotado, al menos en los inicios, para la escritura.

El destino tiene caminos inescrutables. Thomas acabó ganando el Premio Nobel de Literatura y convirtiéndose en uno de los escritores más influyentes del siglo pasado. De su matrimonio con Katia Pringsheim nacieron seis hijos, tres de los cuales se convirtieron también en escritores –Erika, Golo y Klaus–.

## HERMANOS GRIMM

Jacob y Wilhelm formaron una de las parejas literarias más estables de toda la Historia de la literatura. Estos eruditos, filólogos y escritores alemanes profundizaron en el folclore de su país y publicaron algunos de los cuentos más conocidos de todos los tiempos.

De sus plumas salieron títulos como “La cenicienta”, “La bella durmiente”, “Rapunzel” o “Blancanieves”. El apellido de estos hermanos, nacidos en Hanau en el estado de Hesse-Kassel, no es otro que Grimm.



HERMANOS GRIMM.

## Y EN ESPAÑA..., TAMBIÉN

En el siglo XIX nacieron dos hermanos en Utrera y su afición por las letras y su ingenio les llevaría a convertirse en los autores de sainetes líricos y juguetes cómicos más famosos de comienzos del siglo pasado.



**HERMANOS ÁLVAREZ QUINTERO.**

Sus nombres eran Joaquín y Serafín, de apellido Álvarez Quintero. Con el tiempo ambos llegarían a convertirse en miembros de la Real Academia de la Lengua Española, eso sí, en sillones distintos: Joaquín en la “E” y Serafín en la “H”.

También fueron hermanos y escritores, pero con biografías muy diferentes, Manuel Machado y Antonio Machado. A pesar de que se entendieron en el campo de las letras y llegaron a trabajar juntos, la política les separó. Manuel fue un franquista convencido y Antonio republicano hasta la médula.

## LAS GEMELAS CHACÓN

Como broche final dos gemelas españolas: Dulce e Inma Chacón. El tema central de la obra de Dulce es la represión franquista y su obra más famosa “La voz dormida”. Desgraciadamente, un cáncer segó su vida impidiéndola escribir una novela que tenía en mente. En la trama participaban una princesa india y un conquistador español.



**HERMANAS CHACÓN.**

Menos mal que Dulce tenía a su “complementaria”, su hermana Inma quien tomó las riendas de la narración y publicó su primera novela con esta base argumental: “La princesa india”. ¿Qué mejor homenaje podía hacerle?

---

**ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (XXXIII).****Obra:** *La rebelión de las masas*.**AUTOR:** José Ortega y Gasset (2002). **Editorial:** El País. **ISBN:** 9788489669314.**Presentado por:** Filodosis.**Enviado vía Facebook por Dr. VÍCTOR HERMOSO AGUILAR**

La rebelión de las masas es una de las obras más conocidas de Ortega y Gasset. Con el objetivo de explicar la sociedad que le toca vivir, el filósofo español desarrolla en ella una de las ideas claves de su pensamiento: el hombre-masa.

El ensayo filosófico de Ortega y Gasset no habla del levantamiento popular o de la revolución como la conocemos, sino que define y explica la aparición del hombre-masa y los Estados que este crea. Pero ¿quién es este hombre? ¿Qué tipo de realidad elabora a su alrededor? ¿Por qué es relevante hoy día?

Sin cobardía, el pensador expone lo que opina de su tiempo, de la época que le ha tocado vivir, desde su punto de vista, una realidad vacía, llena de apariencias pero sin profundidad, sin objetivos, protagonizada por el hombre-masa.

¿Quién teme al hombre-masa?

El concepto de hombre-masa es una de las contribuciones más relevantes de Ortega y Gasset a la historia de la filosofía occidental. Este es el hombre de su tiempo, el conformista al que la vida le parece fácil, que se siente en control de la realidad que le rodea y que no se somete o siente sometido a nada ni a nadie. Es un individuo egoísta y mimado, un ser cuya máxima preocupación es él mismo. Este también es el hombre del siglo XXI, preocupado por las tendencias y las apariencias, poco profundo.

«El hombre-masa (...) sintiéndose vulgar, proclama el derecho a la vulgaridad y se niega a reconocer instancias superiores a él»

El filósofo español centra parte de su argumento en la imposición de la masa sobre el total de la sociedad, ya que esta masa alocada no ve más allá de sí misma, no respeta, no sigue. La masa se impone. Los que tradicionalmente se consideraban lujos reservados a unos pocos, se convierten ahora en los placeres a los que todos tienen acceso. La masa ya no va detrás, ahora se coloca en cabeza: «El ejército humano se compone ya de capitanes». El hombre del presente se ve a sí mismo más merecedor, que su «vida es más vida que todas las antiguas (...) que el pasado íntegro se le ha quedado chico a la humanidad actual».

El hombre-masa es autosuficiente. «Por lo menos en la historia europea hasta la fecha, nunca el vulgo había creído tener 'ideas' sobre las cosas. Tenía creencias, tradiciones, experiencias, proverbios (...) Nunca se le ocurrió oponer a las ideas del político otras suyas; ni siquiera juzgar las 'ideas' (...) Hoy, en cambio, el hombre medio tiene las ideas más taxativas sobre cuanto acontece y debe acontecer en el universo. Por eso ha perdido el uso de la audición. ¿Para qué oír si ya tiene dentro cuanto le hace falta?». La rebelión de las masas es un ensayo sobre el triunfo de la vulgaridad a manos de este hombre-masa que la hace constar, la sitúa por encima de todo. Es casi como si no respondiese a razones; posee todos los poderes. Él se lo guisa y él se lo come.

El «especialista», un sabio-ignorante

Por otra parte, con mucho sentido del humor y cierto grado de preocupación, Ortega se aventura a definir otro tipo de ejemplar propio de su tiempo y que se extiende hasta el presente: el especialista. Al explicar cómo es este individuo, el autor se encuentra con que, en el pasado, era sencillo y fácil agrupar a los hombres. Existían dos grupos: sabios e ignorantes, y dentro de cada uno, varios grados. El especialista, que a principios de siglo llegó a su «más frenética exageración», es un hombre que «no es un sabio, porque ignora formalmente cuanto no entra en su especialidad; pero tampoco es un ignorante, porque es un hombre de ciencia y conoce muy bien su porciúncula (pequeña porción de tierra) de universo. Haremos de decir que es un sabio-ignorante» ya que, dependiendo del tema en cuestión, se comportará de una u otra manera.

Hoy día podría decirse que la situación se ha acentuado y generalizado hasta tal punto que todo el mundo, cualquier individuo, opina. O mejor dicho, impone su opinión sobre cualquier materia. El hombre-masa es especialista en todo y más que nunca se siente en posesión de la verdad, su verdad, y trata de imponerla.



# Los 5 mandamientos de la inteligencia artificial (IA).

Versión del artículo original de JOANA OLIVEIRA - @joanaoliv

Elaborado por Materia para OpenMind



***Si en su día Asimov ideó las leyes de la robótica, hoy el reto es crear los mandamientos de la Inteligencia Artificial para afrontar sus riesgos.***

El escándalo de Cambridge Analytica —la empresa de análisis de datos políticos que obtuvo acceso sin permiso a los datos personales de 87 millones de usuarios de Facebook para ayudar a la campaña presidencial de Donald Trump en 2016— no solo sumergió a la compañía de Mark Zuckerberg en una tormenta política mundial, sino que también reabrió **el debate sobre la necesidad de regular el uso de la Inteligencia Artificial (IA)**. Gurús de la tecnología como Elon Musk —CEO de Tesla y SpaceX, quien ha afirmado que el desarrollo de la IA “es mucho más peligroso que el de ojivas nucleares”— ya se han manifestado a favor de la creación de algún tipo de regulación. Ahora, políticos e investigadores académicos insisten en la misma idea.



**CAMBRIDGE ANALYTICA OBTUVO SIN PERMISO A LOS DATOS PERSONALES DE 87 MILLONES DE USUARIOS DE FACEBOOK.  
CRÉDITO IMAGEN: THEDIGITALARTIST.**

En Reino Unido, donde nació Cambridge Analytica, la Cámara de los Lores se movilizó para liderar ese camino, con el objetivo de evitar que otras compañías establezcan precedentes para el uso peligroso y poco ético de la tecnología. La institución publicó el pasado mayo el informe *IA en Reino Unido: ¿lista, dispuesta y capaz?*, con cinco principios éticos que deberían ser aplicados en todos los sectores a nivel nacional e internacional: la IA debe desarrollarse para el bien común y el beneficio de la humanidad; debe operar según los principios de inteligibilidad (transparencia técnica y explicación de su funcionamiento) y equidad; no debe utilizarse para disminuir los derechos de propiedad de los datos o la privacidad de las personas, las familias o las comunidades; todos los ciudadanos deben tener derecho a ser educados para permitirles prosperar mental, emocional y económicamente junto con la IA; y nunca debería conferirse a la IA el poder autónomo para herir, destruir o engañar a los seres humanos.

## UNA REGULACIÓN A GRAN ESCALA PARA LOS ROBOTS

En febrero de 2017, el Parlamento Europeo se convirtió en la primera institución en proponer una regulación a gran escala sobre la IA, con seis presupuestos básicos, sobre todo para la robótica: toda IA deberá tener un interruptor de emergencia para no llegar a representar un peligro; la tecnología no podrá dañar a un humano; no deben crearse vínculos emocionales con ella; los robots tendrán derechos y obligaciones como “personas electrónicas”; los de mayor tamaño deberán tener un seguro obligatorio; y toda IA pagará impuestos.

Para Timothy Francis Clement-Jones, uno de los responsables del informe británico, iniciativas como esta y el hecho de que el Congreso de EEUU presionara a Zuckerberg por el robo masivo de datos personales demuestran que “el clima político en Occidente es más propicio a buscar una respuesta pública” a los problemas de seguridad planteados por la tecnología. “El objetivo no es convertir esos principios directamente en legislación, sino tenerlos como un faro de guía para la regulación de la IA”, explica. “En el área de servicios financieros, por ejemplo, tendríamos una Autoridad de Conducta Financiera que analizaría cómo las compañías de seguros usan algoritmos para evaluar sus premisas o cómo los bancos evalúan a las personas para concederles o no una hipoteca”.



**EL PARLAMENTO EUROPEO HA PROPUESTO UNA REGULACIÓN CON SEIS PRESUPUESTOS BÁSICOS, SOBRE TODO PARA LA ROBÓTICA. CRÉDITO IMAGEN: CHERYL NG.**

Otra preocupación de los británicos es la creación de monopolios de datos, es decir, grandes compañías multinacionales (el informe nombra a Facebook y Google) con tal control sobre la recopilación de datos que pueden construir mejores IA que cualquier otra entidad, aumentando su control sobre las fuentes de datos y creando un círculo vicioso en el que las empresas más pequeñas y las naciones no puedan competir. “Básicamente, queremos que exista un mercado abierto en la IA”, afirma Clement-Jones. “No queremos tener cinco o seis sistemas principales y que quien no pertenezca a uno de ellos no pueda sobrevivir en el mundo moderno”.

### **IMPLICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA IA**

El caso de Cambridge Analytica ha mostrado cómo los tres grandes jugadores del mundo de la tecnología —EEUU, China y Europa— equilibran las demandas de privacidad de los consumidores y de seguridad por parte de los gobiernos, a la vez que trabajan para maximizar el acceso **al Big Data** con el fin de dominar la IA. “Todos estos gobiernos están tratando de descubrir cómo debería ser la gestión de datos. Y eso tendrá implicaciones para la investigación y el desarrollo de la tecnología”, valora Samm Sacks, investigador del programa de tecnología del Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales, en Washington (EEUU).



**EL ANÁLISIS DE DATOS QUE ELIMINA LA IDENTIDAD DE LAS PERSONAS ES UN ÁREA EN LA QUE SE ESTÁ AVANZANDO. CRÉDITO IMAGEN: THEDIGITALARTIST.**

“El incidente con Facebook disparó la alarma para los reguladores y controladores de datos chinos”, agrega Lu Chuanying, investigador de seguridad cibernética del Instituto de Estudios Internacionales de Shanghai (China). “Si hubo un problema para la plataforma de redes sociales más grande de EEUU, también puede haberlo para las empresas de aquí”. Chuanying ayudó a redactar la nueva política de datos del país asiático, que entró en vigor en mayo y cuyo nivel restrictivo, dice, se sitúa entre los de EEUU y la Unión Europea, debido a las preocupaciones competitivas sobre el *Big Data*.

Mientras Europa pretende liderar el uso ético de los datos, China se esfuerza para quitar a los estadounidenses el liderazgo mundial en el desarrollo de IA: un estudio del Instituto Future of Humanity revela que China actualmente supera a EEUU en capacidad de IA, aunque no en acceso a *Big Data*.

En la complicada ecuación para regular la tecnología sin frenar su desarrollo, Paula Parpart, fundadora de la compañía de IA Brainpool, apunta una luz al final del túnel. La clave, según ella, es la llamada privacidad diferencial: el análisis de datos que elimina la identidad de las personas, un área en la que se está avanzando. “Otro factor es que lo que generalmente se llama IA es, en realidad, el aprendizaje automático, que utiliza la fuerza bruta del *Big Data* para realizar tareas”, añade Parpart. “La verdadera IA requiere encontrar algoritmos que, al igual que los humanos, puedan aprender de uno o dos ejemplos, en lugar de miles”, aclara.

Un mayor regulación de la privacidad obligaría a reducir el uso del big data en las investigaciones y el desarrollo de nuevos productos, lo que podría repercutir en un aumento de la investigación y de los recursos destinados a lo que Parpart llama la “verdadera IA”: *sistemas capaces de obtener más rendimiento con menos datos, de modo que no vulneren los derechos de los ciudadanos*.

## Neurocientífica: la inteligencia artificial no sustituirá a los humanos.

"Las IA más avanzadas son máquinas que han sido entrenadas (...) hasta el extremo de "mostrar ápices de consciencia humana".

Versión del artículo original de VANESSA GONZÁLEZ

FUENTE EFE

TOMADO DE: El carabnoheño.com - 6 de abril de 2023



LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ES CAPAZ DE RESOLVER SUS PROPIOS PROBLEMAS.

En pleno debate sobre la **inteligencia artificial (IA)**, una nueva tecnología que está revolucionando el mundo, **una especialista en Neurociencias considera** que las grandes bases de datos y el aprendizaje automático de **las máquinas nunca podrá sustituir a los humanos**.

En una entrevista con EFE, la neurocientífica Roser Sala **pide comprobar todo lo que se dice y escribe sobre inteligencia artificial**: "Hay que discernir entre el sensacionalismo y la realidad" de una tecnología que puede cambiar el mundo".

Partidaria de hacer una regulación ética de la utilización de la IA, Sala (Sabadell, 1984), que también ha estudiado en Oxford y Oslo, confiesa que sus compañeros docentes de la Universidad de Barcelona **se enfrentan a diario con el popular ChatGPT**, una base de datos que **los estudiantes utilizan para generar respuestas tan originales y humanas que consiguen esquivar todos los radares de plagio**.

Ella dice que **está a favor del ChatGPT y de la IA** ya que, como especialista en neurociencias, valora la aportación de las grandes bases de datos en su campo y cree que su cometido "no es sustituir, sino **acompañar y complementar la inteligencia humana**".

De manera simplificada, la doctora por la Universidad de Barcelona (UB) detalla que **"las IA más avanzadas son máquinas que han sido entrenadas, que después aprenden por sí solas y generan respuestas con un lenguaje natural como haríamos nosotros"**, hasta el extremo de **"mostrar ápices de consciencia humana"**.

Ante la hipotética situación en que seamos capaces de insertar una consciencia artificial en un robot, la licenciada en Ingeniería de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) asegura "estar tranquila", ya que **"la inteligencia artificial nos puede llegar a sorprender, pero sin el refuerzo humano no funcionaría"**.

Sala recuerda que la IA también está presente en las ciencias sociales, ecología, astronomía, informática, matemáticas y en "infinidad de aplicaciones", pero admite que "están presentes para nuestra escasa educación al respecto".

Por ello, recomienda hacer "un trabajo de investigación" y "buscar el estudio que lo respalda" cuando una noticia sobre IA llena los medios, para, en la mayoría de casos, descubrir que "eso no es como dice ser".

Consciente de las polémicas y debate sobre la IA, la neurocientífica reconoce que su uso debe "trabajarse conjuntamente a nivel social, legal y educativo para regular las IA", y hace especial hincapié en el desarrollo de "códigos éticos para enmarcar esta tecnología", como los que ya existen en la medicina, la abogacía o el periodismo.

Sala ve la IA como "una revolución social y tecnológica" con importantes similitudes con la Revolución Industrial o el 'boom' de Internet y confiesa estar preocupada porque "esta tecnología no se vuelva discriminatoria".

Aunque motivos socioeconómicos o la edad pueden ser barreras para acceder a esta nueva tecnología, Sala cree que "la IA puede ser de gran ayuda para los más mayores", pero no se atreve a augurar hasta qué punto las empresas van a privatizar el acceso a todos los servicios basados en el aprendizaje automático.

Pese a defender a ultranza la IA, la profesora reconoce otra problemática de esta tecnología, la medioambiental, ya que "las enormes bases de datos de la IA consumen muchísima energía", pero se mantiene optimista: "los edificios de oficinas también consumen mucho, pero aprendimos a hacer más ventanas", pone como ejemplo.

**"La inteligencia artificial es capaz de resolver sus propios problemas**, nos puede ayudar a desarrollarse, como con el consumo energético", según la ingeniera en telecomunicaciones, que insiste en que las máquinas siempre tendrán dependencia humana y siempre serán "un soporte, un complemento".

## Descubren la región específica del cerebro que controla la atención: El hallazgo podría ayudar a tratar mejor el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH).

Versión del artículo original de ANDREA GÓMEZ BOBILLO

FUENTE:



TOMADO DE: MSN - 4 Nov 2020



NO EXISTE TAL COSA COMO EL CEREBRO IZQUIERDO Y EL CEREBRO DERECHO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

Para poder controlar tu atención sobre algo necesitas 2 cosas: concentración para ignorar distracciones y disciplina para frenar impulsos.

Un nuevo estudio realizado por neurocientíficos del MIT, publicado en *MIT News*, muestra que estas habilidades son independientes, pero que la actividad de las neuronas productoras de norepinefrina en una sola región del cerebro, el *locus coeruleus* (LC), controla ambas dirigiéndose a 2 áreas distintas de la corteza prefrontal.

Diversos estudios sobre el control de la atención han sugerido que las neuronas productoras de norepinefrina en el LC podrían tener este papel, pero la evidencia más convincente ha sido más correlativa que causal, según señala el autor principal del estudio Andrea Bari, científico investigador del laboratorio de Tonegawa del MIT.

En esta ocasión, el equipo demostró una clara causalidad utilizando la óptica para controlar específicamente dichas neuronas en ratones con precisión temporal y espacial mientras los roedores se dedicaban a 3 tareas de control de la atención. Las manipulaciones impactaron de forma inmediata y fiable en el rendimiento de los roedores.

Según los autores, los hallazgos podrían contribuir notablemente a los esfuerzos por comprender y tratar mejor los trastornos psiquiátricos en los que el control de la atención se ve afectado, como el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH).

"Los pacientes con TDAH pueden sufrir tanto de distracción como de impulsividad", dice el coautor y científico investigador Michele Pignatelli, que valora la posibilidad de crear nuevas estrategias para abordar los diferentes tipos de TDAH.

### Las diferentes tareas del estudio

Los científicos utilizaron un método de toma de control optogenético bidireccional de las neuronas LC. Es decir, con diferentes colores de luz podrían estimular o inhibir la actividad.

En la primera tarea, los ratones tuvieron que esperar 7 segundos antes de que un destello de luz de medio segundo señalara cuál de los 2 portales debían tocar con la nariz para obtener una recompensa en forma de comida. Los ratones en los que las neuronas LC fueron estimuladas optogenéticamente hicieron la tarea correctamente más a menudo, e hicieron menos movimientos que cuando no estaban manipulados. Los ratones en los que las neuronas LC fueron inhibidas hicieron la tarea correctamente menos veces.

En el segundo caso, los ratones antes de ver la luz que marcaba el portal correcto (esta vez durante 3 segundos), veían un destello que les indicaba una "señal". A veces esa señal estaría en el lado incorrecto, a veces en el medio, y a veces en el lado correcto. Una vez más, la estimulación LC mejoró el rendimiento y suprimió los impulsos, al contrario que la inhibición.

Los investigadores, además, aprendieron algo nuevo basado en el tiempo de reacción de los ratones. Los ratones con LC estimulada no mostraron ninguna diferencia en el tiempo de reacción porque estaban centrados en el objetivo real, pero los ratones con LC inhibida mostraron variaciones en el tiempo de reacción porque se distrajeran con la señal —cuando esta estaba en el lado incorrecto reaccionaron más lentamente que lo normal, y cuando estaba en el lado correcto reaccionaron más rápido—.

En la tercera tarea, los ratones podían ser distraídos constantemente por luces mientras esperaban la señal real de 3 segundos que indicaba dónde estaba la recompensa. La única diferencia con la segunda tarea fue que, en los casos en los que no había ninguna distracción, los ratones con LC inhibidos no dejaron de realizar la tarea correctamente.

### El papel del LC en la ansiedad

Muchos estudios sugirieron que el aumento de la actividad de la neurona de norepinefrina LC incrementaría la ansiedad. Eso podría haber hecho a los ratones demasiado impulsivos a la hora de buscar su recompensa, por lo que el equipo de científicos revisó los efectos que su estudio podría tener sobre la ansiedad antes de comenzar las tareas de control de la atención.

Lo que no se imaginaban los científicos es que el LC también podría reducir la ansiedad de estos ratones.

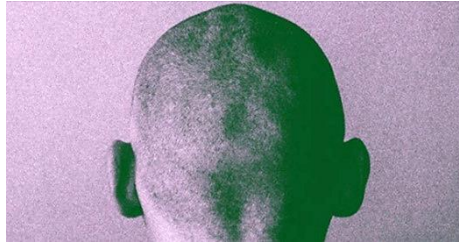
Bari dijo que investigar el sorprendente beneficio de la estimulación del LC sobre la ansiedad podría ser un muy interesante.



# Mi cerebro cree que estoy muerto: El síndrome de Cotard.

Versión del artículo original de WALTER FARAH CALDERÓN, filósofo.

Elaborado por Materia para OpenMind



FUENTE IMAGEN: GETTY IMAGE / AUTOR: YNGSA.

## ¡NEURONAS AL PODER!

Aquel hombre siempre había mostrado tener su cabeza bien puesta, hasta que, durante aquel fatal accidente de tráfico, su cráneo se separara de su columna vertebral. No solo no falleció, sino que sobrevivió, con su cerebro intacto, lo cual muestra que el cráneo es, entre otras cosas, un gran recipiente, lo que podría sonar a mal gusto si no fuera porque abre la posibilidad de concebir la actividad cerebral fuera del mismo. Por supuesto, en la mirada atónita de quienes presenciaron aquel accidente se fijará para siempre el uso del concepto más arcaico, nunca tan actual como aquel día, el etimológico, el del cerebro como “lo que lleva la cabeza”.

Y así, en una extraña vorágine desfilan las sorpresas, una tras otra, incluyendo las psicológicas y filosóficas. Para entreverlo, a veces los neurólogos, cuyas investigaciones están aumentando, no tienen más remedio que acudir a los bancos de cerebros, como el *Harvard Brain and Tissue Resource Center*, que envía unas seis mil muestras de tejido de cerebro de personas sanas o con enfermedades mentales o físicas, a investigadores en todas partes del planeta, sin apenas dar abasto, un cuadrito de un centímetro de la región solicitada.

## ¿MI CEREBRO SABE QUE EXISTO?

En 2013, un equipo de investigadores, formado entre otros por *Adam Zemar* (Profesor de Neurología Cognitiva de la Universidad de la Escuela Médica de Exeter) y *Steven Laueys* de la Universidad de Lieja (Bélgica), realizó la primera exploración PET en un paciente con síndrome de Cotard (DOI: 10.1016/j.cortex.2013.03.003), enfermedad conocida originalmente como “delirio de la negación”, cuyo primer registro data de 1880.

Fue precisamente en ese año cuando el psiquiatra *Jules Cotard*, a quien la enfermedad debe su nombre actual, presentó el caso de una paciente que afirmaba estar “sin cerebro, nervios, pecho o entrañas y era sólo piel y hueso” y afirmaba “que ni Dios ni el diablo existen y que ella no necesitaba comida, porque era eterna y viviría para siempre”.

Más contemporáneo es el caso del paciente a quien se le aplicó un PET en 2013. Tenía 48 años, sin historia médica previa, aparte de una corta enfermedad depresiva, fue atendido por un psiquiatra después de un intento de auto-electrocución. Ocho meses más tarde afirmaría que su cerebro había muerto.

El tratamiento psicotrópico tuvo poco efecto terapéutico. La aplicación al paciente de cuatro instrumentos, el *Beck Depression Inventory*, el *Beck scale for suicide ideation*, la *Hamilton Rating Scale for Depression* y la *Hamilton Anxiety Rating Scale*, revelaron una depresión severa combinada con ansiedad leve.

Estaba convencido de que sufría muerte cerebral, de que estaba muerto, que no necesitaba comer ni dormir, y que contaba con un cerebro muerto en un cuerpo vivo. Reconocía que sus habilidades para ver, oír, pensar, recordar y comunicarse demostraban que su mente debía estar viva, pero no podía explicar cómo, pues su cerebro, ¿estaba muerto?

Era, por decirlo de alguna forma, *un muerto en vida*. Una especie de zombi, como destacaría la prensa, sin poner atención al detalle técnico de que el paciente no era un muerto volviendo a la vida, sino un vivo sabiéndose inexistente, no por razones filosóficas, sino neurológicas.

Los resultados del PET que se le realizó, contrastados con pacientes de control sanos, mostraron *hipometabolismo cortical* en un extenso set de regiones medias y dorsolaterales, en un patrón más severo y extendido que en un trastorno depresivo mayor.

Lo que aquel PET demostraría es que la profunda perturbación de la experiencia y del pensamiento del síndrome de Cotard, se refleja en las mismas regiones cerebrales responsables de la *conciencia* y de nuestro sentido permanente del *yo*, la llamada zona “*modo de red por defecto*”.

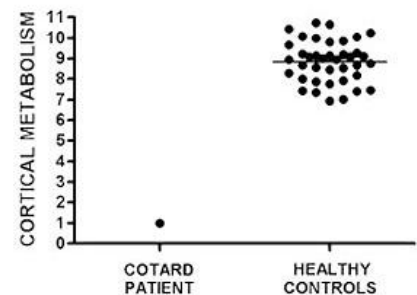
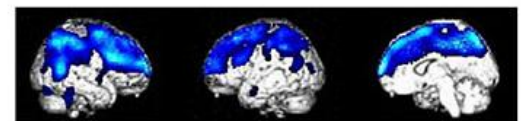
## CONCLUSIONES

Es la interacción de nuestro cuerpo con el entorno lo que genera la actividad cerebral. Si por alguna razón esa interacción falla, ahí, por ejemplo, en las zonas con bajo metabolismo, como en el síndrome de Cotard, nuestra propia sensación de existencia puede desaparecer por completo.

Y así como los viejos nobles no vieron rodar sus cabezas bajo el infalible tajo de la guillotina y como el hombre mencionado al comienzo sí pudo contar, no una sino muchas veces, la historia de cómo otros salieron con la suya, en aquel accidente, casi, en sus manos, la pregunta de donde proviene la experiencia de que existo, remite a la relación evolutiva e individual con nuestro entorno, gracias a un conjunto de redes neuronales especializadas con el tiempo.

Muy allá, uno podría imaginarse a un grupo de esas redes neuronales, las especializadas en la reflexión, el pensamiento, la existencia, el ser o no ser, por encima de las demás, las filósofas neuronas, dominando el mundo, platónicas dirían los clásicos; ilustradas, replicaría Federico II.

Sería un mundo de otro mundo, donde durante la mañana elaborarían y ejecutarán las sinapsis del día, en la tarde se relajarían y, en la noche, bajo los efectos de algún estímulo adicional, harían aquello para lo que realmente estaban hechas, para pensar sobre el ser y el no ser, sin dejar rememorar aquellos, los viejos tiempos, donde ellas eran aun presas de los seres vivos y, decía la leyenda, a veces rodaban por ahí, accidentalmente.



**PET DE PACIENTE CON SÍNDROME DE COTARD.**  
**BRAIN DEAD YET MIND ALIVE: A POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY CASE STUDY OF BRAIN METABOLISM IN COTARD'S SYNDROME. (DOI: 10.1016/J.CORTX.2013.03.003).**  
**FUENTE IMAGEN: ZEMAR Y LAUEYS (2013).**

# “Pajarillo” en Concierto

Por: HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ, Ph.D.

TOMADO DE: El carabobeño.com – 10 de mayo de 2020



HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ

Egresado de Universidad Central de Venezuela. Estudios de Postgrado en la Universidad de Stanford (USA). Profesor y Ex Director de Escuela de Educación (Universidad Carabobo, Valencia, Venezuela). Ex Director Escuela de Psicología (Universidad Arturo Michelena, Valencia, Venezuela). Asesor de Empresas y Productor Radial en Universitaria 104,5 FM (Universidad Carabobo, Venezuela). Correo Electrónico: hernaniz@yahoo.com

¡Cómo salta a borbotones el alma venezolana, al sentir la invitación del arpa criolla, del cuatro y las maracas, cuando el sentimiento vibra, cuando en lo alto titilan, milenarias, las estrellas; cuando en el escenario abierto del llano, aun si lo imaginamos, irrumpe en espectáculo colorido, la salida silenciosa del sol de los venados. Se alista nuestra consciencia musical. Todo ya está en expectativa para que se sueltan en bandadas las emociones, tras el clamor libre, a pulmón abierto, de un sólido grito emocional: ¡Aaaaayyyy, pajarillo, pajarillo! ¡Todo ocurre en un sólido momento, cuando la libertad se transfigura en ave mitológica, y vuela a posarse en el alma de cada palma, de la integridad del llano!

Estamos ante la presencia y forma de una de las más intensas expresiones de la música popular venezolana, adherida totalmente a la memoria histórica y el gentilicio. Es espíritu sutil, es verso tierno, es métrica impecable, es intensidad eólica, es cantar a los dominios del recuerdo, es visitar la riqueza del horizonte llanero... Disfrutemos la profundidad de esta interpretación de un típico “pajarillo” llanero. El “Pajarillo”, es pieza depurada del folclore colombo-venezolano, una variedad de “golpe” de joropo llanero, con el que mejor se aprecia el virtuosismo de los ejecutantes, dada su gran velocidad y fogosidad. Es, tal vez, la pieza preferida por los músicos llaneros, y con la que se alcanza la máxima intensidad musical del Joropo. El cantador da inicio con un grito sostenido, denominado “tañío” o “leco”, que refleja el llano abierto y los gritos de vaqueros al reunir o desplazar el ganado en las sabanas. La buena afinación, pureza y fuerza, sostenidas por el cantador, anuncian la calidad y pretensiones del solista.

(Letra del “Pajarillo”):

*“Pajarillo, pajarillo, vuela si quieres volar. Yo te recorté las alas para verte caminar. Me dijiste que eras libre, como una palma en el llano. Si la palma fuera libre, no la picara el gusano, no la tremolara el viento, ni la quemara el verano. A mí me pueden llamar trueno, relámpago, rayo; si me pega buena brisa, vuelo más que un papagayo. Yo soy el que anda de noche allá por el vecindario, y sé cuándo ladra el perro, y sé cuándo canta el gallo, y sé cuándo están dormidos los muchachos de mi barrio. ¡Aaaaayyyy...! Pajarillo, pajarillo, que vuelas por mi rivera, por qué no vuelas ahora, que llegó la primavera,...”*

Algunos elementos trascendentales en el modo de pensar la filosofía en el siglo XXI.

## SOBRE EL CONCEPTO DE DEMOCRACIA.

Por: GIORGIO AGAMBen

*Texto del filósofo Giorgio Agamben, publicado originalmente bajo el título “Note liminaire sur le concept de démocratie”.*

*Traducción realizada por la página “Artillería del pensamiento”.*

TOMADO DE: Bloghemia - 15 de febrero de 2021



*“Si hoy asistimos al dominio aplastante del gobierno y de la economía sobre una soberanía popular que ha sido progresivamente vaciada de todo sentido, quizá sea que las democracias occidentales están pagando el precio de una herencia filosófica que habían asumido sin beneficio de inventario”.*

**Giorgio Agamben**

Todo discurso sobre el término “democracia” está hoy falseado por una ambigüedad preliminar que condena al malentendido a aquellos que lo emplean. ¿De qué se habla cuando se habla de democracia? ¿A cuál racionalidad señala exactamente este término? Una observación, mientras sea poco atenta, muestra que aquellos que debaten hoy sobre la democracia entienden por este término unas veces una forma de constitución del cuerpo político, otras una técnica de gobierno. El término remite, entonces, a la vez a la conceptualidad del derecho público y a aquella de la práctica administrativa: designa tanto la forma de legitimación del poder como las modalidades de su ejercicio. Como resulta evidente, para todo el mundo en el que en el discurso político contemporáneo este término se relaciona generalmente a una técnica de gobierno —que, en tanto tal, no tiene particularmente nada de tranquilizadora—, se comprende el malestar de aquellos que continúan empleándolo con toda buena fe en el primer sentido.

Que el entrelazamiento de estas dos conceptualidades —jurídico-política por una parte, económico-gestionaria por la otra— tenga raíces profundas y no sea fácil desenredarlas aparecerá claramente en el ejemplo siguiente. Cuando, en los clásicos del pensamiento político griego, se encuentra la palabra politeia (a menudo en el cuadro de una discusión sobre las diferentes formas de politeia: monarquía, oligarquía, democracia, así como sus parekhaseis o desviaciones), vemos a los traductores traducir esta palabra unas veces por “constitución”, otras por “gobierno”. Así, el pasaje de La constitución de Atenas (cap. XXVII) en el que Aristóteles describe la “demagogia” de Pericles: “dēmotikōteran synebē genesthai tēn politeian”, es traducido por el traductor inglés como “the constitution became still more democratic”; justo después, Aristóteles agrega que la multitud “apasan tēn politeian mallon agein eis hautous”, lo que el mismo traductor traduce por “brought all the government more into their hands” (por supuesto, traducir por “brought all the constitution”, como la coherencia lo habría exigido, habría sido problemático).

¿De dónde viene esta auténtica “anfibiología”, esta ambigüedad del concepto político fundamental, por la cual se presenta unas veces como constitución, otras como gobierno? Aquí bastará señalar, en la historia del pensamiento político occidental, dos pasajes en los que esta ambigüedad se manifiesta con una particular evidencia. El primero se encuentra en la Política (1279a 25 y ss.), cuando Aristóteles declara su intención de contar y estudiar las diferentes formas de constitución (politeiai): “Ya que politeia y politeuma significan lo mismo y que politeuma es el poder supremo (kyrion) de las ciudades, es necesario que el poder supremo sea de uno solo, de algunos o de la mayoría...” Las traducciones más comunes dan aquí: “Ya que constitución y gobierno significan lo mismo y que el gobierno es la autoridad suprema del Estado [...]”. A pesar de que una traducción más fiel debería mantener la proximidad de los dos términos politeia (la actividad política) y politeuma (la cosa pública que resulta), resulta claro que la tentativa de Aristóteles para reducir la anfibiología por medio de esta cifra que llama kyrion es el problema esencial de este pasaje. Por emplear —no sin forzar un poco el trazo— una terminología moderna, poder constituyente (politeia) y poder constituido (politeuma) se anudan aquí en la forma de un poder soberano (kyrion), que aparece como aquello que mantiene unidas las dos caras de la política. ¿Pero por qué la política está escindida y en virtud de qué el kyrion articula, mientras la sutura, esta escisión?

El segundo pasaje se encuentra en El contrato social. En su curso de 1777-1778, “Seguridad, territorio, población”, Foucault había mostrado ya que en Rousseau se daba precisamente el problema de conciliar una terminología jurídico-constitucional (“contrato”, “voluntad general”, “soberanía”), con un “arte de gobierno”. Pero, en la perspectiva que nos interesa, la distinción y la articulación entre soberanía y gobierno, que está en la base del pensamiento político de Rousseau, es decisiva. “Ruego a mis lectores”, escribe en su artículo sobre la “Economía política”, “que distingan entre la economía pública de la que quiero hablar, y que llamo gobierno, de la autoridad suprema, que llamo soberanía; distinción que reside en el hecho de que uno tiene el derecho legislativo [...] mientras que el otro tiene el poder ejecutivo”. En El contrato social, la distinción es reafirmada como articulación entre voluntad general y poder legislativo por un lado, y gobierno y poder ejecutivo por el otro. Sin embargo, para Rousseau se trata precisamente de distinguir y de anudar a la vez estos dos elementos (es por esto que en el mismo momento en el que enuncia la distinción, debe negar enfáticamente que se trate de una división del soberano). Al igual que en Aristóteles, la soberanía, el kyrion, es a la vez uno de los términos de la distinción y lo que liga en un nudo indisoluble constitución y gobierno.

Si hoy asistimos al dominio aplastante del gobierno y de la economía sobre una soberanía popular que ha sido progresivamente vaciada de todo sentido, quizá sea que las democracias occidentales están pagando el precio de una herencia filosófica que habían asumido sin beneficio de inventario. El malentendido que consiste en concebir el gobierno como simple poder ejecutivo es uno de los errores más cargados de consecuencias en la historia de la política occidental. Ha desembocado en el hecho de que la reflexión política de la modernidad se extravía detrás de abstracciones vacías como la ley, la voluntad general y la soberanía popular, dejando sin respuesta el problema, decisivo desde cualquier punto de vista, del gobierno y su articulación con el soberano. He tratado de demostrar en un libro reciente que el misterio central de la política no es la soberanía sino el gobierno, no es Dios sino el ángel, no es el rey sino el ministro, no la ley sino la policía —o más precisamente, la doble máquina gubernamental que forman y mantienen en movimiento.

El sistema político occidental resulta del anudamiento de dos elementos heterogéneos, que se legitiman y se dan mutuamente consistencia: una racionalidad político-jurídica y una racionalidad económico-gubernamental, una “forma de constitución” y una “forma de gobierno”. ¿Por qué la politeia está presa en esta ambigüedad? ¿Qué es lo que da al soberano (al kyrion) el poder de garantizar y asegurar su unión legítima? ¿No se tratará de una ficción, destinada a disimular el hecho de que el centro de la máquina está vacío, de que no hay, entre los dos elementos y las dos racionalidades, ninguna articulación posible? ¿Y que es de su desarticulación de lo que se pretende precisamente hacer emerger ese ingobernable, que es a la vez la fuente y el punto de fuga de toda política?

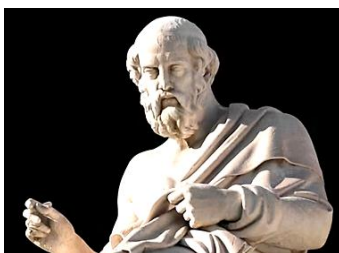
Es probable que mientras el pensamiento no se resuelva a medirse con ese nudo y con su anfibiología, cualquier discusión sobre la democracia — como forma de constitución y como técnica de gobierno— se arriesgará a volver a caer en la habladería.

## ¿Qué es el mito de la caverna de Platón?

Según Platón, uno de los mayores filósofos de todos los tiempos, el conocimiento terrenal no es más que una sombra.

Publicado por PABLO MORA  
Periodista científico

TOMADO DE: Muy Interesante – 12 de enero de 2024



¿QUÉ ES EL MITO DE LA CAVERNA DE PLATÓN? CRÉDITO FOTO: ISTOCK.

Imaginemos una caverna profunda, en la que desde el nacimiento, algunos individuos han estado encadenados de tal manera que solo pueden mirar hacia adelante. Detrás de ellos, una fuente de luz arroja sombras en la pared de la caverna. Los prisioneros, cuyos ojos están acostumbrados solo a la oscuridad, perciben estas sombras como la única realidad. La caverna, en su oscuridad limitada, constituye el único universo conocido para estos individuos.

Se trata del *mito de la caverna*, una alegoría célebre creada por el filósofo griego Platón en su obra '*La República*'. Este sabio utiliza el mito de la caverna, donde el conocimiento del mundo se limita a meras sombras de la realidad y de la verdad, para explicar su idea de un "mundo de formas perfectas", o ideas. Pero ¿en qué consiste exactamente este planteamiento?

En el mito, Platón describe cómo la realidad percibida por los prisioneros es simplemente la proyección de sombras en la pared de la caverna. Estas sombras son producidas por figuras que se interponen entre la fuente de luz y la pared, creando una ilusión que los prisioneros aceptan como la totalidad de su existencia. La caverna representa el mundo sensorial, donde nuestras percepciones limitadas y engañosas conforman nuestra comprensión de la realidad.

Sin embargo, Platón introduce un personaje que es liberado de las cadenas y es llevado fuera de la caverna hacia el mundo exterior. Inicialmente cegado por la luz del sol, este individuo experimenta un doloroso proceso de adaptación a una realidad mucho más rica y completa. Gradualmente, llega a comprender que las sombras en la caverna eran meras representaciones distorsionadas de la verdadera realidad fuera de ella.

Concretamente, la fuente de luz del sol simboliza, en la filosofía platónica, el mundo de las Ideas o Formas. Para Platón, este mundo es la verdadera realidad, donde las formas eternas de las cosas existen en su perfección. Las sombras en la caverna representan nuestras percepciones imperfectas del mundo sensible, mientras que el sol ilumina la verdad eterna y universal.

Ahora bien, después de haber experimentado la revelación del mundo exterior, el liberado se siente compelido a regresar a la caverna para soltar a sus compañeros prisioneros. Sin embargo, al intentar contarles sobre la realidad más amplia, encuentra resistencia y escepticismo. Aquellos que nunca han experimentado la luz del sol no pueden comprender fácilmente las afirmaciones del liberado. Lamentablemente, la oscuridad de la caverna y la comodidad de lo conocido son preferibles para aquellos que temen lo desconocido.

### LECCIONES FILOSÓFICAS

El *mito de la caverna* de Platón ha dejado una serie de lecciones filosóficas para la historia del pensamiento de la humanidad.

En primer lugar una de las claves la realidad más allá de las apariencias. Platón nos invita a mirar más allá de las apariencias superficiales y cuestionar la realidad que percibimos a través de nuestros sentidos. La verdadera realidad, según Platón, es accesible a través de la razón y la contemplación.

Por otra parte, el viaje del prisionero liberado simboliza el proceso de conocimiento y autoconciencia. El conocimiento genuino implica superar las limitaciones de las percepciones sensoriales y ascender hacia una comprensión más profunda y significativa.

Además, la reacción negativa de los prisioneros a las revelaciones del liberado refleja la resistencia humana al cambio y la comodidad en las zonas de confort, incluso si esas zonas son limitadas y engañosas.

Además, este referente del pensamiento pone en valor el papel del filósofo. Platón sugiere que el filósofo, como el liberado de la caverna, tiene la responsabilidad de compartir la verdad con aquellos que están atrapados en la ignorancia. Sin embargo, también reconoce que esta tarea es desafiante y puede encontrar resistencia.

El *mito de la caverna* se erige como una metáfora que ilumina la naturaleza de la realidad, el conocimiento y la búsqueda de la verdad. A través de sombras danzantes en una caverna, Platón ha legado a la historia de la humanidad una fascinante representación de la condición humana y la travesía hacia la comprensión plena.

En un mundo inundado de información visual y sensorial, la alegoría de Platón nos recuerda la importancia de cuestionar nuestras percepciones y buscar la verdad más allá de las apariencias. La metáfora de la caverna resuena en contextos que van desde la educación hasta la política, recordándonos que la búsqueda del conocimiento y la verdad requieren valentía y un deseo sincero de trascender las limitaciones autoimpuestas.

### UN LEGADO INSUPERABLE

A pesar de la gran cantidad de escritos que se atribuyen a Platón y que han llegado a nuestros días, se sabe muy poco de su vida. Nació en Atenas, en el seno de una familia noble hacia el 428 a.C. y le bautizaron como *Aristocles*, aunque recibió el apodo de Platón («el de espalda ancha»).

Aunque con toda probabilidad estaba destinado a una vida política, se convirtió en discípulo de **Sócrates**. Se cree que cuando condenaron a muerte a su mentor, Platón se sintió decepcionado con Atenas y abandonó la ciudad. Él transmitió para la posteridad lo que había aprendido de su maestro Sócrates, así que utilizó los métodos de este para explorar y explicar sus propias ideas.

Se sabe que viajó mucho y vivió por un tiempo en el sur de **Italia** y en Sicilia, antes de regresar a Atenas, donde, hacia el 385 a.C. fundó en Atenas la Academia (origen de la palabra «académico»), una escuela en la que dio a conocer sus teorías filosóficas y que dirigió hasta su muerte en el año 347 a.C.

La filosofía de Platón es una de las más importantes en la historia del pensamiento. Entre sus obras principales, destacan: *Apología de Sócrates*, *Critón*, *Gorgias*, *Hipias Mayor*, *Menón*, *Protágoras* (primeros diálogos); *Fedón*, *Fedro*, *la República*, *el Banquete* (diálogos intermedios); *Parménides*, *El sofista*, o *Teeteto* (diálogos finales).

### Referencias:

- Platón. '*La República*'. Gredos (c. 380-360 a.C.)
- VV.AA. '*El libro de la Filosofía*'. Akal (2015)



Venezuela, personajes, anécdotas e historia.

## 24 de julio de 1823: Batalla Naval del Lago de Maracaibo

Versión del artículo original de: EUMENES FUGUET ([Churugarero777@gmail.com](mailto:Churugarero777@gmail.com))  
TOMADO DE: El carabobeño.com



Después de la gloriosa batalla de Carabobo realizada el 24 de junio de 1821, hasta lograr la salida definitiva de las fuerzas realistas el 16 de noviembre de 1823, luego de la Toma de Puerto Cabello el 8 de noviembre, sucedieron unas sesenta acciones militares en Trujillo, Coro y Maracaibo. El almirante José Prudencio Padilla, natural de Río Hacha, Comandante General del Tercer Departamento de Marina y de la Escuadra de Operaciones, organizó la escuadra naval republicana en Los Taques-Paraguaná a partir de enero de 1823.

Mediante una arriesgada maniobra naval apoyándose del fuego de sus cañones, ingresó el 8 de mayo al lago por la Barra de Maracaibo; la goleta “Gran Bolívar”, quedó varada. El valeroso capitán francés Nicolás Joly, prefirió darle fuego e inmolarse antes de caer en manos enemigas, Padilla se ubicó en Punta de Palmas. El 16 de junio el coronel Manuel Manrique, Intendente y Comandante General del Zulia, reforzado con tropas de Padilla, desembarcadas cerca de Maracaibo, pudo derrotar al coronel realista Jaime Moreno y ocupar dicha ciudad.

El comandante naval de los realistas fue el experimentado capitán de navío Ángel Laborde, jefe naval de Puerto Cabello y segundo jefe de la armada española en costa firme, movilizó su flota desde Puerto Cabello el 1ro de julio hasta Los Taques, continuaría a Moporo arribando el 14 de julio. El capitán Laborde desde El Tablazo envía el 17 de julio con el alférez de fragata Pablo Yáñez una intimidación a Padilla fondeado en los Puertos de Altagracia, la respuesta negativa no se hizo esperar.

A partir del 21 de julio, las escuadras navales iniciaron maniobras de ataque, resultando fallidas por no contarse con el viento a favor. La flota de Laborde estaba integrada por quince embarcaciones de combate y diecisiete bajeles de poco calado, con mil seiscientos cuarenta y cinco efectivos; Padilla contaba con cinco bergantines (Independiente, Confianza, Gran Bolívar, Marte y Fama) y nueve goletas (Peacock, Leona, Aventina, Manuela, Chitty, María Manuela, Independencia, Emprendedora y Espartana), 624 marineros y 1073 infantes de marina.

El día 23 continuaron los intentos sin resultado. El 24 de julio en horas de la mañana, Padilla pasa revista al personal y embarcaciones, dispone que los combatientes se coloquen un brazalet negro en el lado izquierdo como identificación. A las dos y media de la tarde con viento en dirección noreste, levan anclas, iniciando en línea de combate la aproximación hacia el adversario que se mantiene cerca de Capitán Chico. A las cuatro de la tarde Padilla, a pesar de recibir fuego de la artillería y fusilería, esperó estar lo más cerca posible para ordenar a las tres y quince el abordaje, a través de la bandera respectiva colocada en el palo mayor del “Independiente”, buque insignia. A las 18.45 horas la Armada Republicana obtiene el éxito, donde destacó el capitán francés Renato Beluche segundo al mando.

Las pérdidas realistas son considerables: 433 bajas entre muertos y heridos y 420 prisioneros. Las bajas republicanas fueron de: 44 muertos y 119 heridos, atendidos en los Puertos de Altagracia. Laborde en la “Especuladora” se dirigió al castillo San Carlos, continuaría a Curazao y a La Habana. El general Francisco Tomás Morales, último capitán general en Venezuela, capituló el 3 de agosto ante Manrique en Maracaibo, retirándose el día 7, llevaba mil soldados a La Habana, vencidos más no humillados, con bandera izada y a tambor batiente.

Padilla firmó la Capitulación en los Puertos de Altagracia el día 4. En ambos lugares donde se firmaron las Capitulaciones, se encuentran las respectivas casas convertidas en museo. El Libertador en Perú, al conocer la noticia, denominó a Padilla “Gran Almirante de Colombia” y “el Valiente Nelson de Colombia”. Manrique es ascendido a general, lamentablemente falleció al poco tiempo. La brillante acción del 24 de julio, motivó a la designación de esta fecha Día de la Armada de Venezuela.

# GALERÍA



## Ola Bratteli

Nació el 24 de Octubre de 1946 y falleció el 8 de Febrero de 2015; ambos momentos en Oslo, Noruega.

**Ola Bratteli** fue hijo de *Trygve Martin Bratteli* (1910-1984) y *Randi Helene Larssen* (1924-2002). Trygve Bratteli fue un obrero de la construcción y carpintero que se convirtió en miembro de la resistencia activa durante la Segunda Guerra Mundial y fue arrestado por los alemanes en 1942. Estuvo recluido en campos de concentración alemanes hasta 1945. Se casó con la periodista Randi Helene Larssen, hija de los también miembros de la resistencia *Olav Larssen* y *Aslaug Rustad*, el 16 de abril de 1946. Trygve se convirtió en presidente de la Comisión de Defensa en 1946 y fue elegido al parlamento en mayo de 1950. Fue Ministro de Finanzas de noviembre de 1951 a enero de 1955, y de nuevo de diciembre de 1956 a abril de 1960. Luego fue Ministro de Transporte hasta enero de 1964. Ola tuvo una hermana, *Marianne Bratteli*, quien nació en 1951. Se es una artista que ha expuesto en muchas galerías alrededor del mundo.

Ola Bratteli se unió al *Framfylkingen* cuando era joven. Esta era una organización creada por el Partido Laborista Noruego en 1934 para que niños y adolescentes participaran en actividades socialistas al aire libre. La razón de la fundación de la organización fue, en primer lugar, porque los adultos del movimiento obrero no querían que los niños participaran en "organizaciones burguesas" como el movimiento scout, ya que creían que esto afectaría las actitudes de los niños cuando crecieran. En segundo lugar, querían crear una organización donde los niños pudieran tener un programa de recreación al aire libre como ingrediente importante en su formación. Muchos de los niños que Bratteli conoció a través del Framfylkingen se convirtieron en políticos, pero él dijo (referencia [5]):

*Rápidamente perdí el interés. La política consiste en tomar una decisión y terminar el caso. Realmente esto no me gustaba. Me preocupaba más entender las cosas.*

Asistió a la Escuela de la Catedral de Oslo y, después de graduarse, ingresó en la Universidad de Oslo para estudiar matemáticas. Se graduó con un título de *Candidatus magisterii* o *cand.mag* (Magister de Artes), todavía en uso, y continuó estudiando en la Universidad de Oslo para su grado de *Candidatus realium* o *cand.real* (el equivalente a un título de maestría en Matemáticas y en Ciencias Naturales, pero que en la actualidad ya no se otorga). Para este grado fue necesario escribir una disertación y se le asignó Erling Størmer como su tutor. Størmer (nacido en 1937) fue un matemático noruego que había estudiado su doctorado en la Universidad de Columbia en Nueva York, tutorado por Richard Kadison. Obtuvo el título en 1963 por su tesis *Point Measures in the Two-Sided Non-Commutative Integration Theory*. Størmer dijo (referencia [4]):

*Conocí a [Ola] por primera vez cuando estaba a punto de comenzar su tesis de posgrado. Entonces era un chico de pelo oscuro de aspecto saludable con una barba, quien a menudo realizaba travesías en esquí muy largas. De inmediato me pareció que era una persona muy eficiente que rápidamente había desarrollado una nueva teoría. Había aprendido mucho sobre el campo de los operadores del álgebra, en los que quería trabajar.*

Esta cita es de una versión de la charla que Størmer dio en una reunión para conmemorar a Ola Bratteli en 2015.

Bratteli dijo en una entrevista de 2008 (referencia [5]):

*Mi supervisor, Erling Størmer, me había dado la tarea de estudiar un objeto matemático de un tipo que no había sido analizado antes. Al principio luché un poco, pero luego fue muy rápido. Entregué el trabajo como una disertación para un cand.real, correspondiente a la tesis de maestría actual, y no pensé más en ello antes de que Erling llegara corriendo diciendo "Ola, hemos cometido un gran error. Esto debería haber sido para un doctorado".*

Bratteli publicó sus destacados resultados en *Inductive limits of finite dimensional C\*-algebras* (Límites inductivos de C\*-álgebras de dimensiones finitas) (1972). Él da el siguiente reconocimiento en el documento:

*Deseo dar las gracias a mi supervisor Erling Størmer. Sin sus muchas sugerencias útiles este trabajo no se podría haber hecho.*

Después de obtener su *cand.real*, Bratteli fue a los Estados Unidos para llevar a cabo investigaciones doctorales. Størmer le aconsejó que tomara este camino ya que él había hecho su doctorado en Nueva York. Uno de los compañeros de doctorado de Størmer en Nueva York había sido James Gilbert Glimm (nacido el 24 de marzo de 1934) quien en su momento tuvo a Richard Kadison como su tutor de tesis. Glimm había trabajado en álgebras de operadores y, de hecho, la disertación para *cand.real* de Bratteli era esencialmente una generalización de esta obra de Glimm. Después de trabajar en el Instituto Tecnológico de Massachusetts durante ocho años, Glimm había sido nombrado profesor en el Instituto Courant de Ciencias Matemáticas, dependiente de la Universidad de Nueva York, en 1968. Størmer había aconsejado a Bratteli que estudiara su doctorado con Glimm en Nueva York. Bratteli tenía otra razón para abandonar Noruega, a saber: su padre se había convertido en líder parlamentario del Partido Laborista Noruego en 1964 y luego, el 17 de marzo de 1971, nombrado Primer Ministro de Noruega; por lo tanto, ir al extranjero, dijo Bratteli, era una especie de escape ya que con su padre siendo Primer Ministro no había manera de que él pudiera vivir anónimamente en Noruega.

En muchos sentidos su tiempo con Glimm en Nueva York fue un gran éxito. Bratteli publicó *Conservation of estimates in quantum field theory* (Conservación de las estimaciones en la teoría del campo cuántico) (1972) en la que escribió:

*Doy las gracias a James Glimm por proponer el problema de este trabajo, y por el aliento y el valioso consejo durante su preparación, y agradezco a John Dimock por leer cuidadosamente el manuscrito.*

También publicó *Local norm convergence of states on the zero time Bose fields* (La convergencia de la norma local de los estados en los campos Bose de tiempo cero) (1974) en la que dio el siguiente reconocimiento:

*Deseo dar las gracias a James Glimm por proponer este trabajo y por hacer comentarios útiles. Esta investigación se llevó a cabo en el Instituto Courant de Ciencias Matemáticas de la Universidad de Nueva York, con el apoyo del Consejo Noruego de Investigación para la Ciencia y las Humanidades, de Noruega.*

Aun así, no estaba del todo satisfecho del tiempo que permaneció en Nueva York, aunque su pequeño apartamento en Greenwich Village, con vista a Washington Square, estaba a poca distancia de la Universidad de Nueva York. Dijo (referencia [5]):

*He perdido mucho tiempo en todo tipo de teatro y exposiciones. Fue un momento muy agradable. Desafortunadamente, la teoría del campo cuántico nunca se le atendió con mirada apropiada. El método que usamos no funcionó.*

No completó su doctorado en Nueva York, pero regresó a Noruega después de dos años. Størmer se sorprendió de cómo había cambiado Bratteli (referencia [4]):

*Además de sus estudios, Ola pasó mucho tiempo participando en la vida cultural de Nueva York y comiendo mucho. Durante estos dos años su apariencia cambió mucho; había perdido mucho pelo, su barba había desaparecido, y había engordado tanto que cuando me encontré con él años más tarde, no lo reconocí, así que me presenté creyéndole un desconocido.*

Bratteli obtuvo un doctorado en la Universidad de Oslo en 1974 por su tesis *Inductive limits of finite dimensional C\*-algebras* (Límites inductivos de C\*-álgebras de dimensiones finitas). Todavía interesado en trabajar en el extranjero, particularmente desde que su padre se había convertido en primer ministro noruego por segunda vez en 1973, fue al Centre de Physique Théorique en Marsella, Francia. Este Centro fue un lugar destacado para el estudio de la física cuántica a través del álgebra de operadores y se ajustaba precisamente a sus intereses. Se había establecido a principios de la década de 1960, cuando se fundó un grupo teórico en el campus de Saint-Charles en el centro de la ciudad de Marsella (Universidad de Provenza). Unos años más tarde, este grupo se estableció en el campus Joseph-Aiguier, y fue allí cuando Bratteli se unió a ellos después de obtener su doctorado. En 1978 el Centre de Physique Théorique se trasladó de nuevo, esta vez al campus de Luminy. Fue en el Centre de Physique Théorique que Bratteli conoció a Derek W. Robinson, un matemático británico, y se convirtieron en amigos y colaboradores cercanos. Robinson (nacido en 1935) había estudiado en la Universidad de Oxford y fue profesor en Marsella durante diez años desde alrededor de 1968. Hablando del Centre de Physique Théorique, Bratteli dijo (referencia [5]):

*Estos franceses siempre quisieron ir a París. Marsella no era exactamente un lugar académico, pero allí había un grupo de matemáticos altamente calificados. De hecho, pasé cuatro años juntos, divididos en varios períodos. ... Mi francés era básicamente un escándalo, pero me las arreglé para vivir en la vida cotidiana. Me pregunto si hay algo en lo que el pensamiento lógico utiliza la capacidad intelectual. Al menos me he dado cuenta de que algunos colegas tienen el mismo problema.*

Bratteli asistió a la *Conference on C\*-algebras and their Applications in Theoretical Physics* (Conferencia sobre C\*-álgebras y sus Aplicaciones en Física Teórica) celebrada en Roma del 13 al 18 de octubre de 1975 y publicó el artículo *Self-adjointness of unbounded derivations on C\*-algebras* (Auto-asociación de derivaciones ilimitadas sobre C\*-álgebras) en las Actas de la conferencia. Su primer artículo escrito conjuntamente con Derek W. Robinson fue *Green's functions, Hamiltonians and modular automorphisms* (Funciones de Green, Hamiltonianos y automorfismos modulares) (1976).

Además de realizar investigaciones en el Centre de Physique Théorique de Marsella, Bratteli también pasó tiempo en el Zentrum für interdisziplinäre Forschung de la Universidad de Bielefeld en Alemania.

En 1978 Derek Robinson se convirtió en profesor en la Universidad Nacional Australiana. Bratteli continuó colaborando con Robinson e hizo varios viajes a Australia. En uno de estos viajes se detuvo en Tailandia y conoció a Wasana en Bangkok, con quien más tarde se casó.

En 1980 Bratteli se convirtió en profesor de la Universidad Noruega de Tecnología en Trondheim. Permaneció allí hasta 1991 cuando se trasladó a Oslo para convertirse en profesor en la Universidad de Oslo. Su historial de publicación desde su época en Trondheim hasta 2008 fue notable.

En parte se produjo porque cada verano, y a veces también en las vacaciones de Navidad, iba a visitar a otros matemáticos y pasaba su tiempo en la investigación terminando con muchos artículos con él como único autor. De hecho, el último de estos artículos escritos por Bratteli fue un artículo de conferencia publicado en 1988, y tuvo alrededor de 50 obras escritas en colaboración en los siguientes 20 años.

En 1980, en colaboración con Derek Robinson, publicó *Operator algebras and quantum statistical mechanics, Volumes I and II* (Álgebras de operadores y mecánica estadística cuántica. Volúmenes I y II). De alguna manera Bratteli lo consideró su mayor logro (referencia [5]):

*Ese libro es una de las cosas de las que estoy más orgulloso. No sólo se ha convertido en el libro de texto más citado sobre el tema, sino que también contiene trabajo original. Por ejemplo, el libro contiene una explicación del fenómeno del magnetismo, utilizando el análisis matemático.*

S. Sakai, en la reseña de este libro, escribió (referencia [3]):

*En el libro revisado, los autores describen la teoría elemental del álgebra de operadores y partes de la teoría avanzada actualizada que son de relevancia para la física matemática. Posteriormente describen varias aplicaciones a la mecánica estadística. La selección de temas de la teoría avanzada en este libro es razonable, aunque se inclina un poco hacia las direcciones de investigación y los gustos de los autores. La lista de referencia no está completa, por lo que las referencias sobre el fondo histórico en algunas secciones no son suficientes. Sin embargo, estas críticas menores son insignificantes. En general, los autores han hecho excelentemente el difícil trabajo de exponer la materia que es una mezcla de teoría estándar y nuevo trabajo de investigación que no ha aparecido previamente en forma de libro. Es un buen libro de texto para matemáticos y físicos que quieren aprender la física  $C^*$ -cuántica.*

Bratteli escribió varios libros más. Por ejemplo, fue coautor de *Wavelets through a looking glass* (Paso de ondas a través de un espejo) (2002) con Palle Jorgensen. Gilbert Walter escribe en una reseña:

*En los últimos años, una plétora de libros sobre ondas ha aparecido. La mayoría han sido variaciones sobre los mismos temas que fueron cubiertos con cierto detalle por Daubechies en 1992 y por Meyer en 1990. Así que esperaba más de lo mismo en este libro. Pero es diferente, muy diferente. Una diferencia es su punto de vista que deriva más de la física matemática que del procesamiento de señales. Esto permite a los autores echar un nuevo vistazo al tema y desarrollar una nueva intuición para muchos temas. En particular, hacen un uso más extenso de la teoría espectral de lo habitual en el sujeto. El libro también tiene una serie de aspectos inusuales en su organización. Cada uno de los seis capítulos comienza con una viñeta relativamente intuitiva que está escrita en un estilo más pausado que en otras partes del libro. Estas secciones le dan al libro gran parte de su sabor; se titulan respectivamente: "Overture: why wavelets", "The dangers of navigating the landscape of wavelets", "The world of the spectrum", "A slanted matrix from dynamics", "The fine structure of correlation", y "The other side of wavelets". Cada uno presenta una introducción a los temas del capítulo y explica por qué se discuten y de dónde provienen.*

Se aprende algo del carácter de Bratteli al leer la descripción de su habitación dada por su entrevistador en la referencia [5]:

*Ola Bratteli es un hombre muy modesto. Aun así, nos deja entrar en la sala de estar más interior, donde las cortinas delgadas atenúan la luz antes de que caiga sobre el arte y las antigüedades de todas partes del mundo. "Las cuatro estaciones" vienen de Shanghai", me dice, "me gustó la sensibilidad de la artista femenina, aunque no es fácil decir cómo es esa temporada. La imagen abstracta que compré a un artista local cuando vivía en Marsella. Marianne, mi hermana menor, que es pintora, no puede soportarlo. El Premio Möbius del Consejo de Investigación de Noruega, que Ola Bratteli y Erling Størmer compartieron en 2004 por una investigación sobresaliente en el campo del álgebra de operadores, lucha por la atención de uno con las cajas de joyería rusas y las figuras del Buda tailandés. Le pregunto por el busto en la esquina. "Es mi padre, Nils Aas lo hizo", me dice, "lo heredé cuando mamá murió. Mi padre fue primer ministro de Noruega en los años setenta, sí, pero ¿usted cómo lo podría saber?".*

Bratteli recibió varios premios por su destacada investigación. Por ejemplo, recibió: La beca Profesor Ingerid Dal y Hermana Ulrikke Greve Dal de apoyo a la investigación humanística en 2001; El premio de la Fundación Nansen a la investigación sobresaliente de la Academia Noruega de Ciencias en 2004; y El Premio del Consejo de Investigación de Noruega, el Premio Möbius, por su destacada investigación en 2004. Este último premio mencionado lo compartió con Erling Størmer.

## Referencias.-

### Artículos:

1. T Digernes, E Størmer and C F Skau, Nekrolog: Ola Bratteli, *Aftenposten* (12 February 2015). <https://www.aftenposten.no/personalia/i/xRVy8/Nekrolog-Ola-Bratteli>
2. L Lindstrøm, Ola Bratteli, *Store norske leksikon* (3 March 2015), <https://snl.no/Ola-Bratteli>
3. S Sakai, Review: Operator algebras and quantum statistical mechanics, Volumes I and II, by Ola Bratelli and Derek W Robinson, *Bull. Amer. Math. Soc.* 7 (2) (1982), 425-427.
4. E Størmer, Minnetale over Professor Ola Bratteli holdt på møte 11. juni 2015. <https://docplayer.me/24716764-Minnetale-over-professor-ola-bratteli-holdt-pa-mote-11-juni-av-professor-erling-stormer.html>
5. K Tveito, Statsministerens sønn, *Apollon* (2008). <https://www.apollon.uio.no/portretter/2008/bratteli.html>



# 14 de febrero: Día del amor y la amistad. Reflexiones.

Por: Euclides Querales

Docente Facultad de Ingeniería - UC

Recibido vía Facebook

Para mis amigos que algunas veces me leen: solo que no quería escribir así como los pintores se esconden para pintar, los poetas para escribir, yo quería seguir fingiendo que estaba escondido y que no quería salir.

Los recuerdos llenos de nostalgia por las alegrías y tristezas de estos momentos me duele y duro ver las despedidas de nuestros seres queridos que hoy lloramos sus ausencias, que las distancias largas o cortas nos impiden despedir físicamente por dos razones fundamentales: y vaya mis disculpas, por esta palabra poco usual en mi boca, esta maldita pandemia por la forzada no menos parecida a la Covid, como lo es la migración, que le sirve al régimen para justificar el encierro en el cual nos mantiene en esta tragedia de 22 años.

A mi madre a sus 45 años, cuando voló a la eternidad. Hace también 40 años, la despedimos entre llanto dolor y tristeza en medio de una multitud, a su nieto estas circunstancias narradas su madre y sus amigos sufrieron tres días interminables y con la discreción que impone el virus lo esperaron en largo viaje desde Valencia, hasta Maracaibo para poderle decir adiós.

Cuando narro estas vivencias miro hacia atrás en mis recuerdos, cualquier canción pero una de nuestro cantautor Reynaldo Armas cuando saltaba a la fama "Laguna Vieja", su vigencia, en ese pedazo guariqueño de su inspiración, no menos referencial: "Casas Muertas" de Miguel Otero Silva, "Cien años de soledad" de García Márquez pero hablar de la muerte que es una de las cosas que hoy se viven con la impotencia como la que se vivía en Cómala, aquel pueblo que era todo México en la novela de Juan Rulfo, "Pedro Páramo" allá por 1955, cuando la escribió y uno de sus personajes se expresaba justificando las ausencias de esas despedidas tan duras, pero también de protocolos donde la gente acude a las despedidas con mucha solemnidad para dar el pésame, creo que entre Dorotea a quien ya el cura de Cómala o de Coyula que era el mismo no quería confesar más hablaban frente a la madre muerta y estaba Justina a quien la amiga le decía "te acuerdas Justina cuando murió mi madre nadie vino a verla, así fue mejor. La muerte no es un bien. Nadie anda en busca de tristezas".

Cuando digo esto rememoro también a Walter Benjamín y su nostalgia cuando hablaba del "aura de la obra de arte" por lejana que pareciera, quiero cerrar con Antonio Machado, el gran poeta español y sus pesares tan duros que me dan en el alma, allá donde no se ve pero duele: por los niños, los hermanos, los amigos, los que más sufren y lloran en silencio padres, abuelos y ese testigo mudo que espera que algún día le paguen los hijos que una vez acogió e hizo suyos que se llama (Venezuela y tiene nombre de mujer).

Es dura nuestra realidad como la de este poeta y su momento, en aquella dictadura española, donde ser intelectual era un pecado.

## Recuerdo infantil

*"Una tarde parda y fría de invierno los colegiales estudian monotonía de lluvia tras los cristales.*

*Es la clase. En un cartel se representa a Caín fugitivo y muerto Abel junto a una mancha carmín.*

*Con timbre sonoro y hueco truena el maestro anciano mal vestido, enjusto.*

*Y seco que lleva un libro en la mano.*

*Y todo un coro infantil va cantando la lección: mil veces, mil un millón.*

*Una tarde y fría de invierno. Los colegiales estudian monotonía de la lluvia en los cristales".*

*El viajero*

*"Está en la sala familiar, sombría y entre nosotros; el querido hermano que en el sueño infantil de un claro día vimos partir hacia un país lejano.*

*Hoy tiene las sienes plateadas, un gris mechón sobre su angosta frente y la fría inquietud de sus miras revela casi toda ausente.*

*Deshojándose las copas otoñales del parque nuestro viejo.*

*La tarde, tras los húmedos cristales, se pinta y el fondo del espejo el rostro del hermano se ilumina ausente ¿floridos desengaños dorados por la tarde que declina?*

*¿Ansias vida nueva en nuevos años?*

*¿Lamentará la juventud perdida? Lejos quedó la pobre loba muerta ¿la blanca juventud nunca vivida, teme que ha de cantar ante a su puerta?*

*¿Sería el sol de oro de la tierra un sueño no encontrada, y ve en su nave hender el mar sonoro de viento y luz la blanca vela henchida?*

*Él ha visto las hojas otoñales, amarillas, rodar las olorosas ramas de los eucaliptos, los rosales que enseñan otra vez sus blancas rosas...*

*Y este dolor que añora o desconfía el temblor de una lágrima reprime, y un resto de viril hipocresía en el pálido semblante se imprime. Serio retrato en la pared clarea todavía nosotros divagamos.*

*En la tristeza del hogar golpea, el tic tac del reloj.*

*Todos callamos.*

*He andado muchos caminos.*

*He abierto muchas veredas, he navegado en cien mares y he atracado en cien riberas, en todas partes he visto cavernas de tristezas, soberbios y melancólicos borrachos de sombra negra, y pedantes al paño que miran callan y piensan, que saben, porque no beben el vino de las tabernas. Mala gente que caminan y apestando a la tierra...*

*Y en todas partes he visto que danzan o juegan cuando pueden y laboran cuatro palmos de tierra. Nunca llegan a un sitio a preguntar adonde llegan.*

*Cuando caminan a lomos de mula vieja y no conocen la prisa ni aun en los días de fiesta.*

*Donde hay vino beben vino, donde no hay vino agua fresca.*

*Son buenas gentes que viven, laboran y sueñan y en tantos descansan bajo la tierra".*



## Arendt y Heidegger (o la oscuridad del amor).

La relación entre ambos filósofos, dos de los más influyentes del siglo XX, se mantuvo a lo largo de toda su vida y trascendió la dimensión intelectual. Tampoco fue la única relación compleja entre filósofos que sigue sorprendiendo a los estudiosos de la disciplina.

Por DAVID LORENZO CARDIEL - @davidlorcardiel

TOMADO DE: ethic – 7 de Julio de 2023



CRÉDITO FOTO: BARBARA NIGGL RADLOF.

«Solo hay sombras donde brilla el sol. Y ese es el fondo de tu alma». Con estas palabras se dirigió Martin Heidegger a **Hannah Arendt** en una de las muchas cartas que atestiguan la correspondencia que mantuvieron durante décadas. Ambos filósofos podrían parecer polos opuestos. El pensamiento de ambos autores enfrentó dos posturas irreconciliables. Heidegger fue pangermanista y defensor de, al menos, ciertos rasgos del nacionalsocialismo. Arendt, por su parte, se opuso con fiereza al nazismo y estudió a fondo la cuestión del mal y su génesis.

Las desavenencias en el pensamiento de ambos, sin embargo, no impidieron su particular relación personal, un vínculo que llegó a trascender la camaradería intelectual.

### ALFA Y OMEGA DE UNA PASIÓN

Una joven Hannah Arendt de apenas 18 años acababa de llegar a Marburgo para estudiar en la universidad. Comenzó a recibir clases de, entre otros profesores, dos de los más destacados pensadores de la Alemania de 1924: Nicolai Hartmann y Martin Heidegger. El fenomenólogo gozaba ya por aquel entonces de una creciente fama: aún no había publicado *Ser y tiempo*, la obra que lo situaría a la vanguardia del pensamiento europeo, pero su trabajo había recibido una importante acogida intelectual. Arendt pronto destacó por su inteligencia desbordante, lo que permitió que ambos tejiesen una intensa relación, intelectual primero, y sentimentalmente –aunque brevemente– después.

El orden correcto para describir la muy peculiar relación de ambos fue, precisamente, la capacidad que tuvieron para oscilar entre la discusión filosófica y el amor que mantuvieron el uno por el otro hasta el final de sus días. Arendt fue crítica con su querido maestro. Combatiente del régimen nazi, opuso resistencia desde su filosofía política a las ideas de Heidegger, defensor, en gran medida, de las ideas del partido nacionalsocialista alemán. Mientras la filósofa hizo su vida en un país que comenzaba a quebrarse ante sus ojos, Heidegger recibía honores y respetos por parte de un partido al que no dudó en adscribirse desde 1933. En sus diarios, el alemán dejó bien claro que incluso el asesinato en masa de judíos y otras etnias no le parecía algo escalofriante, pues en China eran miles de personas las que cada día morían de hambre. Su amada Hannah, en cambio, fue detenida por la Gestapo en la Francia ocupada por su condición de judía, si bien logró escapar y huir hasta Estados Unidos a través de Lisboa. La correspondencia entre ambos no se reanudó hasta 1950, cuando Arendt regresó a Europa.

La filósofa alemana fue tajante a la hora de dialogar con el pensamiento de metafísico. Atacó con fiereza alguna de sus ideas, que tachó de nihilistas. La idea de una *nada*, a merced de las influencias budistas y taoístas de las que el erudito se había nutrido, fueron material suficiente para desarticular su noción del *Dasein* [aproximadamente, «existencia» o «ser-ahí»]. Sin embargo, en el aspecto personal, Arendt se comportó de una manera muy distinta. Tan diferente que, teniendo en cuenta la investigación de la pensadora de Hannover, ha sido señalada por diferentes autores posteriores como un incomprensible blanqueamiento del nazismo que Heidegger manifestó.

Quizá la más curiosa controversia de Arendt le afectó a sí misma. En 1937, el gobierno de Adolf Hitler le retiró la nacionalidad a la teórica política. Ya en Estados Unidos, en 1959, intervino en el debate sobre Little Rock criticando los movimientos de derechos civiles contra las Leyes Jim Crow, que fueron una evidente inspiración para las decisiones raciales que tomaron los nazis. De igual manera, sembró la polémica en su crítica sistemática a la democracia representativa prefiriendo, en todo caso, una democracia directa, al estilo de la ateniense, también más transversal hacia el conjunto de la población que el modelo clásico griego.

En esta línea, cuando Heidegger fue reprendido y juzgado intelectualmente por su pertenencia ideológica al nazismo, Arendt perteneció al pequeño grupo que lo juzgó. Por ejemplo, en su investigación sobre el origen y manifestación del mal en el juicio a Adolf Eichmann, determinó la idea de la «banalidad del mal» que, en resumen, significa que la participación en un acto dañino más extenso puede no ser consciente y seguir criterios de conducta grupal, burocráticos o de cadena de mando. Una observación real, pero que, de alguna manera, servía para disculpar a personas que sí eran muy conscientes de las consecuencias de sus actos, incluso de su rol en la misma cadena considerada parte del problema. Así lo expone el escritor francés Emmanuel Faye en su ensayo *Arendt y Heidegger: el exterminio nazi y la destrucción del pensamiento* o en el libro *Hannah Arendt y el siglo XX*. Martin Heidegger y Hannah Arendt se amaron y admiraron a pesar de las mutuas decisiones, de la distancia y de sus matrimonios. Filosofía y biografía, que siempre caminan de la mano, mezclaron bruscamente sus caminos en multitud de planteamientos, en especial en los de ella. Sólo la muerte, que les llegó con apenas un año de diferencia, les separó (o les unió) definitivamente.

### OTROS CASOS DESTACABLES

Pero la muy compleja relación intelectual entre Hannah Arendt y Martin Heidegger fue una de las muchas que han sucedido a lo largo de la historia. Una de las más antiguas de todas relaciona a Sócrates con Diotima, una desconocida sacerdotisa y filósofa de la que Platón describe un esbozo de su pensamiento en su diálogo *Banquete*. El personaje de Sócrates afirma que **Diotima** fue su maestra en las cuestiones del amor, con la extensión posible en significado de esta afirmación. A partir de ese momento, la influencia de una mujer de la que desconocemos si su existencia fue o no real se muestra absoluta: Sócrates adoptó como suyas la mirada de la filósofa sobre el *eros* y la *filia*.

Caso semejante fue el estrecho vínculo que fraguaron Marie de Gournay y Michel de Montaigne en el siglo XVI. Ambos quedaron deslumbrados de su sapiencia y pronto se convirtieron en amigos y confidentes. Gournay fue una de las más influyentes defensoras del igual rol de la mujer en la sociedad de su tiempo. Montaigne, el padre del moderno género del ensayo y humanista ferviente, se alzó como uno de los principales filósofos franceses de su tiempo. En su testamento dejó su obra en la mano de Gournay, y no de su esposa e hija, afirmando que ella era la única capacitada para comprender y gestionar su legado.

En España también tuvimos un caso paradigmático, el de José Ortega y Gasset y su discípula, María Zambrano. Aunque esta relación nunca sobrepasó los límites de la admiración académica, la influencia del pensamiento orteguiano es evidente en la obra de la malagueña. De alguna manera, Ortega hubiese tenido el interés en que Zambrano fuese una brillante continuadora de su pensamiento, algo en lo que la filósofa tuvo muy claro desde el principio que no iba a convertirse, defendiendo siempre posiciones originales e independientes.