

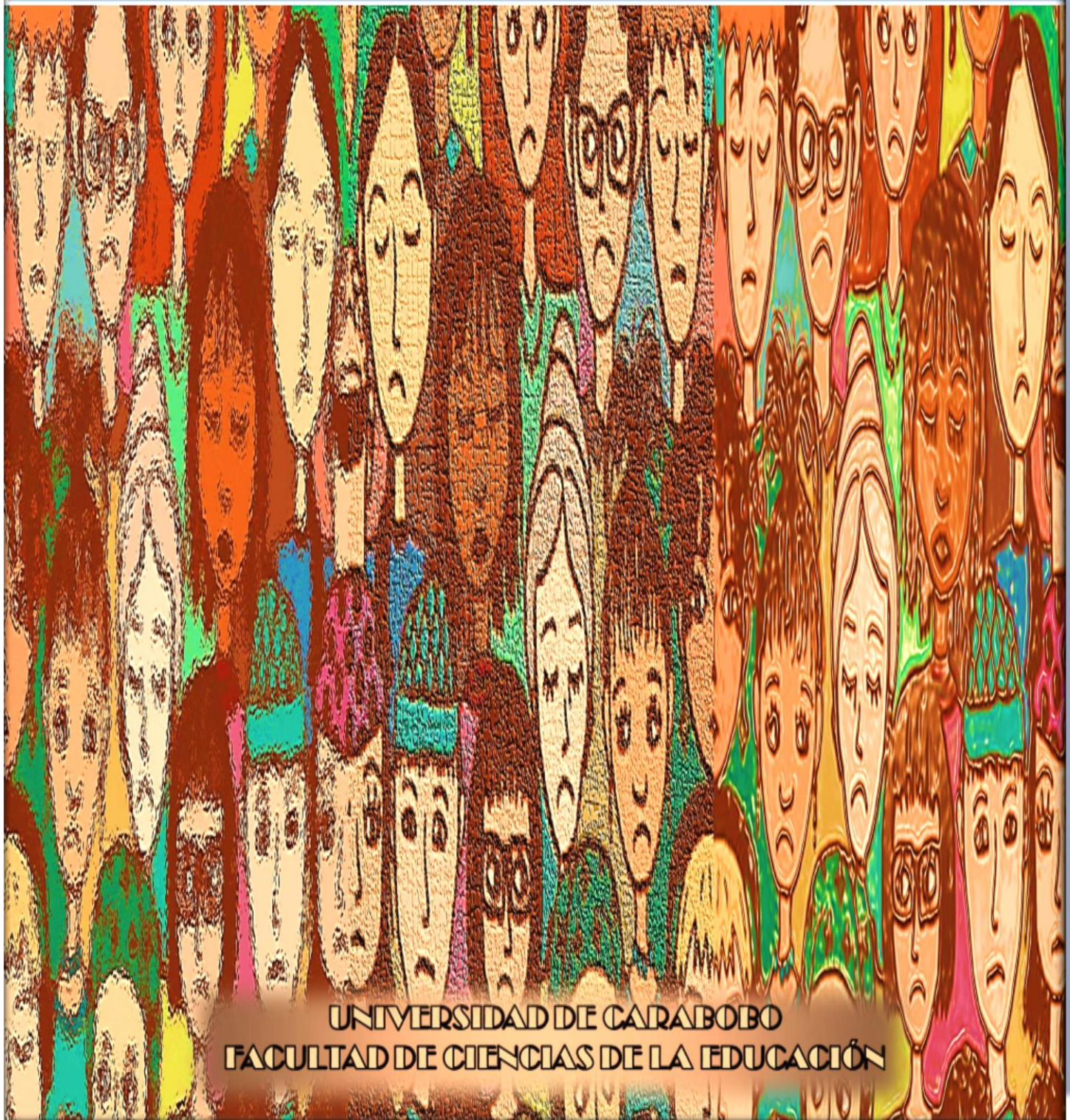
# HOMOTECIA



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](mailto:homotecia2002@gmail.com) - Nº 11 – AÑO 23 Valencia, Lunes 3 de Noviembre de 2025



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



# HOMOTECIA

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA - FACE - UC



CÁTEDRA DE CÁLCULO

## Índice

Editorial.....	1-5
Grandes Matemáticos: WILHELM SCHICKARD.....	6-7
El caso de los 14 pentágonos que embaldosan un espacio infinito. Por PEDRO ALEGRÍA.....	8
AVANCES TECNOLÓGICOS. Una inteligencia artificial refuta cinco conjeturas matemáticas sin ayuda humana. Versión del artículo original de MAYTE RIUS.....	9
¿Qué es un teorema matemático? Por EUGENIO M. FERNÁNDEZ AGUILAR.....	10-11
LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 54): La solución de Schwarzschild (II). Publicado por: ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ.....	12-20
La visión de Asimov es más que ciencia ficción. Versión del artículo original de PEGGY HOLLINGER.....	21
Albert Einstein: Más allá del científico. Versión del artículo original de DORY GASCUEÑA.....	22-25
El gato de Schrödinger puede convertirse en un elefante: Estaría vivo y muerto a la vez. Versión del artículo original de EDUARDO MARTÍNEZ DE LA FE.....	26
La vida solo existe de este lado del espejo. Versión del artículo original de EVA VILLAVER.....	27
El tiempo iba cinco veces más despacio en el universo primitivo. Por SARAH ROMERO.....	28
La física del tiempo: ¿Es el tiempo una ilusión o una dimensión fundamental de nuestra realidad? Por FRANCISCO MARÍA.....	29
De la cuántica a la clásica. Por ENRIQUE F. BORJA.....	30-31
El vacío lleno de cuántica. Por FRANCISCO VILLATORO.....	32-33
Primeros pasos hacia un cerebro cuántico.....	34
¿Puede explicarse el cerebro humano usando física cuántica? Por PHILLIP BALL.....	35-37
La física cuántica tiene la respuesta: ¿Qué vino primero, el huevo o la gallina?.....	38-39
Qué es y cómo se está creando la internet cuántica del futuro, en la que la información viajará a la velocidad de la luz. Versión del artículo original de MARY-ANN RUSSON.....	40-41
Investigadores descubren un nuevo tipo de ordenador cuántico basado en ondas de sonido. Por CAROLINA GONZÁLEZ VALENZUELA.....	42
Pasado, presente y futuro de la fusión nuclear: Un experto nos habla sobre este hito de la ciencia. Versión del artículo original de AZUCENA MARTÍN.....	43-46
El hito de la fusión nuclear: "Con la batería de un teléfono móvil tendremos toda la energía que consumirá una persona durante 30 años". Versión del artículo original de JACOBO ALCUTÉN.....	47
Chicxulub, el cráter bajo el Golfo de México: Esconde las claves sobre el origen de la vida. Por PAUL RINCÓN.....	48-49
El meteorito que trajo a la Tierra diamantes de un planeta perdido.....	50
La inagotable riqueza de los volcanes. Versión del artículo original de LAURA CHAPARRO.....	51-52
La sonda 'InSight' detecta 174 terremotos en Marte en un año. Versión del artículo original de DANIEL MEDIAVILLA.....	53
Crónica del día del apocalipsis: Así murieron los dinosaurios. Versión del artículo original de JAVIER YANÉS.....	54-55
Lactómeda: el futuro de la humanidad. Por PATRICIA SÁNCHEZ BLÁZQUEZ y PABLO G. PÉREZ GONZÁLEZ.....	56
Robots más humanos y sociales. El gran reto de la inteligencia artificial. Por FRANCESCO RODELLA.....	57-59
Science Matters: cuestiones de ciencia y humanidades. Versión del artículo original de ARANTXA SERANTES.....	60-61
La ciencia ante un par de "contrabandos ideológicos". Por Dr. ALEXANDER MORENO.....	62
Cuidado con aprender la desesperanza... Por: HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ, Ph.D.....	63
Versiones de artículos originales de Dr. EDGAR REDONDO: ... Tendemos a creer que el futuro se parecerá al pasado.....	64
Michio Kaku: Alucinantes predicciones sobre el futuro.....	65
Elementos de psicología que influenciaron el modo de pensar en el siglo XX. ¿Es el amor un arte? Por: ERICH FROMM.....	66-67
ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (XXX).....	68
Venezuela, personajes, anécdotas e historia. BRAULIO SALAZAR. Artista plástico y docente.....	69-71
Galería: MAGNUS JOSEPH WENNINGER.....	72-74

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 11 - AÑO 23 - Valencia, Lunes 3 de Noviembre de 2025

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.

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

**Sistema educativo nacional venezolano: tiempo de cambios.** *Venezuela es tercermundista de origen*, es decir desde los inicios de la conquista y colonización de su territorio por la acción imperialista de la corona española hasta nuestros días, aun posterior a la independencia de Venezuela de España. Quizás el único momento en el que no lo ha sido es en la época que se acostumbra llamar precolombina, situación solo presumible porque no se puede determinar ni verificar que en esa etapa su territorio haya sufrido un proceso de dominación y sumisión llevada a cabo por algún pueblo con actitud y capacidad bélica, aun identificado como un pueblo autóctono de la región hoy considerada suramericana, tal como los Incas hicieron al someter y dominar a muchos de los pueblos de la región para formar su imperio.

Consolidada la etapa colonial en Venezuela, su economía aun típica de la época evidenciaba rasgos pre-capitalistas: basada casi exclusivamente en la agricultura y cría (esto último referido a aves, ganado y productos del mar), minería en mediana escala, y a productos de manufactura artesanal. Al igual que en todas las colonias españolas de aquellos tiempos, apartando para el consumo interno lo destinado al sustento y la alimentación de la población, todo lo representado por productos no perecederos y factibles de procesos de conservación que podían exportarse en las embarcaciones que en la época hacían la travesía de ultramar, era obligado negociarlo totalmente con la corona española pero en las condiciones que esta establecía. Solo bajo autorización de los representantes gubernamentales locales de la corona se podía negociar, mayormente representado por el intercambio de productos necesarios no producidos en el territorio y solamente comercializados con las otras colonias españolas de la región.

El hecho que la corona española organizara sus colonias suramericanas en virreinos, caracterizó no solo la organización social de estas, sino que la oligarquía dominante posiblemente, consciente o no, auto manipuló su propio pensamiento creando en su *imaginario colectivo* el no considerarse un pueblo colonizado sino parte de la población imperial pero con mayor significado que ser una población satélite (o adjunta) a la que habitaba la metrópolis española, porque lo reconociera o no, le era muy conveniente para construir una cultura de élite local, con costumbres si no similares a los miembros de la corte imperial por lo menos similares a las de la aristocracia metropolitana. Es por ello que todavía hay naciones, incluso hasta en los años iniciales de las tres últimas décadas del siglo XX en Venezuela, donde en algunas empresas propiedad de quienes pueden ser llamados miembros de la oligarquía criolla, los empleados de mayor edad presentaban una alienación tal, que se detenían o ponían de pie, bajaban la cabeza y miraban al suelo para dirigir el saludo cuando alguno de estos dueños pasaba cerca de ellos. O un caso que observamos en Lima, Perú, en años recientes: por la acera de una calle caminaba una señora de aspecto distinguido, acompañada de una mujer indígena de apariencia humilde y que aparentemente estaba a su servicio; el hecho es que esta mujer humilde protegía a la señora de los efectos de los rayos del Sol tapándola con una sombrilla, de la misma manera como lo hacían a sus patronas en la colonia los sirvientes, en el caso Venezuela, de los mantuanos.

Lo anterior significa que el acto volitivo de la oligarquía criolla de identificarse con la aristocracia de la metrópolis trascendió en el tiempo y aun conseguida la independencia, muchos rasgos culturales de esa época conformaron perennemente una huella ancestral que en cierto grado se encuentra presente en la idiosincrasia de la población venezolana actual. Todo esto da a entender que posiblemente las razones que movieron el proceso independentista suramericano, más allá de la motivación de un sentimiento de ser ciudadanos libres, tendría que ver más con liberarse de la tiranía comercial de la corona española que impedían a las oligarquías coloniales poder disfrutar de los beneficios de sus recursos, situación que todavía en cierto grado, puede observarse en pleno siglo XXI con España y que algunos califican de *intento de neocolonización* cuando invierten grandes capitales en sus ex colonias, pero estando de por medio la condición de obtener beneficios siempre mejorables, considerando posiblemente en lo mínimo si estas ex colonias se benefician o no. (Galeano, 2000). Probablemente la razón económica como uno de los motivos de iniciar un proceso independentista sea cierto, esto porque durante los inestables periodos donde se sucedían república tras república hasta conseguir Venezuela su total independencia, lo más notorio fue la realización de actividades comerciales no solamente con las otras colonias también en procesos independentistas, sino igualmente con naciones fuera del entorno del dominio imperial español.

La motivación de un sentimiento de ser ciudadanos libres posiblemente quedó más como una aspiración no muy bien definida dentro de este proceso independentista para las clases inferiores (ubicándose en estas, por ejemplo, empleados de bajo perfil, orfebres, artesanos, labriegos, sirvientes, indígenas, esclavos, citando algunas de ellas). El hecho está que a pesar de más de trescientos años de ser una colonia española en desventaja, fue muy significativo el número de regiones del territorio que se opusieron a la independencia. Preferían seguir colonizadas.

Pero, durante este periodo... ¿qué pasaba con la educación? No se puede negar que siendo un proceso social, la educación se inicia en una nación con la implementación básica de un sistema elemental para la transmisión de saberes y tradiciones, y se consolida como tal sistema cuando se convierte no solo en transmisor sino también en productor de conocimientos y tecnología. El sistema productivo que prevalecía en la economía de la Venezuela colonia española, si se compara con los procesos de producción actuales, se caracterizaba por lo rudimentario. Con esto lo que queremos afirmar es que las personas que trabajaban en los mismos no necesitaban de una formación especializada sino que incorporados a estos procesos, el hábito de la práctica diaria los hacía satisfactoriamente eficientes para estas labores.

En consecuencia, ¿Necesitaban leer? ¿Necesitaban escribir? Evidentemente no. Debemos pensar que la mayoría de este personal era analfabeto y si alguno había superado esta condición, era porque sus patronos así lo necesitaban, ya sea para que fueran intermediarios informativos o para que conocieran de cálculos matemáticos contables necesarios para la actividad comercial. En otras palabras, difícil en esta época encontrar una institución formal para la instrucción de este sector de población. Si esta instrucción ocurría, lo más probable es que la realizaran los propios patronos y en el interior de sus residencias.

La situación cambiaba para los ciudadanos pertenecientes a las clases dominantes. Existían para ellos escuelas donde aprendían a leer y a escribir, matemática elemental y comercial, filosofía y letras, y hasta latín, muy acostumbrado en aquella época. También había instituciones para estudios más avanzados para formarse en leyes, filosofía y letras entre otras, también para formarse como militares y como religiosos (hombres y mujeres). Si alguien aspiraba ser ingeniero o médico, tenía más oportunidad de hacerlo en Europa y luego regresar al país. Con el tiempo esto fue cambiando a medida que se crearon universidades en la nación.

Cita R. Ascanio H. (Docente FACE-UC) en su tesis doctoral (2011):

“El proceso independentista venezolano también afectó las instancias culturales del país. Una inestabilidad política, producto de la acción guerrera de ambos bandos involucrados, impidió durante el transcurso de este proceso un desarrollo cultural de mejor nivel de la población venezolana. Puede decirse que la práctica cultural se limitó a mantener lo que existía o a que muchos de los logros conseguidos previamente, se fueran perdiendo al cerrarse espacios y condiciones.

Lograda la independencia, Venezuela comienza un nuevo camino signado por ideales contextualizados en la modernidad y liderado por quienes condujeron el proceso emancipador, pero la apertura a procesos culturales que puedan calificarse de avanzada, no ocurre inmediatamente sino años después, cuando se sucede el boom petrolero, y esto le permite al país una apertura al mundo de vanguardia, al contacto más fluido con otras naciones y otras culturas, se hace más cosmopolita. Venezuela comienza desde esta época un desarrollo cultural, donde se mezclan elementos y valores de una cultura considerada típica con otros provenientes de estructuras sociales foráneas. Socialmente se hace poblacionalmente más homogénea a medida que se fortalece su sistema de gobierno en la vía hacia procesos democráticos, donde la promulgación de leyes va cohesionando políticamente el territorio nacional”. (Pp. 206-207).

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

De hecho, en esta Venezuela independizada la cultura, como dimensión social, se presenta de dos maneras: una, a la que se puede calificar de élite que se identifica con lo mejor de la vanguardia cultural mundial y globalizada, promovida por los organismos de gobiernos a los que les compete este tipo de actividades, por organizaciones particulares promotoras de las mismas, o por individualidades dedicadas a ellas, dándose que grupos significativos de la población muestran ser afectas a participar en ellas. Otra, referida a las manifestaciones folclóricas, las populares, que por ser en muchos casos de características específicas de cada región del país, presentan una amplia diversidad de rasgos.

Pero en lo educativo, aun el boom petrolero que abrió al país hacia lo cosmopolita, su proceso evolutivo siguió presentando un desarrollo lento. Vestigios de las concepciones coloniales que se manejaron en el aspecto educativo, siguieron todavía vigente aun a mediados del siglo XX e irias cambiando ha necesitado transitar un camino bastante empinado, donde ha sido necesario romper paradigmas que imponían obstáculos filosóficos y epistemológicos al proceso educativo venezolano. De hecho, en este transcurrir seguían siendo las **carreras universitarias socialmente viables** las de ingeniería, medicina, derecho, educación, militar y en paralelo, el sacerdocio, que en el caso de las mujeres, el logro era llegar a ser religiosa de alguna congregación; las otras carreras seguían quedando en una especie de segundo plano. Todos los cambios que posteriormente se han producido en estas condiciones, han ocurrido dentro de los parámetros de la transdisciplinariedad, donde transitamos de una **globalización práctica** (pragmatismo) hacia una **mundialización de las ideas y el conocimiento** (pensamiento paradigmático).

Volviendo al momento del tránsito de Venezuela de colonia española a país independiente, desde ese instante hubo un cambio en los patrones sociales de la nación; en esta durante muchos años se reguló el comportamiento de la población de acuerdo a los dogmas de la religión católica. Buscando explicar lo anterior con palabras simples: nada se hacía en la colonia sin el consentimiento de la iglesia. Pero cuando se produce la independencia, quienes la llevaron a cabo, principalmente los militares, la mayoría se había formado en Europa donde fueron influenciados por el pensamiento positivista que en esa época predominaba en ese continente. En lo práctico y en lo ideológico relegaron lo religioso y la sociedad venezolana comenzó a perfilarse con base en los principios y fundamentos del paradigma surgido del positivismo.

El boom del petróleo, por esos grandes y magníficos beneficios, hizo que ya adentrado el siglo XX en la economía venezolana el sector agrícola y pecuario, antiguas fuentes más importantes de ingresos, pasaran mayoritariamente a ser considerada su producción solo para consumo interno, mientras que la explotación petrolera, con una muy significativa exportación de su producción (barriles de petróleo) así como de la producción de las industrias que se derivaban de ella, llevaron a Venezuela a tender más hacia la **mono producción** (rentista de la industria petrolera).

El efecto de esta situación sobre la educación generó una jerarquización sobre las carreras universitarias, donde las que estaban relacionadas con el petróleo y la minería ocupaban el primer lugar (jerarquización de las asignaturas con mayor contenido de conocimientos matemáticos y el de las ciencias fácticas), aunque con un notorio crecimiento de la consideración a favor de las carreras del área de las ciencias económicas y sociales (el aparato productivo nacional comenzó a necesitar una gerencia que manejara una administración más compleja). Las carreras de ciencias de la salud se hicieron mucho más necesarias y urgía diversificarlas (medicina y demás especialidades, odontología, bioanálisis, enfermería, imagenología, especialidades terapéuticas, entre las más comunes).

En los niveles tempranos de educación, específicamente primaria y secundaria, se observó una relativa tendencia hacia ello y en los institutos de formación docente, se notó la creación de menciones educativas cuyos contenidos curriculares versaban sobre la cultura que se debe practicar en una sociedad donde su subsistencia la marca la industria petrolera y la minería, y a la par urgía la necesidad de desarrollar la tecnología de la información y la comunicación. Otras carreras relacionadas con las humanidades (psicología y sus variantes, el derecho tradicional absorbido por las surgentes ciencias jurídicas y políticas, filosofía y letras, idiomas, periodismo dentro de una actualizada comunicación social, etc.) más que implementarse se incrementaron masivamente en los institutos de educación universitaria como coadyuvantes de todo este proceso. Privó también la necesidad de introducir desde temprana edad a los ciudadanos en este nuevo perfil de la sociedad venezolana, de ahí que se le diera mayor institucionalidad a la educación preescolar (transmisión más temprana de los valores patrios, sociales y morales).

Pero lamentablemente, la explotación petrolera con todos sus grandes réditos no logró que Venezuela transitara del **subdesarrollo** (tercermundismo) hacia el **desarrollo** (primer mundo), de ahí que la califiquemos como **antidesarrollada**. Es común a la historia de Venezuela a lo largo de todo este tiempo en el cual nos hemos ubicado, lo significativo y grave de la corrupción y peculado que se han presentado en la mayoría de las instancias del aparato burocrático que ha caracterizado a los gobiernos de la República, ya sean de procedencia democrática o impuestos por la fuerza. Lo más frecuente que esto ha ocasionado es lo que generalmente podemos llamar **crisis económica social** (bajos sueldos y salarios; deficiente alimentación y salud; escasez de vivienda, vestido y calzado; deficiente transporte; falta de paz y seguridad personal y familiar; falta de estabilidad política; entre lo más común).

Por ello cualquier intento de cambio en el sistema educativo venezolano no ha podido convertirse en transmisor y productor simultáneo de conocimientos y tecnología. Y confiando en una continuidad casi eterna del rentismo petrolero, solo fugaces cambios esnobistas se han producido en su proceso educativo. Lo lamentable de todo esto es que a pesar de los gobiernos disponer de grandes recursos económicos, fueron incapaces de desarrollar e industrializar a lo máximo los sectores agrícola, pecuario, avícola, mucho menos la piscicultura, así como desarrollar una propia tecnología. No podemos determinar si es una huella ancestral de un rasgo colonial el haber procedido a importar tecnología que producirla, pero actuaron sin ningún tipo de escrúpulos ya que para ello contaban con la solvencia económica que les daba la industria petrolera, la cual sí se propusieron desarrollar. De aquí que nuestro sistema educativo, detallado objetivamente y ubicándonos en el papel de observador externo, siempre ha sido, por propia voluntad de los gobiernos de turno, débil y deficiente.

Una de las conclusiones que se puede sacar del hecho que fueron en su mayoría militares los que condujeron y lograron el proceso independentista venezolano, es que se creó en ellos el convencimiento de ser un sector poblacional especial y particular, que tiene en sus manos el poder y la fuerza. Es decir, que aunque tras la independencia decidieron apoyar gobiernos civiles, pueden tomar la decisión de romper el hilo constitucional si consideran que el gobernante de turno no responde a las necesidades y exigencias del pueblo, ya sean políticas, sociales o económicas, o a los intereses de sus líderes que los comandan. Por ello la historia venezolana está marcada por la instauración de varios gobiernos de dictadura militar.

Cita el Dr. P. González M. (Docente FACE-UC), en su artículo *“Sociedad y vida, posiciones opuestas en el trayecto ideológico. Entre el imperio de la ideología y la esclavitud ideológica”* (2017):

“En los años finales del Siglo XX, Venezuela no solamente sufre una convulsión social sino también histórica. Ante las dificultades económicas que las desviaciones, deformaciones y aberraciones políticas causaron, se presentó una situación de descontento en la población, lo que llevó a fuertes protestas que recibieron como respuesta la brutal represión por parte del gobierno. Estos hechos causaron graves heridas en el sentimiento popular, ocasionando que en el ideario de los venezolanos entrara una nueva concepción de lo que para ellos debía ser una democracia verdadera.

Surge así Hugo Chávez, quien basado en su condición de militar, irrumpe de manera violenta. Y aunque en un primer momento fue sometido, la historia si no lo convirtió en importante, **sí** lo hizo sumamente trascendente y significativo para el país en estas dos décadas que han transcurrido del Siglo XXI, aún después de su muerte.

Nunca ha quedado claro si la acción de Chávez y de quienes lo acompañaron en su aventura inicial, obedecía a una sensibilidad social por las vicisitudes que padecían los habitantes venezolanos, o la rebeldía de un militar que sistemáticamente estaba siendo excluido por sus superiores. Esta duda se presenta porque, primero, él formó parte de los militares que produjeron la brutal represión del pueblo en los años previos a los inicios de la última década del Siglo XX, aunque posteriormente lideró la violenta asonada contra el gobierno constitucionalmente constituido; y segundo porque su formación le debió crear sentimientos de logros jerárquicos dentro de la institución militar, mundo en el cual se movía, y no que prevaleciera por encima de estos una sensible preocupación por el pueblo”.

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Esta opinión del Dr. González M. nos da pistas sobre lo que referimos en el párrafo previo a la cita.

Por esas coyunturas sociopolíticas que surgen en países con características tercermundistas, en Venezuela volvió a repetirse una de las conductas vividas en el proceso independentista que era que la población más golpeada socialmente (generalmente la más humilde), urgida de superar el forzado sometimiento que padecía, siguieron incondicionalmente a caudillos como Bolívar, Piar, Páez, Boves, para citar algunos, poniendo en las manos de estos su destinos y el de sus familias. El hecho es que en un proceso electoral Hugo Chávez Frías fue elegido Presidente de la República de Venezuela.

Pero el Dr. González M. cita en su artículo de 2017 lo siguiente:

“Así que no es desacertado afirmar que el llamado proceso revolucionario que supuestamente se vive en Venezuela, no es ninguna revolución y mucho menos socialista, además de presentar las mismas características socioeconómicas, aunque más graves, que perjudicaron al pueblo y al país, las cuales criticaban a los gobiernos que le antecedieron, a los que llamaron gobiernos de la cuarta república. Adicional a lo anterior, un grupito de funcionarios son los que ejercen los cargos públicos, lo único que hacen es rotarse los puestos; y también un grupito de ciudadanos afectos son los únicos que reciben los beneficios económicos que las estrategias gubernamentales generan; es decir se ha formado una oligarquía característica, lo que da a entender que los famosos “revolucionarios socialistas” se han aburguesado”.

Lo que el Dr. González M. trata de señalar es la frustración que sintió la mayoría de la población cuando Chávez no cubrió las expectativas que con esperanza esta población puso en él.

Con base a esta opinión, podemos afirmar que en estos últimos veinticinco años Venezuela ha transitado desde **el fracaso de una falsa revolución socialista** promocionada por Hugo Chávez tras su elección hasta **el fracaso del proceso involutivo social** llevado a cabo por su sucesor, el sindicalista no-obrero Nicolás Maduro Moros. No valen excusas de sanciones y bloqueo económico; lo importante es destacar que existe un proceso político que resulta incompetente para generar soluciones que permitan superar las dificultades socioeconómicas que afectan al país. Nos atrevemos a opinar que el gobierno las piensa pero sin romper con los obstáculos epistemológicos que afectan más que su forma de pensar, su forma de actuar.

Para detallar el por qué fracasó el proceso propuesto por Chávez, tenemos que iniciarlo desde su acción histórica inicial puesto que la misma indudablemente tuvo como objetivo hacerse del gobierno del país con el claro propósito de transformarlo en una dictadura militar. Habiendo surgido su presidencia de un proceso electoral (de la práctica democrática), muy sutilmente comenzó a concretar sus deseos de hacerlo pero ante el crecimiento de la oposición a su gestión, más porque contradecía a sus intereses personales que a los intereses determinados por su plan de gobierno, comenzó a exigir una modificación del estado para que Venezuela y su población **funcionara** como él lo deseaba. Esta confrontación entre las dos fuerzas, oficialismo y oposición, no trajo ningún beneficio para el país, aun **los máximos altos ingresos** que se obtenían por la renta petrolera. Al mismo tiempo comenzó un enfrentamiento con los centros del poder mundial (contra el eurocentrismo y el USA-centrismo), enfrentamiento en desventaja de una nación tercermundista que solo basaba su fuerza en el petróleo pero que los centros de poder lo anularon aliándose para que disminuyeran los réditos que del mismo pudieran obtener, desvaneciéndose significativamente cualquier efecto positivo de los actos de su gestión. Toda su actuar histórico finaliza en 2013 con su desaparición física por problemas de salud.

Fallecido Chávez, se tiene el advenimiento del gobierno del sindicalista no-obrero Nicolás Maduro Moros. Citando nuevamente al Dr. González M., en su artículo de 2017 escribe:

“... Quienes sucedieron a Chávez, supuestamente siguiendo los *principios políticos* de éste, han sido lo más claro posible. La acción inicial de Chávez que tenía como objetivo hacerse del gobierno del país tenía el claro propósito de transformarlo en una dictadura militar. Esto se nota claramente cuando las autoridades oficialistas afirman repetidamente que el gobierno venezolano es producto de una unión cívico-militar. Es decir, *Socialismo del Siglo XXI=gobierno cívico-militar*. Pero la coyuntura política que se vivía en Venezuela y en la región Suramericana, los llevó a ser muy cuidadosos en la manera de plantear las estrategias correctas para lograr sus propósitos primarios. ... En otras palabras, el *Socialismo del Siglo XXI* sólo es una manera muy particular de gobernar tratando de imponer la dictadura, llamémosla cívico-militar, que en su momento buscó Hugo Chávez”.

Esto explica pero no justifica como ha procedido Maduro Moros y sus compañeros de gobierno tomando medidas para mantenerse en el poder tras el antifaz de supuestamente seguir procesos constitucionalmente democráticos. Por ello es que su gobierno se ganó la desconfianza de la mayoría de la población nacional.

Pero un hecho claro es que el gobierno de Maduro Moros ha producido una **involución social** en el país. Erróneamente siguió el enfrentamiento contra los centros del poder mundial, siguió confiando en el poder del petróleo, ha violado en innumerables veces los preceptos constitucionales, ha atropellado a la población, sistemáticamente ha ido disminuyendo malamente la potencialidad de sus adversarios políticos, ha despilfarrado los recursos económicos de la nación, ha permitido la práctica y el incremento de las acciones de corrupción y peculado, el país se ve apremiado por la falta de paz y seguridad personal y familiar, el auge de la delincuencia, y por la falta de estabilidad política, como ejemplos específicos. El enfrentamiento con otras naciones tanto vecinas como de otros continentes, ha aislado a Venezuela geopolíticamente; y sus acciones consideradas delictivas, ha llevado al país a ser sancionado en lo económico por gobiernos extranjeros, lo que se refleja en poca producción nacional, bajos sueldos y salarios, deficiente alimentación, crecimiento de la inseguridad sanitaria por un deficiente sistema de salud (recordemos la traumática situación vivida durante la pandemia por el Covid-19 desde 2020), y en este sentido lo referente a vestido, calzado, transporte público, y como situación de gravedad delicada para el pueblo, una galopante hiperinflación.

En más de una oportunidad Maduro Moros ha anunciado la implementación de estrategias socioeconómicas que supuestamente van a posibilitar la superación de la situación crítica nacional, pero así igualmente muchas son inefectivas o fracasan (ya señalamos el obstáculo epistemológico que afecta más que a su forma de pensar, a la consecuente forma de actuar). En muchos de los casos porque los funcionarios de su confianza a quienes encarga para llevarlas a cabo no están preparados para ello y resultan ineficaces, o se apropian, en flagrante acto de corrupción y peculado, de los capitales que les son aportados para cumplir la misión. Pero esto ya es característico de un país que ya no es subdesarrollado, ya no es tercermundista, sino que es **antidesarrollado**.

A la par de todo esto, muestra un rasgo colonial que supuestamente muchos creíamos superado. A pesar de su enfrentamiento evidente con EE. UU., al cual califica con razón o sin razón, de estado imperialista con una actitud voraz de querer apropiarse de los recursos naturales de nuestro país (específicamente petróleo y minerales), hasta tal punto de llevar a lo mínimo las relaciones diplomáticas con la nación norteamericana, evidencia que su gobierno necesita de la **protección colonial** de otros imperios. Con base en esto, busca el apoyo político y económico, por ejemplo, del **imperio ruso** y del **imperio chino** (y hasta de **Irán**), y aunque él y sus acólitos defienden a capa y espada el que estos dos imperios no tienen la mínima intención de actitud voraz de querer apropiarse de nuestros recursos naturales, el pueblo venezolano siente que ocurre todo lo contrario, y en la interrelación que se presenta no se duda que Venezuela participa en desventajas.

Y así como afirmábamos al principio de este editorial que le era muy conveniente a la sociedad colonial para construir una cultura de élite local, mostrar costumbres si no similares a los miembros de la corte imperial por lo menos similares a las de la aristocracia de la metrópolis española, esta nueva oligarquía, ante la falta de una formación política en la filosofía socialista y ante el hecho de que su personalidad y comportamiento difícilmente se identificarían con el pensamiento de quien verdaderamente está convencido de esta filosofía, buscaron por lo menos tener un **pseudo discurso** contextualizado en la misma; en consecuencia entra en una relación más cercana con el gobierno parásito de Cuba, para que estos **les enseñaran a hablar como socialistas**, aun ninguno de los gobernantes de ambos países se sientan como tales pero que en las últimas décadas las autoridades cubanas se volvieron expertos en ello. El beneficio de Cuba ha sido hacerse casi sin costo de bienes muy necesitados por los venezolanos, ante la actitud indiferente de nuestros gobernantes quienes obvian en su acción estas necesidades.

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

La educación. Hemos visto que en Venezuela en los últimos años, en todos los niveles del sistema educativo, se han sucedido continuas reformas, evidenciado por los constantes cambios en los currículos y específicamente en los programas de las asignaturas que son tradicionales encontrar en ellos así como el agregado de otras materias que tienen por objetivo fijar los lineamientos del proyecto político (y no ideológico) que las autoridades nacionales tratan de perpetuar en el país mediante lo que ellos han dado por llamar proceso revolucionario pero como ya señalamos previamente, sus características hacen ver que el mismo no se corresponde con ninguna revolución y mucho menos involucra un ambiente socialista sino que solo es una manera particular de gobernar de un pequeño grupo, ya hoy convertido en una oligarquía solo pendiente de cuidar sus propios intereses y manipulando la idiosincrasia de las masas portando la careta del populismo.

¿Por qué tantas y tan seguidas reformas educativas? Ya hemos reconocido que en los últimos cien años, la educación venezolana fue desarrollada según lo que se esperaba en un país tercermundista (o anti-desarrollado) que económicamente es mono-dependiente sustentándose mayoritariamente en los beneficios que le ha proporcionado la explotación petrolera. También hemos señalado que históricamente se desarrolló con algo de displicencia en cuanto a productividad, ciencia, tecnología, salud, alimentación, medicinas, educación y otros aspectos, ya que ante cualquier deficiencia interna usaba los réditos de la renta petrolera para **importar** lo que necesitara (fuera material, fuera de fuente intelectual).

Pero Venezuela ha estado sufriendo en estas últimas décadas una **descapitalización intelectual y profesional**, que ha visto alejarse del país hacia otras naciones la mayoría de lo mejorcito y lo no tan mejorcito de los recursos humanos en salud, tecnología, educación y otras disciplinas que se habían podido formar dentro de nuestro siempre débil sistema educativo, porque las restricciones en cuanto al ejercicio de las profesiones y las normativas económicas que rigen los ambientes laborales y comerciales en la actualidad, les han impedido obtener beneficios que les permitan disfrutar de la solvencia a la que deberían tener acceso y derecho correspondiéndose con sus esfuerzos académicos: nuevos y mejores horizontes, mejores oportunidades de vida y progreso. Marcharse del país fue la solución encontrada dentro de una nación donde actualmente el mérito proveniente de la actividad académica y laboral pasó a lo más bajo de lo que llamaríamos un segundo plano para las condiciones que permitan a un venezolano tener éxito económico y social (**desvalorización de la meritocracia**). En esos otros países les han ofrecido contratos de trabajo que aquí en su patria es impensable que en esta coyuntura contemporánea se los ofrecieran.

La juventud venezolana actual tiene bien claro que para poder sobrevivir en las condiciones presentes en la sociedad en la que participa, la formación académica es el último factor social que podría ofrecerle oportunidades; así vemos como aumenta la deserción en los liceos pero aún más en las instituciones universitarias, sean públicas o privadas, y sumamente grave en el área laboral que capta nuestros intereses: **la educación**. Vemos con preocupación cómo ha disminuido significativamente el número de estudiantes en los institutos pedagógicos universitarios y en las universidades los aspirantes a ser docentes. Posiblemente esto lo motive los bajos sueldos que suelen devengar los docentes en las instituciones educativas de cualquier nivel y sector, produciendo un déficit de personal adecuadamente preparado para ejercer la docencia.

Cuando se analiza la situación del país originada por la descapitalización intelectual y profesional, muchos son de la opinión que la oligarquía gobernante del país le interesa este éxodo ya que posiblemente la mayoría de los que emigran, si no todos, son adversos, contrarios y opositores a su gobierno y les interesa que se alejen de las instituciones donde ellos ejercen influencia y ubicar ahí empleados que ellos puedan controlar.

Aun así consideramos que no son inconscientes de lo grave de la situación, y las reformas educativas que implementan, probablemente pensando básicamente en perpetuarse en el poder, buscan cómo llegar rápidamente a la transformación del país a su favor, que aun siendo incapaces de percatarse de ello, tendrá mucho que ver con el futuro histórico social de la nación que con la situación temporal que estamos viviendo.

El Dr. A. Moreno (Docente UCV y UPEL- Barquisimeto), en su artículo "*Petróleo, industria alternativa y la educación boba. Caso venezolano*" (2020), haciendo referencia a una entrevista televisiva que le realizaran al profesor universitario especialista en asuntos petroleros Carlos Mendoza Potellá, escribe:

"Dentro de mil cosas relevantes éste decía que el negocio petrolero en el mundo y específicamente en Venezuela, cada vez más se torna menos relevante. El propio orden real de esta industria (cada vez más sujeta a hostilidades y duras competencias en el planeta), si bien encarna alguna importancia en tanto fuente de ingresos, no representa para país alguno una alternativa conforme a la cual haga de ésta el alfa y el omega para las economías respectivas. Se acabó, pues, la época en la cual una nación podía decir que sus ingresos dependían de la fuente petrolera; expresaba a grandes rasgos el entrevistado.

...

Pero lo que dijo Mendoza Potellá en cuanto a la relación que el tema posee con lo que acontece en nuestro sistema educativo (sobre todo en la universidad), me alborotó una inquietud que desde hace mucho tiempo vengo arrastrando con lija y sangre, en mi pensamiento y en mi emocionalidad. Expresaba el experto (al cual excéntricamente no le gusta que así le califiquen) que en plena decadencia están tanto las carreras universitarias sobre industria y economía petroleras como las asignaturas que desordenadamente venían apareciendo en los planes de estudio de otras carreras. Es impresionante, decía, cómo cada vez se empequeñecen todos los intersticios curriculares referidos al asunto petrolero...

...

Bueno es decir que por mucho que se haga para recuperar la calamitosa situación a la cual la incompetencia y la ahora repotenciada corrupción han llevado a nuestra industria petrolera, no se podrá (¡aun así!) colocar todos los valiosos huevos en esa cesta (otrora diamantina). ¿Qué hacer -entonces- con nuestras universidades para hacerse del pañuelo antes de que la peste se renueve y perpetúe? Si el aliento futurista de la industria petrolera al parecer padece de disnea, de asfixia... ¿Qué está haciendo nuestra universidad para, por una parte, tomar el pulso al corto aliento de la industria petrolera, y por otro, asumir con profundidad todo aquello que se inscriba en industrias compenetradas con la agricultura, con las tecnologías no-mineras, en fin?

...

- Cómo ha de reducirse la preocupación estatal (y la situación estudiantil unida a ello) de abrazar instancias instruccionales apuntadas a un desarrollo pospetrolero y no-minero.

Concluyendo... Si una de las manifestaciones superiores de la inteligencia es la proyección con sentido de verosimilitud, ¿qué estamos haciendo?"

**"Subsistir"**. Esta es la palabra que se hará más frecuente en el léxico político y cultural de la población venezolana. Ya los currículos académicos en todos los niveles educativos venezolanos deben cambiar inmediata y drásticamente. Será difícil; demasiado grave el más que atraso, retroceso socioeconómico que ha sufrido Venezuela por el proceso **involuntivo** generado por el fracaso del gobierno encabezado por Nicolás Maduro Moros, pero no habiendo sacado ningún beneficio significativo de nuestra etapa petrolera y minera que procurara el desarrollo, sino que caímos en otra totalmente opuesta, nos deja en la incertidumbre. Educativamente, se debe considerar ¿Qué carreras deben ser propulsadas ahora y cuáles serían sus objetivos en la concepción de un nuevo proceso productivo? ¿La población tendrá los recursos para hacerse de la tecnología que urgirá y será necesaria para lograr alcanzar la respuesta que se le dé a la pregunta anterior? Y sobre todo, ¿Qué estrategias tendrán que manejar los docentes para desenvolverse en una nueva concepción paradigmática de la educación venezolana? ¿Estarán preparados para ello o habrá que incentivarlos para que se motiven a buscar su reconciencialización y también a reentrenarlos?

Un obstáculo a vencer es superar lo que se ha hecho costumbre en los últimos tiempos: la imposición de la ley del mínimo esfuerzo, tanto en lo físico como en lo intelectual, lo que ha llevado a muchos venezolanos, sobre todo a los más jóvenes, a dejar los estudios o a abandonar sus profesiones porque en la actualidad de nuestro país ejercer cualquier oficio del comercio informal, aunque sus resultados sean efímeros, produce por los momentos fáciles y mejores ganancias, esto sin adentrarnos en considerar que ejercer cualquier cargo público en el que no se requiera una exigente formación profesional, genera mejores beneficios económicos.

Pero lo peor es el incremento del número de personas que han ido conformando una población parásita, la cual se ha ido acostumbrando a recibir las ayudas económicas implementadas por el gobierno, ayudas que no están justificadas en algún aporte que esta población haya dado.

(CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA)

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Al captar la necesidad del gobierno de Maduro de contar con el apoyo popular, se conforman con lo recibido aún sea poco y realizan lo menos que puedan cualquier actividad laboral que anteriormente estuvieran desempeñando, lo que ha perjudicado al sistema productivo nacional al posibilitar la disminución hasta lo mínimo del potencial humano de trabajo que podría ser útil en algún momento para el país. Esta población parásita, muy alejados sus pensamientos y sentimientos de la teoría socialista, sin ningún escrúpulo, aceptaron ser la carne de cañón que al oficialismo le conviene. Indudablemente el excesivo número de dádivas sin ninguna razón, se ha convertido en un mecanismo donde se malgasta y dilapida los recursos económicos del país (muchos piensan que previamente hay peculado), siendo lo grave que últimamente estos son difíciles de obtener. Simultáneamente, el comportamiento social de este sector poblacional es tan deleznable como el de aquella bárbara población cimarrona que bajo el mando de Boves, creó el terror en el periodo de tránsito de la colonia a la independencia de Venezuela; o tiempo después, el vandalismo mostrado por las hordas que se supeditaron al mandato de Zamora, un triste personaje de la historia de la nación quien absurdamente es enaltecido por el gobierno venezolano de este primer cuarto del siglo XXI. Lo cierto es que con esta población parásita la situación reviste una mayor gravedad: está representada por un mayor número de personas en todo lo largo y ancho del país, que maneja mejores herramientas, surgidas estas de la condición cosmopolita del país que adquirió luego del boom petrolero. Además está el hecho de asumir como *supuesto principio filosófico* lo pregonado por el oficialismo; es decir, que ellos siempre han estado marginados y excluidos por las personas que califican de oligarcas; convirtiendo esto en una supuesta justificación que les valida manifestar en cualquier lugar displicencia, malos y groseros modales, irrespeto, indisciplina, hacer insalubre y acentuar esta acción cuando utilizan espacios públicos, atropellar los derechos y garantías de otros ciudadanos mediante la agresión, la criminalidad sin restricciones, y en general conductas similares a las señaladas. Los jóvenes que integran esta población en su mayoría con el tiempo se alejan de los centros educativos porque, como ya señalamos antes, también para ellos los logros educativos en las actuales condiciones del país no garantizan el sobrevivir con aceptable comodidad y en consecuencia, la formación académica es el último factor social que consideran podría ofrecerle oportunidades. Tal como lo hemos afirmado, el hecho que Maduro Moros haya fracasado en su gobierno produjo una *involución social*, y que no solo es en lo económico sino también en lo cultural, siendo desde ahora en adelante muy difícil recuperar a la nación de las condiciones de degradado continuo y decadencia a las que llevaron a vivir a la sociedad venezolana.

Ante estas vicisitudes, aun mantenemos la esperanza que en algún momento se supere esta situación, para que así la educación venezolana en todos sus niveles, mejore y recupere la calidad que en un momento se le reconoció y vuelva a ser considerada importante para cada venezolano, en cuanto a ser el camino esperanzador para mejores oportunidades y el logro del progreso personal y colectivo mediante el trabajo.

#### Referencias:

- Ascanio H., R. (2011). *Holística Cultural. Constructo epistémico en la transición del ser al deber-ser de los alumnos en formación en Educación Matemática*. FACE-UC.
- Galeano, E. (2000). *Las venas abiertas de América Latina*. Décimo sexta edición. España: Siglo Veintiuno de España Editores.
- González M., P (2017). *Sociedad y vida, posiciones opuestas en el trayecto ideológico. Entre el imperio de la ideología y la esclavitud ideológica*. FACE-UC.
- Moreno, A. (2020). *Petróleo, industria alternativa y la educación boba. Caso venezolano*. UCV y UPEL-Barquisimeto.

## Reflexiones

*“Ser honesto puede que no te de muchos amigos, pero te dará los amigos adecuados”.*

**JONH LENNON (1940-1980)**

Artista, músico, multiinstrumentista, cantautor, compositor, poeta, dibujante, productor, escritor, pacifista, activista y actor inglés, conocido por ser uno de los miembros fundadores de la banda de rock The Beatles.

*“En tiempos de engaño universal, decir la verdad se convierte en un acto revolucionario”.*

**GEORGE ORWELL (1903-1950)**

Nombre real: Eric Arthur Blair. Fue un novelista, periodista, ensayista y crítico británico nacido en la India, conocido mundialmente por su novelas distópicas *Rebelión en la granja* y *1984*.

*“Nadie hace bien lo que no sabe; por consiguiente nunca se hará República con gente ignorante, sea cual fuere el plan que se adopte”.*

**SIMÓN RODRÍGUEZ (1769-1854)**

Educador, Político y Prócer venezolano. Fue tutor de Simón Bolívar y Andrés Bello. Aportó enseñanzas y obras escritas para el proceso de libertad e integración americana.

*“La soberbia es una discapacidad que suele afectar a pobres infelices mortales que se encuentran de golpe con una miserable cuota de poder”.*

**JOSÉ DE SAN MARTÍN (1778-1850)**

Militar y político rioplatense y uno de los libertadores de Argentina, Chile y Perú. Es una de las dos figuras más trascendentes de las guerras de independencia hispanoamericanas junto a Simón Bolívar.

# Los Grandes Matemáticos



**Wilhelm Schickard**

Nació el 22 de Abril de 1592 y murió el 24 de Octubre de 1635, ambos momentos en en Tubinga, Wurtemberg, Alemania.

Fue un astrónomo que inventó una máquina de cálculo mucho antes que Pascal. Trabajó en astronomía, matemáticas y topografía.

El nombre de **Wilhelm Schickard** a veces lo escriben como *Schickhard* o *Schickhardt* o *Schickart*. Su madre fue *Margarete Gmelin*, hija de un pastor luterano, y su padre fue *Lucas Schickard*. La familia Schickard era originaria del condado de Nassau, pero se había mudado al sur a mediados del siglo XV. El padre de Lucas Schickard, quien fue escultor, se había establecido en Herrenberg a unos 30 km al sur de Stuttgart. Lucas Schickard se entrenó para ser carpintero, al igual que su hermano Heinrich Schickard, tío de Wilhelm. Heinrich Schickard se convirtió en arquitecto y llegó a ser el principal arquitecto del Renacimiento en el suroeste de Alemania. Wilhelm fue criado en Herrenberg pero, a temprana edad, ganó una beca para asistir a la escuela del monasterio en Bebenhausen, justo al norte de Tubinga.

Después de asistir a la escuela del monasterio en Bebenhausen, ingresó en la Universidad de Tubinga. Recibió su primer título de Licenciatura en 1609, luego uno de Maestría en 1611, tanto en Teología como en Lenguas Orientales, y continuó estudiando estos temas en Tubinga hasta 1613. Mientras estudiaba en Tubinga, Michael Mästlin le enseñó matemáticas y astronomía. En 1613 Schickard se convirtió en ministro luterano y fue asignado a iglesias en ciudades alrededor de Tubinga. En 1614 fue nombrado diácono en Nürtingen. Continuó este trabajo con la Iglesia Luterana hasta 1619. Fue durante su tiempo como ministro luterano que conoció a Johannes Kepler, quien llegó a Tubinga para apoyar a su madre que había sido acusada de brujería. Kepler estaba trabajando en ese momento en su *Harmony of the World* (La armonía del Mundo) y, después de conocer a Schickard, quedó tan impresionado con sus habilidades que le pidió que hiciera algunos grabados y xilografías para el libro y también le pidió que ayudara a calcular algunas tablas. Esto no es tan sorprendente como lo que puede sonar ya que, entre sus habilidades, Schickard era reconocido como grabador tanto en madera como en cobre. Los autores de la referencia [3] escriben:

*[Schickard] accedió a dibujar y grabar las figuras de la segunda parte del "Epitome" en bloques de madera. Sin embargo, el editor de Kepler, siempre dispuesto a interferir con los planes de Kepler, estipuló que la talla debía hacerse en Augsburgo. Schickard envió treinta y siete xilografías para los libros 4 y 5 a Augsburgo hacia finales de diciembre de 1617. ... En junio de 1621 Kepler estuvo en Frankfurt [organizando la publicación de los libros 5-7]. Schickard grabó las figuras de los dos últimos libros (la talla fue hecha por uno de sus primos).*

Fue su trabajo con Kepler lo que lo llevó a pensar en hacer una máquina para mecanizar los cálculos astronómicos que estaba haciendo. Esto iba a llegar un poco más tarde, sin embargo, así que primero se describirá la siguiente fase de la vida de Schickard como profesor de hebreo.

En 1619 dejó su trabajo en la Iglesia Luterana cuando fue nombrado profesor de hebreo en la Universidad de Tubinga. Schickard fue un científico universal y enseñó lenguajes bíblicos como el arameo, así como el hebreo. Sus esfuerzos por mejorar la enseñanza de su asignatura muestran una innovación notable. Creía firmemente que, como profesor, era parte de su trabajo facilitar a sus estudiantes aprender hebreo. Uno de sus inventos para ayudar a sus estudiantes fue la "*Hebraea Rota*". Este dispositivo mecánico mostraba la conjugación de los verbos hebreos al tener dos discos giratorios colocados uno encima del otro, las respectivas formas de conjugación aparecían en la ventana. También creó el *Horologium Hebraeum*, un libro de texto de hebreo dividido en 24 capítulos, cada capítulo contenía material que se podía aprender en una hora.

Escribió otro libro de texto, el *Hebräischen Trichter*, para estudiantes alemanes de hebreo, en 1627. Sin embargo, su investigación fue amplia y, además del hebreo, incluyó astronomía, matemáticas y topografía. En astronomía inventó una proyección cónica para mapas estelares en el Astroscopeo. Sus mapas estelares de 1623 consisten en conos cortados a lo largo del meridiano de un solsticio con el polo en el centro y el ápice del cono. También hizo avances significativos en la elaboración de mapas, mostrando cómo producir mapas que eran mucho más precisos que los que estaban disponibles en aquel momento. Su trabajo más famoso sobre la cartografía fue *Kurze Anweisung, wie künstliche Landtafeln auss rechtem Grund zu machen* (1629). Mucho antes de Pascal y Leibniz, Schickard inventó una máquina de cálculo, la "*Rechenuhr*", en 1623. Escribió a Kepler el 20 de septiembre de 1623:

*Lo que has hecho por cálculo lo he intentado hacer a través de la mecánica. He concebido una máquina compuesta por once ruedas dentadas completas y seis incompletas; calcula instantánea y automáticamente a partir de números dados, ya que añade, resta, multiplica y divide. Le gustaría ver cómo la máquina acumula y transporta espontáneamente un diez o un centenar a la izquierda y, viceversa, cómo hace lo contrario si está restando...*

Kepler claramente mostró interés en tener una de las calculadoras de Schickard ya que Schickard dio instrucciones para que se le construyera una para él. Sin embargo, la computadora semiconstruida fue destruida por el fuego como explicó en otra carta a Kepler escrita el 25 de febrero de 1624. En esta carta da algunos detalles más de la forma en que se construye la máquina:

*... En una próxima oportunidad les enviaré una descripción más detallada del diseño de esta máquina aritmética; en resumen, funciona de la siguiente manera: aaa son los botones en los cilindros verticales con los dígitos de la tabla de multiplicación, que se pueden mostrar a voluntad en las ventanas proporcionadas para las diapositivas bbb. Las esferas ddd están unidas a las ruedas dentadas internas, cada una con diez dientes orientados de tal manera que, si la rueda de la derecha hace diez vueltas, la rueda a su izquierda hace sólo una vuelta; y si la primera rueda en el lado derecho hace cien vueltas, la tercera rueda a la izquierda hace un giro, y así sucesivamente. Todas las ruedas giran en la misma dirección haciendo necesario el uso de otra rueda del mismo tamaño orientada permanentemente a la rueda a su izquierda, pero no con la de su derecha, lo que requiere una atención especial durante su construcción. Los dígitos marcados en cada rueda se muestran en las aberturas ccc de la placa central. Por último, los botones eee, situados sobre la base, se utilizan para mostrar en las aberturas fff los números que se deben utilizar durante las operaciones. Esta breve descripción se entendería mejor utilizando el instrumento real. Había hecho un pedido con un hombre local, Johan Pfister, para la construcción de una máquina para usted; pero cuando la mitad estaba terminada, esta máquina, junto con algunas otras cosas mías, especialmente varias placas de metal, fue víctima de un incendio que estalló sin ser visto durante la noche hace tres días. Tomo la pérdida muy duro, especialmente porque no hay tiempo para producir un reemplazo pronto.*

(VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR)

Kistermann estudió el diseño de la calculadora de Schickard y explica la “arquitectura” de la máquina en la referencia [9]. Schickard utilizó la multiplicación abreviada para su máquina que, señala Kistermann, era desconocida para la mayoría de la comunidad científica en 1600, con sólo un puñado de científicos (pero incluyendo Jost Bárgi, Kepler y Schickard) teniendo conocimiento de esta técnica. En la referencia [10], Kistermann considera si la calculadora de Schickard era de uso práctico. Los bocetos de la calculadora se han conservado en los manuscritos dejados por Schickard y Kepler. Estos, sin embargo, no fueron redescubiertos hasta 1935 cuando fueron encontrados durante la investigación sobre la vida de Kepler. En esta etapa su significado no se entendió, pero veinte años más tarde se dio cuenta de que se trataba de un boceto de la computadora descrita por Schickard. Bruno von Freytag Löringhoff construyó la computadora entre 1957 y 1960 usando el boceto y las descripciones en las cartas de Schickard. Luego probó la gama de cálculos que eran posibles para tratar de determinar exactamente qué propósito tenía Schickard en la construcción de la máquina de cálculo. Von Freytag Löringhoff descubrió que funcionaba bien y era particularmente adecuado para llevar a cabo los cálculos astronómicos que eran necesarios para los astrónomos del siglo XVII. De hecho, se sabe que Schickard también escribió a Kepler sugiriendo un medio mecánico para calcular las efemérides.

En 1631 Schickard tuvo más bien un cambio de asignatura, siendo nombrado para la cátedra de matemáticas y astronomía en la Universidad de Tubinga que quedó vacante por la muerte del profesor Michael Mästlin. Sin embargo, este cambio no fue importante para sus intereses, ya que, como se indicó anteriormente, siempre había tenido grandes intereses en una amplia gama de temas. Por ejemplo, dio conferencias sobre arquitectura, fortificaciones e hidráulica. También llevó a cabo el estudio de la tierra del ducado de Wurtemberg, que implicó el primer uso del método de triangulación de Willebrord Snell en mediciones geodésicas. Como profesor de astronomía Schickard dio conferencias sobre el tema y emprendió investigaciones sobre el movimiento de la Luna. Publicó *Ephemeris Lunaris* en 1631 que permitía determinar la posición de la luna en cualquier momento. Se debe tener en cuenta que, en un momento en que la Iglesia insistía en que la Tierra era el centro del universo, Schickard era un firme partidario del sistema heliocéntrico. Se ha mencionado con anterioridad el intercambio de correspondencia entre Schickard y Kepler, pero Schickard también lo hizo con muchos otros astrónomos, incluyendo Ismael Boulliau y Pierre Gassendi.

La Guerra de los Treinta Años (1618-1648) afectó gran parte de la última parte de la vida de Schickard. Después de la Batalla de Nördlingen en septiembre de 1634, cuando el ejército católico, aumentado por muchas tropas españolas, obtuvo una victoria decisiva sobre el ejército protestante, las tropas victoriosas ocuparon Tubinga. Las tropas trajeron consigo la peste bubónica y la población de Tubinga se vio gravemente afectada. Durante el año siguiente, la esposa de Schickard y todos sus hijos murieron de la peste. Wilhelm Schickard fue el último de la familia en sucumbir a la peste bubónica.

A pesar de que las contribuciones de Schickard no fueron plenamente reconocidas durante su vida, se recuerda hoy en día con el Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik (Instituto para la Informática Wilhelm-Schickard) en la Universidad de Tubinga y el Wilhelm-Schickard-Schule en Tubinga.

#### Referencias.-

##### Libros:

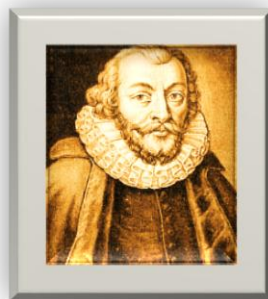
1. J-P Flad, *Les trois premières machines à calculer: Schickard (1623), Pascal (1642), Leibniz (1673)* (University of Paris, Paris, 1963).
2. H H Goldstine, A brief history of the computer, in *A century of mathematics in America 1* (Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1988), 311-322.
3. S Kusakawa and I Maclean, *Transmitting Knowledge: Words, Images, and Instruments in Early Modern Europe* (Oxford University Press, Oxford, 2006).
4. B von Freytag Löringhoff, *Wilhelm Schickard und seine Rechenmaschine von 1623* (Tübingen, 1987).

##### Artículos:

5. A Adam, The Kepler-Schickard calculating machine, Four hundred years : Proceedings of Conferences held in honour of Johannes Kepler, *Vistas Astronom.* **18** (1975), 881-886.
6. G Betsch, Südwestdeutsche Mathematici aus dem Kreis um Michael Mästlin, in *Der 'mathematicus': Zur Entwicklung und Bedeutung einer neuen Berufsgruppe in der Zeit Gerhard Mercators, Schloss Krickenbeck, 1995* (Brockmeyer, Bochum, 1996), 121-150.
7. Calendar of anniversaries (Russian), *Voprosy Istor. Estestvozn. i Tekhn.* (1) (1992), 142-143.
8. F L Bauer, Ries und Schickard, *Informatik Spektrum* **15** (1995), 225-228.
9. F W Kistermann, Abridged multiplication - the architecture of Wilhelm Schickard's calculating machine of 1623, *Vistas Astronom.* **28** (1-2) (1985), 347-353.
10. F W Kistermann, War die Rechenmaschine von Wilhelm Schickard praktisch brauchbar?, *Technikgeschichte* **51** (2) (1984), 77-85.
11. R Taton, Sur l'invention de la machine arithmétique, *Rev. Histoire Sci. Appl.* **16** (1963), 139-160.

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre “Wilhelm Schickard” (Abril 2009).

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



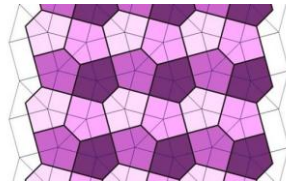
**Wilhelm Schickard**

## El caso de los 14 pentágonos que embaldosan un espacio infinito.

Triángulos, cuadrados y hexágonos podrían embaldosar una habitación infinita con infinitas baldosas sin cortar ni una de las piezas. Hasta el momento solo se han encontrado 14 pentágonos irregulares que sirvan para esto.

Versión del artículo original de PEDRO ALEGRÍA

TOMADO DE: ABC – España / Sección ABCDARIO DE LA MATEMÁTICAS



PENTÁGONOS IRREGULARES ÚTILES PARA LLENAR UN ESPACIO INFINITO. CRÉDITO IMAGEN: TED-43/WIKIPEDIA.



**Pedro Alegría** es profesor de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea y miembro de la comisión de divulgación de la RSME.

El **ABCDario de las Matemáticas** es una sección que surge de la colaboración con la Comisión de Divulgación de la Real Sociedad Matemática Española (RSME).

Antes de comenzar, quiero compartir un problema que, a lo mejor, muchos de los lectores recuerdan de sus primeros años en la escuela. El maestro contaba una historieta como esta:

*Imagina que quieres embaldosar una habitación rectangular con baldosas cuadradas, todas del mismo tamaño, pero no deseas romper ninguna baldosa. Digamos, por ejemplo, que las dimensiones de la habitación son  $360 \times 405$  cm<sup>2</sup>. Además, te has empeñado en utilizar baldosas del mayor tamaño posible. ¿Cuáles deben ser las dimensiones de cada baldosa?*

Ahora es cuando nuestro «profe» hablaba del *máximo común divisor* de dos números y explicaba que las baldosas cuadradas de lado igual a 45cm eran las más grandes que permitían resolver el problema. Pura magia.

Es evidente que el problema no está del todo extraído del mundo real pero cumplía su objetivo de aclarar algunos conceptos aritméticos. Vamos a continuar por esa línea y plantear algunos problemas imaginarios del mundo de la albañilería matemática.

Así pues, imagina que has heredado una gran mansión y quieres alicatar (revestir el suelo con nuevas baldosas) una habitación de dimensiones infinitas, utilizando infinitas baldosas, todas iguales, y piensas que quedaría bonito si las baldosas tienen forma de polígono regular.

Después de algunos intentos, enseguida caes en la cuenta que sólo hay tres polígonos regulares que cumplen la normativa: triángulos, cuadrados y hexágonos. La prueba matemática es que son los únicos cuyos ángulos internos son divisores de 360 grados. La mejor aproximación de este problema al mundo real consiste en cubrir con losetas grandes extensiones, como alamedas, parques o avenidas. De hecho, no es difícil encontrar a nuestro alrededor calles pavimentadas con alguno de estos tipos de baldosas.

¡Qué curioso!, los polígonos regulares de tres, cuatro y seis lados permiten resolver el problema pero los pentágonos no sirven. Más aún, con cualquier tipo de triángulos y cuadriláteros, no necesariamente regulares, es posible también llenar el plano (juega tú mismo a teselar [embaldosar una superficie con figuras regulares o irregulares, sin dejar espacio entre ellas y ninguna se superpone a otra] el plano con esta actividad del *proyecto Descartes*). Así que, de vuelta a tu mansión, te planteas el reto de embaldosar la habitación utilizando pentágonos, todos iguales aunque no sean regulares.

El problema no es tan sencillo como el anterior. Ahora bien, si has viajado por El Cairo y te has ido fijando en el suelo, habrás encontrado algunas calles pavimentadas con pentágonos, cuyos lados son todos iguales pero no así los ángulos.

Comprenderás que el colectivo matemático se interese por el tema y se plantee una cuestión más profunda: ¿cuántos tipos de pentágonos existen con los cuales se puede embaldosar una habitación infinita? En realidad, el problema interesa a los profesionales pero también atrae a los aficionados, sobre todo a los artistas, pues las posibles soluciones sirven de inspiración para sus creaciones.

Digamos que la historia comienza en 1918, cuando el matemático alemán *Karl Reinhardt* encontró cinco clases de pentágonos convexos que teselan el plano y aseguró que el proceso de encontrar otros tipos sería demasiado tedioso y probablemente no daría ningún resultado. En efecto, fue muy tedioso pero fructífero, pues, casi 50 años después, *Richard Kershner* encontró en 1967 otros tres tipos.

Cuando ya se creía que el problema estaba resuelto, en julio de 1975 *Martin Gardner* publicó un artículo recopilatorio titulado «*Tiling with convex polygons*» en la revista *Scientific American*, el cual tuvo mucha repercusión. Tanto que *Richard James III*, informático aficionado a las matemáticas, leyó la primera parte del artículo, pensó que se trataba de un acertijo y descubrió otro tipo de embaldosado pentagonal, el noveno de la lista.

Como se dice vulgarmente, la comunidad matemática desperdició una buena oportunidad de quedarse callada. Ya no podía haber ninguna seguridad de que el problema estuviera resuelto.

Ahora es cuando entra en escena *Marjorie Rice*, ama de casa nacida en 1923 en Saint Petersburg (Florida) y madre de cinco hijos. A pesar de que su formación académica terminó en el bachillerato, el artículo de Gardner le inspiró a dedicar su tiempo libre al problema. Con gran audacia, desarrolló su propio sistema de notación para representar las restricciones y las relaciones entre los lados y ángulos de los polígonos. Así, entre 1976 y 1977, logró descubrir cuatro nuevos tipos de teselaciones pentagonales. Una hazaña digna de admiración.

Posteriormente, la propia Marjorie Rice se dedicó a crear diseños artísticos basados en sus descubrimientos, como puede verse en el portal «*Intriguing tessellations*». El interés de los matemáticos por su trabajo fue plasmado en un documental de David Suzuki.

No termina aquí la historia, ya que el decimocuarto tipo de baldosa pentagonal fue descubierto por *Rolf Stein* en 1985 y hace un año se podía leer que desde entonces no se han encontrado más (todavía hay muchos lugares en internet que describen sólo los catorce tipos conocidos hasta ese momento).

En agosto de 2015, *Alex Bellos* anunció en *The Guardian* el descubrimiento de un nuevo tipo. Treinta años después del anterior descubrimiento, *Casey Mann*, *Jennifer McLoud* y *David Von Derau*, de la Universidad de Washington en Bothell, confiaron con éxito en que su ordenador pudiera realizar una búsqueda exhaustiva para dar a luz un nuevo caso (en la revista *Tangente 167* puedes ver los 15 casos). ¿Será el último?

**Observación final.** Se ha demostrado que ningún polígono convexo con más de seis lados permite teselar el plano. El caso del hexágono fue tratado por Karl Reinhardt en su tesis doctoral de 1918, cuando probó que sólo hay tres familias de hexágonos convexos con los que se puede embaldosar un plano.

Es decir, el caso de los pentágonos es el único que no está completamente resuelto. Si te atreves a intentarlo, te espera el Olimpo de las Matemáticas.



EMBALDOSADO HEXAGONAL EN UN PARQUE DE DONOSTIA.



EMBALDOSADO PENTAGONAL EN EL CAIRO



VESTÍBULO DE ENTRADA A LA SEDE DE LA MATHEMATICAL ASSOCIATION OF AMERICA (WASHINGTON) CON UN EMBALDOSADO PENTAGONAL DESCUBIERTO POR MARJORIE RICE.

## AVANCES TECNOLÓGICOS

# Una inteligencia artificial refuta cinco conjeturas matemáticas sin ayuda humana.

Un algoritmo de aprendizaje automático halla construcciones que se creían imposibles en la teoría de grafos.

Versión del artículo original de MAYTE RIUS

TOMADO DE: LA VANGUARDIA – Barcelona, España / 25-05-2021



**UN ALGORITMO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO HA HALLADO CONSTRUCCIONES QUE MUESTRAN QUE CIERTAS CONJETURAS DE LA TEORÍA DE GRAFOS SON FALSAS. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES / ISTOCK.**

Una inteligencia artificial ha refutado cinco conjeturas matemáticas -teoremas no probados- en combinatoria extrema y teoría de grafos sin ayuda humana, sin ningún entrenamiento ni información previa sobre el tema.

Adam Zsolt Wagner, postdoctorado de la Universidad de Tel Aviv en Israel e investigador especializado en aprendizaje automático, combinatoria y teoría de grafos, utilizó un algoritmo de aprendizaje automático para buscar ejemplos que refutaran una serie de conjeturas que llevan tiempo asentadas en la teoría de grafos, un área de las matemáticas que implica el estudio de objetos configurados por una serie de puntos (los vértices) conectados por líneas (las aristas).

Los matemáticos pensaban que estas conjeturas eran ciertas, aunque sin haber podido probarlas, porque no habían encontrado una construcción que demostrase que son falsas.

## LA 'CREATIVIDAD' DE LAS MÁQUINAS

“Los matemáticos tienen muchas técnicas para encontrar tales construcciones, pero a veces el contraejemplo de una conjetura tiene una estructura muy extraña, y los humanos carecemos de creatividad para encontrarlos; por suerte, los ordenadores no están sujetos a los mismos límites de creatividad que nosotros, ya que piensan de forma diferente, y de ahí que mi programa haya encontrado contraejemplos a cinco conjeturas”, explica Wagner en una entrevista online con *La Vanguardia*.

Para hacerlo posible, utilizó un algoritmo de aprendizaje por refuerzo, un programa similar a los que aprenden juegos partiendo solo de las reglas y practicando por su cuenta, como el famoso AlphaZero de Deepmind, que alcanzó por sí solo un nivel de ajedrez sobrehumano. “Mi programa es mucho menos sofisticado, pero aun así fue lo suficientemente bueno para encontrar contraejemplos”, apunta Wagner.

## EL MÉTODO

### Aprender jugando

Y explica que el funcionamiento de su inteligencia artificial es sencillo. “Formula una conjetura como un juego; un jugador construye una gráfica y recibe una puntuación en función de lo cerca que esté de ser un contraejemplo; luego construye otra nueva figura y recibe una nueva puntuación; y así juega sucesivamente, mejorando sus construcciones y, si tenemos suerte, tras uno o dos días de aprendizaje ha encontrado una construcción que es mejor de lo que los humanos pensaban que era posible y, por tanto, hemos refutado la conjetura”, detalla.

Y añade que “lo divertido de este método es que el programa empieza sin saber nada: solo ingresamos la conjetura que tiene que refutar y dejamos que la magia del aprendizaje reforzado resuelva el resto; esto significa que no tuve que pensar en nada: una vez que el programa funcionó, solo metí alrededor de cien conjeturas y en el transcurso de unos meses se las arregló para refutar estas cinco”.

Entre las conjeturas desmontadas se encuentran una pregunta de Brualdi y Cao sobre la maximización de permanentes de patrones evitando matrices, y varios problemas relacionados con los valores propios de adyacencia y distancia de los gráficos.

El matemático Timothy Gowers, director de investigación en Cambridge, ha asegurado en Twitter que el programa de Wagner puede resultar gran ayuda para los investigadores matemáticos al permitirles comprobar de manera sencilla sus conjeturas antes de seguir adelante en sus formulaciones y cálculos.

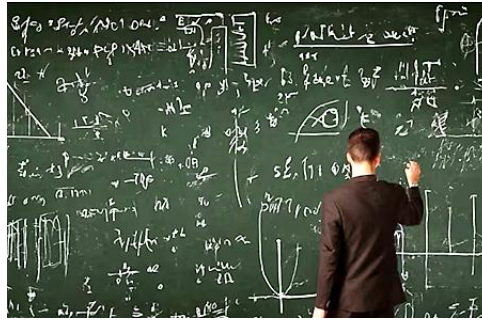
## ¿Qué es un teorema matemático?

Explicamos qué es un teorema matemático y nos adentramos en los cinco más importantes de la historia.

Publicado por EUGENIO M. FERNÁNDEZ AGUILAR  
Físico ESCRITOR y divulgador científico

TOMADO DE: Muy Interesante – 22 de diciembre de 2023

Este artículo se publicó en el número de coleccionista de Muy Interesante nº. 25, *Mundo cuántico*.



UN TEOREMA ES UNA PROPOSICIÓN QUE HA SIDO RIGUROSAMENTE DEMOSTRADA Y ESTABLECIDA COMO VERDADERA. CRÉDITO FOTO: AUTOR.

Los teoremas matemáticos son como faros que iluminan el camino hacia la comprensión profunda de la realidad. En su esencia, un teorema es una proposición que ha sido rigurosamente demostrada y establecida como verdadera. Esta definición, aunque aparentemente simple, da lugar a un fascinante viaje a través de la lógica y el razonamiento deductivo.

### NO TODO SON TEOREMAS

Antes de sumergirnos en la maravilla de los teoremas matemáticos, es crucial entender la terminología que rodea estas joyas de la lógica y la deducción. Un teorema no es simplemente una declaración probada; debe alcanzar un nivel de interés e importancia dentro de la comunidad matemática para ser elevado a la categoría de "teorema". Pero, ¿cómo clasificamos las afirmaciones matemáticas según su relevancia?

#### Lemas y corolarios

Dentro de esta jerarquía de importancia, encontramos los "lemas", afirmaciones que forman parte de teoremas más amplios. En ocasiones, estos lemas adquieren tal relevancia que se elevan al estatus de teoremas independientes, como es el caso del lema de Gauss y el lema de Zorn. Curiosamente, a pesar de alcanzar el rango de teoremas, la palabra "lema" persiste en sus nombres debido a razones históricas.

Los "corolarios", por otro lado, son afirmaciones que siguen de manera inmediata a un teorema. Si una proposición o teorema B implica sencillamente una proposición A, entonces A se convierte en un corolario de B.

#### Proposiciones

El término "proposición" abarca afirmaciones o resultados no asociados a ningún teorema en particular. Aunque algunos expertos utilizan "proposición" como sinónimo de "teorema", es esencial reconocer su distinción. Una proposición puede ser un paso hacia la construcción de teoremas más amplios o puede existir por sí misma, aportando a la riqueza del conocimiento matemático.

#### Conjeturas e hipótesis

Finalmente, nos encontramos con las "conjeturas" y las "hipótesis", enunciados matemáticos que aún no han sido demostrados. Entre ellas, destacan la famosa conjetura de Goldbach y la hipótesis de Riemann, que han desafiado a matemáticos a lo largo del tiempo.

### TOP 5 DE TEOREMAS MATEMÁTICOS

Vamos algunos ejemplos que nos permitirán adentrarnos en este emocionante mundo. De hecho nos quedamos con el top 5 de teoremas, aunque ha decenas de ellos que son fundamentales para erigir el edificio de las Matemáticas.

#### 1. TEOREMA DE PITÁGORAS

Uno de los teoremas más conocidos es el teorema de Pitágoras, que establece la relación fundamental entre los lados de un triángulo rectángulo. El enunciado más extendido es: el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos. Se le atribuye al antiguo matemático griego Pitágoras, aunque se han encontrado tablas babilónicas que demuestran que ya se conocía la relación dos mil años antes. Este resultado, aunque simple en su enunciado, tiene profundas implicaciones en geometría y trigonometría, siendo esencial en numerosos campos.



LA TABLILLA PLIMPTON 322 ALBERGA LA RELACIÓN DE PITÁGORAS, CIENTOS DE AÑOS ANTES DEL NACIMIENTO DEL SABIO.

#### 2. (ÚLTIMO) TEOREMA DE FERMAT

Si hablamos de misterios matemáticos, el teorema de Fermat es una joya en la corona. Conjeturado por Pierre de Fermat en el siglo XVII, este teorema desafió a matemáticos durante siglos antes de ser demostrado por Andrew Wiles en 1994. La historia detrás de este teorema es tan intrigante como el resultado en sí, evidenciando cómo las mentes brillantes a lo largo de la historia han buscado descifrar los enigmas de las matemáticas. ¿Y cómo se enuncia?: Si  $n$  es un número entero mayor o igual que 3, entonces no existen números enteros positivos  $x$ ,  $y$  y  $z$ , tales que se cumpla una igualdad concreta. Esta igualdad es que la suma de  $x$  elevado a  $n$  más  $y$  elevado a  $n$  es igual a  $z$  elevado a  $n$ .



PIERRE DE FERMAT.

#### 3. TEOREMA DE INCOMPLETITUD DE GÖDEL

Pasando de la geometría clásica a la lógica matemática, nos encontramos con el teorema de la incompletitud de Gödel, propuesto por el lógico y matemático Kurt Gödel en 1931. Este teorema, asombroso en su complejidad, establece que en cualquier sistema lógico lo suficientemente poderoso como para describir la aritmética, existen proposiciones que no pueden ser ni demostradas ni refutadas dentro de ese sistema. Este resultado revolucionó la comprensión de los fundamentos de las matemáticas y dejó una marca imborrable en la filosofía de la ciencia.



KURT GÖDEL A LOS 19 AÑOS DE EDAD.

#### 4. TEOREMA CENTRAL DEL LÍMITE

El teorema central del límite es un concepto fundamental en estadística que revela un fenómeno notable cuando se suman un gran número de variables aleatorias. Aunque las distribuciones originales de estas variables pueden ser diversas, la suma de ellas tiende a seguir una distribución normal a medida que el tamaño de la muestra aumenta.

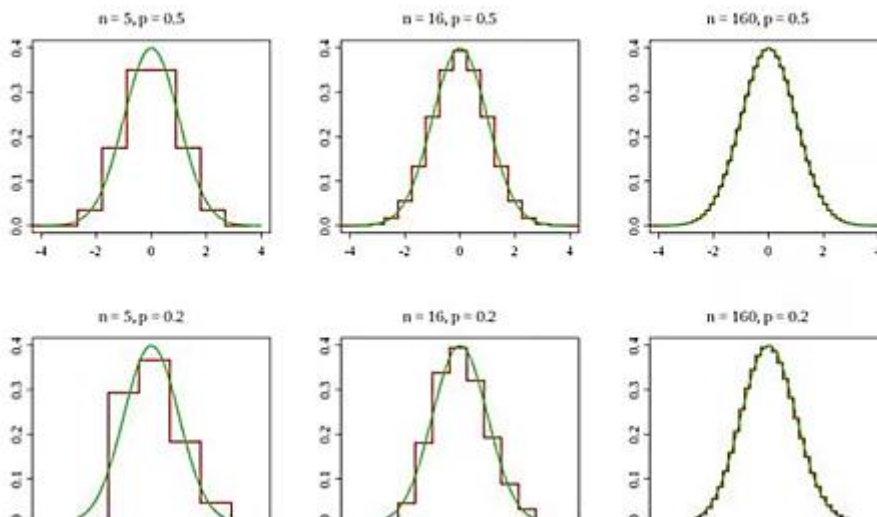


ILUSTRACIÓN GRÁFICA DEL TEOREMA CENTRAL DEL LÍMITE. CRÉDITO IMAGEN: SINNERT-WIKIPEDIA.

Este teorema es esencial en el análisis estadístico, ya que proporciona una herramienta poderosa para comprender el comportamiento de las sumas de variables aleatorias. Aunque las variables individuales pueden no seguir una distribución normal, el resultado de su suma, cuando la muestra es lo suficientemente grande, se aproxima a una distribución normal, también conocida como una campana de Gauss.

#### 5. TEOREMA DE LOS NÚMEROS PRIMOS

El teorema de los números primos, menos conocido, es un enunciado que describe la distribución asintótica de los números primos. Este teorema proporciona una descripción general de cómo se distribuyen los números primos en el conjunto de los números naturales. Formaliza la idea intuitiva de que los primos son menos comunes a medida que aumenta el valor de los números naturales. En su esencia, el teorema establece que, a medida que consideramos números cada vez más grandes, la densidad relativa de números primos disminuye. Es decir, aunque los números primos son infinitos, se vuelven menos frecuentes en comparación con el conjunto de números naturales a medida que exploramos rangos más amplios.



IMAGEN DEL HUESO DE ISHANGO EXPUESTO EN EL REAL INSTITUTO BELGA DE CIENCIAS NATURALES. PARECE CONTENER YA HACE 20 000 AÑOS LOS NÚMEROS PRIMOS 11, 13, 17 Y 19. CRÉDITO FOTO: BEN2.

## LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 54)

# La solución de Schwarzschild (II).

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>

Existe otra manera de obtener la métrica de Schwarzschild, y esta consiste en aproximar al elemento de línea mediante consideraciones en las que establecemos comparaciones con las leyes de Kepler para el movimiento planetario.

Nuevamente, consideraremos una región del espacio en torno a una masa puntual estática, para la cual podemos suponer que la métrica tiene una simetría esférica perfecta e independiente del tiempo. Y con la finalidad de simplificar la derivación que será llevada a cabo, recurriremos al uso de *unidades geometrizadas* con las cuales se fija a la constante velocidad de la luz  $c$  con un valor igual a la unidad, o sea  $c = 1$ .

Aún sin conocer las ecuaciones de campo de la Relatividad General, es posible dar una derivación “heurística” (más artística que técnica) no totalmente rigurosa de la métrica de Schwarzschild conociendo de antemano la característica de la variación de la gravedad con el inverso del cuadrado de la distancia, el conocimiento previo de la tercera ley de Kepler para órbitas circulares, y los intervalos nulos para trayectorias luminosas.

Designaremos a  $r$  como la coordenada espacial radial (la distancia a la masa puntual) de modo tal que cada punto en una superficie de  $r$  constante tenga la misma geometría intrínseca y la misma relación a la masa puntual a la cual situamos en el punto  $r = 0$ . Designemos también como  $t$  a nuestra coordenada temporal. Cualquier superficie de  $r$  y  $t$  constantes debe poseer la geometría intrínseca bi-dimensional de una 2-esfera, y podemos graduar el parámetro radial de modo tal que el área superficial sea  $4\pi r^2$ . (Puesto que a estas alturas el 4-espacio no es necesariamente Euclideo, no estamos afirmando que  $r$  sea la “distancia radial” desde la masa puntual. Más bien  $r$  es una coordenada radial arbitraria ajustada para darnos el área superficial Euclidea que corresponde a una 2-esfera.) Con este ajuste de escala, podemos parametrizar la 2-superficie para cualquier valor de  $r$  y de  $t$  mediante la métrica esférica ordinaria de “latitud y longitud”:

$$ds^2 = r^2 (d\theta)^2 + r^2 \sin^2 \theta (d\phi)^2$$

en donde  $ds$  representa la distancia incremental sobre la superficie de una esfera ordinaria de radio  $r$  que corresponda a desplazamientos incrementales  $d\theta$  y  $d\phi$ . La coordenada  $\theta$  representa la “latitud” con  $\theta = 0$  en el polo Norte y  $\theta = \pi/2$  en el Ecuador, y la coordenada  $\phi$  representa la “longitud” relativa a cierto meridiano arbitrario. En base a esto podemos decir que la métrica completa del tiempo-espacio en la cercanía de una masa esféricamente simétrica debe tener la forma:

$$ds^2 = g_{tt}(dt)^2 + g_{rr}(dr)^2 + g_{\theta\theta}(d\theta)^2 + g_{\phi\phi}(d\phi)^2$$

en donde  $g_{\theta\theta} = -r^2$  y  $g_{\phi\phi} = -r^2 \sin^2 \theta$ , y tanto  $g_{tt}$  como  $g_{rr}$  son funciones desconocidas de  $r$  y de la masa central  $m$ . Naturalmente, si hacemos  $m = 0$  entonces ambas funciones  $g_{tt}$  y  $g_{rr}$  deben ser iguales a la unidad para que puedan darnos la métrica de un espacio-tiempo *plano*, Lorentziano, puesto que esperamos que la métrica se vaya aplanando a distancias lo suficientemente alejadas de la masa gravitacional.

Puesto que la métrica es diagonal, los componentes que corresponden al tensor métrico conjugado  $g^{-1} = (g^{ab})$  están dados simplemente por  $g^{aa} = 1/g_{aa}$ . La diagonalidad de la métrica nos permite simplificar los símbolos de Christoffel a la siguiente relación (ni en  $g_{\alpha\alpha}$  ni en ninguna otra parte de la ecuación hay sumación alguna implicada):

$$\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = \frac{1}{2g_{\alpha\alpha}} \left( -\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^{\alpha}} + \frac{\partial g_{\alpha\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial g_{\alpha\nu}}{\partial x^{\mu}} \right)$$

Por otro lado, las derivadas parciales de los coeficientes métricos que no terminan siendo cero son las siguientes:

$$\begin{aligned} \frac{\partial g_{\theta\theta}}{\partial r} &= -2r \\ \frac{\partial g_{\phi\phi}}{\partial r} &= -2r \sin^2 \theta \\ \frac{\partial g_{\phi\phi}}{\partial \theta} &= -2r^2 \sin \theta \cos \theta \\ &= -2r^2 \sin \theta \end{aligned}$$

adjunto con  $\partial g_{tt}/\partial r$  y  $\partial g_{rr}/\partial r$  que están aún por ser determinados. Insertando estas derivadas parciales en la ecuación anterior encontramos que los únicos símbolos de Christoffel que no son cero son los siguientes:

$$\begin{aligned} \Gamma^t_{tr} &= \Gamma^t_{rt} = \frac{1}{2g_{tt}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} \\ \Gamma^r_{tt} &= -\frac{1}{2g_{rr}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} & \Gamma^r_{rr} &= \frac{1}{2g_{rr}} \frac{\partial g_{rr}}{\partial r} \\ \Gamma^r_{\theta\theta} &= \frac{r}{g_{rr}} & \Gamma^r_{\phi\phi} &= \frac{r \sin^2 \theta}{g_{rr}} \\ \Gamma^{\theta}_{r\theta} &= \Gamma^{\theta}_{\theta r} = \frac{1}{r} & \Gamma^{\theta}_{\phi\phi} &= -\sin \theta \cos \theta \\ \Gamma^{\phi}_{r\phi} &= \Gamma^{\phi}_{\phi r} = \frac{1}{r} & \Gamma^{\phi}_{\phi\theta} &= \Gamma^{\phi}_{\theta\phi} = \frac{1}{\tan \theta} \end{aligned}$$

De esto obtenemos los coeficientes para las cuatro ecuaciones geodésicas que corresponden a un 4-espacio en la cercanía de una masa esféricamente simétrica, que son:

$$\begin{aligned}\frac{d^2t}{d\lambda^2} &= \frac{1}{g_{tt}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} \left( \frac{dt}{d\lambda} \right)^2 \\ \frac{d^2r}{d\lambda^2} &= \frac{1}{2g_{rr}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} \left( \frac{dt}{d\lambda} \right)^2 - \frac{1}{2g_{rr}} \frac{\partial g_{rr}}{\partial r} \left( \frac{dr}{d\lambda} \right)^2 \\ &\quad - \frac{r}{g_{rr}} \left( \frac{d\theta}{d\lambda} \right)^2 - \frac{r \sin^2 \theta}{g_{rr}} \left( \frac{d\phi}{d\lambda} \right)^2 \\ \frac{d^2\theta}{d\lambda^2} &= -\frac{2}{r} \left( \frac{dr}{d\lambda} \right) \left( \frac{d\theta}{d\lambda} \right) + 2 \sin \theta \cos \theta \left( \frac{d\phi}{d\lambda} \right)^2 \\ \frac{d^2\phi}{d\lambda^2} &= -\frac{2}{r} \left( \frac{dr}{d\lambda} \right) \left( \frac{d\phi}{d\lambda} \right) - \frac{2}{\tan \theta} \left( \frac{d\theta}{d\lambda} \right) \left( \frac{d\phi}{d\lambda} \right)\end{aligned}$$

Aquí suponemos que en ausencia de fuerzas no-gravitatorias, todos los movimientos naturales (tanto partículas con masa como fotones luminosos) siguen rutas geodésicas, de modo tal que este sistema de ecuaciones nos proporciona una descripción completa de los movimientos inerciales-gravitatorios de partículas de prueba en un campo esféricamente simétrico. Todo lo que nos queda por determinar son los coeficientes  $g_{tt}$  y  $g_{rr}$ , y para lograrlo es aquí cuando recurriremos a la tercera ley de Kepler que nos dice: “Para cualquier planeta siguiendo una órbita elíptica, el cuadrado de su período orbital (tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol) es directamente proporcional al cubo de la distancia media con el Sol (o la masa central que está ejerciendo la atracción gravitatoria)”. Esperamos que una posible solución a la métrica que estamos tratando de especificar sean órbitas Keplerianas circulares, lo cual significa que si consideramos a  $r$  correspondiendo al menos aproximadamente a la distancia Newtoniana radial al centro de la masa puntual, entonces debe de haber una ruta geodésica circular llevándose a cabo a una distancia  $r$  constante con una velocidad angular  $\omega$ , y estas cantidades tienen que estar relacionadas -al menos aproximadamente- según la tercera ley de Kepler de acuerdo con la siguiente fórmula empírica para dicha ley:

$$m = r^3 \omega^2$$

Si consideramos un movimiento puramente circular llevándose a cabo en el plano Ecuatorial ( $\theta = \pi/2$ ) a un valor de  $r$  constante, entonces la métrica se reduce a:

$$ds^2 = g_{tt}(dt)^2 - r^2 (d\phi)^2$$

Recurriremos ahora al *tiempo propio* (tiempo local) haciendo  $ds^2 = (cd\tau)^2$ . Si hacemos  $c = 1$  para fines de simplificación en la demostración, tenemos entonces lo siguiente:

$$d\tau^2 = g_{tt}(dt)^2 - r^2 (d\phi)^2$$

Puesto que  $dr/dt = 0$  al no variar la coordenada radial conforme la partícula de prueba se mueve a lo largo de la ruta geodésica circular, las ecuaciones geodésicas para estas rutas circulares se reducen a:

$$\begin{aligned}\frac{d^2t}{d\tau^2} &= \frac{d^2\theta}{d\tau^2} = \frac{d^2\phi}{d\tau^2} = 0 \\ \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} \left( \frac{dt}{d\tau} \right)^2 &= 2r \left( \frac{d\phi}{d\tau} \right)^2\end{aligned}$$

Multiplicando al través por  $(d\tau/dt)^2$  e identificando a la velocidad angular  $\omega$  con la derivada de  $\phi$  con respecto a la coordenada temporal  $t$ , el lado derecho de esta última relación se convierte en:

$$\frac{\partial g_{tt}}{\partial r} = 2r \left( \frac{d\phi}{dt} \right)^2 = 2r\omega^2$$

Para que haya consistencia con la tercera ley de Kepler, tenemos que tener a  $\omega^2$  igual (o aproximadamente igual) a  $m/r^3$ , de modo tal que llevamos a cabo esta substitución arriba para obtener:

$$\frac{\partial g_{tt}}{\partial r} = \frac{2m}{r^2}$$

Integrando esta ecuación encontramos que el coeficiente métrico debe ser de la forma:

$$k - (2m/r)$$

en donde  $k$  es una constante de integración. Puesto que  $g_{tt}$  debe ser igual a 1 cuando  $m = 0$  y/o cuando  $r$  tiende hacia el infinito, resulta claro que  $k = 1$ , de modo tal que:

$$g_{tt} = 1 - \frac{2m}{r}$$

Tenemos también que para un fotón alejándose en una dirección puramente radial de la masa gravitatoria  $d\tau = 0$ , de modo tal que nuestra métrica para un rayo de luz puramente radial debe ser:

$$g_{tt}(dt)^2 = -g_{rr}(dr)^2$$

Considérese ahora una partícula radial de prueba situada a una distancia radial  $r$ . La ecuación de la métrica proporciona el elemento de línea de la *línea del mundo* (diagrama espacio-tiempo de Minkowski) de esta partícula de prueba:

$$d\tau^2 = g_{tt} dt^2$$

y tenemos también la ecuación de la ruta geodésica radial para esta partícula:

$$\frac{d^2r}{d\tau^2} = \frac{1}{2g_{rr}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} \left( \frac{dt}{d\tau} \right)^2$$

El lado izquierdo de esta ecuación es la aceleración causada por la gravedad,  $dr^2/d\tau^2$  en unidades geométricas (con  $c = G = 1$ ), lo cual es considerado como la expresión del inverso del cuadrado de la distancia -  $m/r^2$  (el signo negativo sirve para distinguir la fuerza atractiva en contraste con la fuerza repulsiva). Combinando esto con las relaciones anteriores obtenemos entonces:

$$g_{tt}g_{rr} = -1$$

Esto implica una “factorización perpendicular” de  $g_{tt} = dr/dt$  y  $g_{rr} = -dr/dt$  en  $g_{tt}(dt)^2 = -g_{rr}(dr)^2$ , lo cual nos da  $g_{rr} = -1/g_{tt}$ , con lo cual tenemos ya la métrica completa de Schwarzschild:

$$d\tau^2 = (1 - 2m/r)(dt)^2 - (1 - 2m/r)^{-1}(dr)^2 - r^2(d\theta)^2 - r^2 \sin^2 \theta (d\phi)^2$$

en *unidades geometrizadas* en donde la masa  $m$  tiene unidades de longitud.

El que sea posible derivar la métrica de Schwarzschild a partir de las leyes de Kepler sin tener un conocimiento previo de las ecuaciones de campo de la Relatividad General es posible porque *los resultados obtenidos mediante las ecuaciones de campo de la Relatividad General se deben reducir a los resultados clásicos cuando el campo gravitacional no es muy intenso*. Naturalmente, esto tiene sus limitaciones, porque en el caso de la luz, careciendo los fotones de masa en reposo, la mecánica Newtoniana no produce efecto gravitatorio alguno sobre la luz, en contraposición directa con lo que predice la Relatividad General.

**PROBLEMA:** *Obtener los símbolos de Christoffel de segundo género que sean diferentes de cero para la métrica de Schwarzschild dada como:*

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

De este elemento de línea  $ds^2$  de la métrica de Schwarzschild obtenemos los componentes del tensor métrico  $g$  que corresponde a dicha métrica, cuya representación matricial es la de una matriz diagonal:

$$\begin{aligned} g_{tt} &= 1 - \frac{2GM}{rc^2} \\ g_{rr} &= - \left( 1 - \frac{2GM}{rc^2} \right)^{-1} \\ g_{\theta\theta} &= - r^2 \\ g_{\phi\phi} &= - r^2 \sin^2 \theta \end{aligned}$$

La fórmula general para la evaluación de los símbolos de Christoffel es:

$$\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = g^{\alpha\beta} (-g_{\mu\nu,\beta} + g_{\nu\beta,\mu} + g_{\mu\beta,\nu})/2$$

o bien, mostrando explícitamente las diferenciaciones parciales sin recurrir a la abreviatura de la notación de la coma:

$$\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = g^{\alpha\beta} (-\partial g_{\mu\nu}/\partial x^{\beta} + \partial g_{\nu\beta}/\partial x^{\mu} + \partial g_{\mu\beta}/\partial x^{\nu})/2$$

Para la evaluación de  $\Gamma^1_{11}$  en coordenadas generalizadas tenemos:

$$\Gamma^1_{11} = g^{11} (-\partial g_{11}/\partial x^1 + \partial g_{11}/\partial x^1 + \partial g_{11}/\partial x^1)/2$$

o bien, haciendo a un lado las coordenadas generalizadas:

$$\Gamma^t_{tt} = \frac{1}{2} g^{tt} \frac{\partial g_{tt}}{\partial t} = \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{2GM}{rc^2} \right)^{-1} \frac{\partial}{\partial t} \left( 1 - \frac{2GM}{rc^2} \right) = 0$$

Aunque podemos evaluar todos los símbolos de Christoffel mediante la relación general, en la obtención *abreviada* de los símbolos de Christoffel de segundo género para un tensor métrico cuya representación matricial es la de una matriz diagonal podemos utilizar las relaciones de cálculo abreviado que se reproducen a continuación (no aplica en estas fórmulas la convención de sumación para índices repetidos):

$$\begin{aligned} \Gamma^a_{bc} &= 0 \\ \Gamma^a_{ab} &= \Gamma^a_{ba} = \frac{1}{2} \frac{1}{g_{aa}} \frac{\partial g_{aa}}{\partial x^b} \\ \Gamma^a_{bb} &= -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{aa}} \frac{\partial g_{bb}}{\partial x^a} \\ \Gamma^a_{aa} &= \frac{1}{2} \frac{1}{g_{aa}} \frac{\partial g_{aa}}{\partial x^a} \end{aligned}$$

El primer símbolo de Christoffel que obtendremos usando estos atajos será el que corresponde a  $\Gamma^t_{tr}$  que por la propiedad de simetría para los símbolos de Christoffel de segundo género es igual a  $\Gamma^t_{rt}$ :

$$\Gamma^t_{tr} = \Gamma^t_{rt} = \frac{1}{2} \frac{1}{g_{tt}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} \frac{\partial}{\partial r} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} \left(\frac{2GM}{r^2 c^2}\right) = \frac{GM}{r^2 c^2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1}$$

Ahora evaluaremos el símbolo de Christoffel que corresponde a  $\Gamma^r_{tt}$  (en la segunda línea el signo negativo de la primera línea es cancelado por el signo negativo que va con  $g_{rr}$ ):

$$\Gamma^r_{tt} = -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{rr}} \frac{\partial g_{tt}}{\partial r} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \frac{\partial}{\partial r} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) = \frac{GM}{r^2 c^2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)$$

El siguiente símbolo de Christoffel que obtendremos con los atajos será el que corresponde a  $\Gamma^2_{22} = \Gamma^r_{rr}$  (al aparecer repetido  $g_{rr}$ , el efecto de los dos signos negativos se cancela):

$$\Gamma^r_{rr} = -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{rr}} \frac{\partial g_{rr}}{\partial r} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \frac{\partial}{\partial r} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-2} \left(\frac{2GM}{r^2 c^2}\right) = -\left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} \left(\frac{GM}{r^2 c^2}\right)$$

A continuación obtendremos el símbolo de Christoffel que corresponde a  $\Gamma^r_{\theta\theta}$  (el signo negativo que porta  $g_{rr}$  se nulifica con el signo negativo que lleva  $g_{\theta\theta}$ ):

$$\Gamma^r_{\theta\theta} = -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{rr}} \frac{\partial g_{\theta\theta}}{\partial r} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \frac{\partial}{\partial r} (r^2) = -r \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)$$

El siguiente símbolo de Christoffel que evaluaremos será  $\Gamma^r_{\phi\phi}$  (el signo negativo que porta  $g_{rr}$  se nulifica con el signo negativo que lleva  $g_{\phi\phi}$ ):

$$\Gamma^r_{\phi\phi} = -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{rr}} \frac{\partial g_{\phi\phi}}{\partial r} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sin^2 \theta) = -\left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) r \sin^2 \theta$$

A continuación evaluaremos el símbolo de Christoffel  $\Gamma^{\theta}_{\phi\phi}$  (el signo negativo que porta  $g_{\theta\theta}$  se nulifica con el signo negativo que lleva  $g_{\phi\phi}$ ):

$$\Gamma^{\theta}_{\phi\phi} = -\frac{1}{2} \frac{1}{g_{\theta\theta}} \frac{\partial g_{\phi\phi}}{\partial \theta} = -\frac{1}{2} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} (r^2 \sin^2 \theta) = -\sin \theta \cos \theta$$

Haremos ahora la evaluación del símbolo  $\Gamma^{\theta}_{\theta r}$ :

$$\Gamma^{\theta}_{\theta r} = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2) = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2} (2r) = \frac{1}{r}$$

Por virtud de la simetría en los sub-índices de los símbolos de Christoffel de segundo género, en base a este resultado tenemos también que  $\Gamma^{\theta}_{\theta r} = \Gamma^{\theta}_{r\theta}$ .

A continuación evaluaremos el símbolo de Christoffel  $\Gamma^{\phi}_{\phi r}$  (al estar repetido  $g_{\phi\phi}$  en la fórmula abreviada, el efecto de los dos signos negativos se cancela):

$$\Gamma^{\phi}_{\phi r} = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \sin^2 \theta) = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} (2r \sin^2 \theta) = \frac{1}{r}$$

En virtud de la simetría en los sub-índices de los símbolos de Christoffel de segundo género, en base a este resultado tenemos también que  $\Gamma^{\phi}_{\phi r} = \Gamma^{\phi}_{r\phi}$ .

Por último, evaluaremos a  $\Gamma^{\phi}_{\phi\theta}$ :

$$\Gamma^{\phi}_{\phi\theta} = \frac{1}{2} \frac{1}{g_{\phi\phi}} \frac{\partial}{\partial \theta} (g_{\phi\phi}) = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (r^2 \sin^2 \theta) = \frac{1}{2} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} (2r^2 \sin \theta \cos \theta) = \frac{\cos \theta}{\sin \theta} = \frac{1}{\tan \theta} = \cot \theta$$

En virtud de la simetría en los sub-índices de los símbolos de Christoffel de segundo género, en base a este resultado tenemos también que  $\Gamma^{\phi}_{\phi\theta} = \Gamma^{\phi}_{\theta\phi}$ .

Todos los demás símbolos de Christoffel posibles son iguales a cero.

Con los símbolos de Christoffel disponibles para una métrica en particular, el montaje del sistema de ecuaciones geodésicas del movimiento para el 4-espacio relativista es directo e inmediato.

**PROBLEMA:** *Obtener las ecuaciones geodésicas correspondientes a los símbolos de Christoffel de la métrica de Schwarzschild que sean necesarias para describir el movimiento planetario de un cuerpo sumergido en un campo gravitacional.*

Al tratar el tema de la ruta geodésica, vimos que para el 4-espacio usando el tiempo propio (local)  $\tau$  como el parámetro independiente, es el siguiente (en coordenadas generalizadas):

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x^1}{d\tau^2} + \Gamma^1_{pq} \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 x^2}{d\tau^2} + \Gamma^2_{pq} \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 x^3}{d\tau^2} + \Gamma^3_{pq} \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 x^4}{d\tau^2} + \Gamma^4_{pq} \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \end{aligned}$$

Para un campo esféricamente simétrico basado en las coordenadas  $(x^1, x^2, x^3, x^4) = (t, r, \theta, \phi)$ , el sistema de ecuaciones geodésicas es el siguiente:

$$\begin{aligned}\frac{d^2 t}{d\tau^2} + \Gamma_{pq}^t \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 r}{d\tau^2} + \Gamma_{pq}^r \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 \theta}{d\tau^2} + \Gamma_{pq}^\theta \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 \phi}{d\tau^2} + \Gamma_{pq}^\phi \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0\end{aligned}$$

En cada una de las cuatro ecuaciones, por la convención de sumatoria para índices repetidos tendríamos en principio para el segundo término una expansión a 16 términos, y siendo cuatro las ecuaciones geodésicas del movimiento tendríamos que escribir un total de  $4 \times 16 = 64$  términos adicionales para su posterior simplificación algebraica, lo cual puede parecer intimidante. Sin embargo, como podemos verlo en los símbolos de Christoffel que obtuvimos arriba para la métrica de Schwarzschild, en realidad hay tan solo unos cuantos que son diferentes de cero, de modo que el trabajo real es mucho menor de lo que aparenta ser.

Llevaremos a cabo la formulación de la primera ecuación geodésica, la que corresponde a la primera coordenada (temporal) t:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial \tau^2} + \Gamma_{pq}^t \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} = 0$$

escribiendo simplemente 0 para representar los 14 términos que son iguales a cero en la sumatoria desarrollada sin tomarnos la molestia de escribirlos explícitamente:

$$\begin{aligned}\frac{d^2 t}{d\tau^2} + \Gamma_{rt}^t \frac{dr}{d\tau} \frac{dt}{d\tau} + \Gamma_{tr}^t \frac{dt}{d\tau} \frac{dr}{d\tau} + 0 &= 0 \\ \frac{d^2 t}{d\tau^2} + 2\Gamma_{rt}^t \frac{dr}{d\tau} \frac{dt}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d^2 t}{d\tau^2} &= -\frac{2GM}{r^2 c^2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} \frac{dr}{d\tau} \frac{dt}{d\tau} \\ \frac{d^2 t}{d\tau^2} &= -\frac{2GM}{r(rc^2 - 2GM)} \frac{dr}{d\tau} \frac{dt}{d\tau}\end{aligned}$$

Del mismo modo, para la coordenada  $\phi$  la ecuación geodésica será obtenida de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \phi}{\partial \tau^2} + \Gamma_{pq}^\phi \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{\partial^2 \phi}{\partial \tau^2} + \Gamma_{\phi r}^\phi \frac{d\phi}{d\tau} \frac{dr}{d\tau} + \Gamma_{r\phi}^\phi \frac{dr}{d\tau} \frac{d\phi}{d\tau} + 0 &= 0 \\ \frac{\partial^2 \phi}{\partial \tau^2} &= -2\Gamma_{r\phi}^\phi \frac{dr}{d\tau} \frac{d\phi}{d\tau} \\ \frac{\partial^2 \phi}{\partial \tau^2} &= -\frac{2}{r} \frac{dr}{d\tau} \frac{d\phi}{d\tau}\end{aligned}$$

La evaluación de la ecuación geodésica que corresponde a la coordenada radial r, con las sumatorias expandidas de acuerdo a como lo pide la convención de sumación para índices repetidos:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 r}{\partial \tau^2} + \Gamma_{pq}^r \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{\partial^2 r}{\partial \tau^2} + \Gamma_{tt}^r \frac{dt}{d\tau} \frac{dt}{d\tau} + \Gamma_{rr}^r \frac{dr}{d\tau} \frac{dr}{d\tau} + \Gamma_{\phi\phi}^r \frac{d\phi}{d\tau} \frac{d\phi}{d\tau} + \Gamma_{\theta\theta}^r \frac{d\theta}{d\tau} \frac{d\theta}{d\tau} + 0 &= 0\end{aligned}$$

y que viene siendo igual a la siguiente expresión simplificada:

$$\frac{\partial^2 r}{\partial \tau^2} = -\Gamma_{tt}^r \left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 - \Gamma_{rr}^r \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 - \Gamma_{\phi\phi}^r \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2 - \Gamma_{\theta\theta}^r \left(\frac{d\theta}{d\tau}\right)^2$$

resulta ser la siguiente:

$$\frac{\partial^2 r}{\partial \tau^2} = -\frac{GM}{r^2 c^2} \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 + \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} \left(\frac{GM}{r^2 c^2}\right) \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 + r \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2$$

Podemos hacer una ligera simplificación de esta ecuación geodésica escribiéndola de la siguiente manera:

$$\frac{\partial^2 r}{\partial \tau^2} = -\frac{GM(rc^2 - 2GM)}{r^3} \left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 + \frac{GM}{r(rc^2 - 2GM)} \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 + \left(r - \frac{2GM}{c^2}\right) \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2$$

Si a estas alturas recurrimos a *unidades geometrizadas* (haciendo  $G = 1$  y  $c = 1$ ) con las cuales podemos acortar lo que tenemos que escribir, podemos escribir las siguientes ecuaciones geodésicas abreviadas para la métrica de Schwarzschild:

$$\begin{aligned}\frac{d^2 t}{d\tau^2} &= -\frac{2m}{r(r-2m)} \left(\frac{dr}{d\tau}\right) \left(\frac{dt}{d\tau}\right) \\ \frac{d^2 r}{d\tau^2} &= -\frac{m(r-2m)}{r^3} \left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 + \frac{m}{r(r-2m)} \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 + (r-2m) \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2 \\ \frac{d^2 \phi}{d\tau^2} &= -\frac{2}{r} \left(\frac{dr}{d\tau}\right) \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)\end{aligned}$$

No hemos obtenido aún la ecuación geodésica que corresponde a  $d^2\theta/d\tau^2$ . En realidad, *no la necesitamos*. Y no la necesitamos porque el movimiento del cuerpo en su ruta geodésica a través del espacio-tiempo curvo se lleva a cabo en un plano, requiriéndose por lo tanto una sola coordenada angular para continuar con el análisis. De cualquier modo, y con fines de completitud, a continuación tenemos la ecuación geodésica para la coordenada angular  $\theta$ :

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2\theta}{\partial\tau^2} + \Gamma_{pq}^\theta \frac{dx^p}{d\tau} \frac{dx^q}{d\tau} &= 0 \\ \frac{\partial^2\theta}{\partial\tau^2} + \Gamma_{\theta r}^\theta \frac{d\theta}{d\tau} \frac{dr}{d\tau} + \Gamma_{r\theta}^\theta \frac{dr}{d\tau} \frac{d\theta}{d\tau} + \Gamma_{\phi\phi}^\theta \frac{d\phi}{d\tau} \frac{d\phi}{d\tau} + 0 &= 0 \\ \frac{\partial^2\theta}{\partial\tau^2} &= -2\Gamma_{r\theta}^\theta \frac{dr}{d\tau} \frac{d\theta}{d\tau} - \Gamma_{\phi\phi}^\theta \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2 \\ \frac{\partial^2\theta}{\partial\tau^2} &= -\frac{2}{r} \frac{dr}{d\tau} \frac{d\theta}{d\tau} - \text{sen}\theta \text{cos}\theta \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2\end{aligned}$$

Obsérvese que si llevamos a cabo nuestro análisis en un plano de movimiento para el cual  $\theta = \pi/2$ , el segundo término en esta última ecuación se desvanece en virtud de que  $\text{cos}(\pi/2) = 0$ , y la ecuación geodésica se reduce a lo mismo que lo que ya tenemos para la ecuación geodésica correspondiente a la coordenada  $\phi$ , lo cual era de esperarse en virtud de que no hay razón por la cual un desplazamiento angular deba ser privilegiado sobre otro.

Continuaremos nuestro análisis recurriendo a las *unidades geometrizadas* que nos permiten tomar a la velocidad de la luz  $c$  y a la constante de gravitación universal  $G$  con valores iguales a la unidad, o sea  $c = G = 1$ . El uso de unidades geometrizadas está justificado cuando lo que queremos hacer es llevar a cabo un análisis *cualitativo* como lo haremos a continuación. Si lo que queremos es obtener resultados numéricamente exactos en unidades convencionales, entonces tenemos que revertir a los valores físicos reales de  $G$  y de  $c$ .

Podemos integrar de inmediato -con sustitución de variables- la primera ecuación y la tercera ecuación geodésicas para obtener así, en unidades geometrizadas:

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{kr}{r(r-2M)} \quad \frac{d\phi}{d\tau} = \frac{h}{r^2}$$

en donde  $k$  y  $h$  son constantes de integración determinadas por las condiciones iniciales de las órbitas. Por otro lado, si con el fin de seguir llevando a cabo nuestro análisis cualitativo (en lugar de un análisis cuantitativo con resultados numéricos reales) tomamos la métrica convencionalmente “correcta” de Schwarzschild:

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

haciendo  $ds = cd\tau$ :

$$(cd\tau)^2 = (1 - 2Gm/rc^2)(dt)^2 - (1 - 2Gm/rc^2)^{-1}(dr)^2 - r^2(d\theta)^2 - r^2 \text{sen}^2\theta(d\phi)^2$$

y la expresamos en unidades geometrizadas haciendo  $G = 1$  y  $c = 1$ :

$$d\tau^2 = (1 - 2m/r)(dt)^2 - (1 - 2m/r)^{-1}(dr)^2 - r^2(d\theta)^2 - r^2 \text{sen}^2\theta(d\phi)^2$$

dividiendo tras esto a la métrica entre  $d\tau^2$ , obtenemos entonces lo siguiente:

$$1 = (1 - 2m/r)(dt/d\tau)^2 - (1 - 2m/r)^{-1}(dr/d\tau)^2 - r^2(d\theta/d\tau)^2 - r^2 \text{sen}^2\theta(d\phi/d\tau)^2$$

Escogiendo para  $\theta$  un valor *constante*  $\theta = \pi/2$ , con lo cual  $d\theta/d\tau = 0$ , y con lo cual el último término se reduce simplemente a  $r^2(d\phi/d\tau)^2$ , tenemos entonces:

$$1 = (1 - 2m/r)(dt/d\tau)^2 - (1 - 2m/r)^{-1}(dr/d\tau)^2 - r^2(d\phi/d\tau)^2$$

Substituyendo aquí los resultados que obtuvimos de las integraciones de las dos ecuaciones geodésicas para la métrica de Schwarzschild, llegamos ahora a lo siguiente:

$$1 = \frac{k^2 r}{r-2m} - \left(\frac{r}{r-2m}\right) \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 - \frac{h^2}{r^2}$$

Podemos despejar para  $(dr/d\tau)^2$ , obteniendo así:

$$\left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 = (2h^2 m) \frac{1}{r^3} - (h^2) \frac{1}{r^2} + (2m) \frac{1}{r} - (1 - k^2)$$

Diferenciando esto último con respecto a  $\tau$  y dividiendo entre  $2(dr/d\tau)$  obtenemos lo siguiente:

$$\frac{d^2 r}{d\tau^2} = -\frac{m}{r^2} + \frac{h^2}{r^3} - \frac{3h^2 m}{r^4}$$

Haciendo  $d\phi/d\tau = \omega$  para identificar a la velocidad angular propia (local), podemos identificar entonces que  $h = \omega r^2$ , con lo cual esta última ecuación puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\frac{d^2 r}{d\tau^2} = -\frac{m}{r^2} + \frac{h^2}{r^3} + \omega^2(r - 3m)$$

Para el caso en el que la velocidad angular del cuerpo que está sumergido en la métrica es igual a cero, o sea  $\omega = 0$ , esto no s dá la forma apropiada de la ley de la atracción universal de Newton en la cual la aceleración gravitacional varía en razón inversa al cuadrado de la distancia. Para el caso en el que  $\omega$  no es igual a cero, el término  $\omega^2 r$  corresponde a la aceleración centrípeta Newtoniana clásica para la cual, si definiéramos a la velocidad tangencial como el producto de la velocidad angular por el radio ( $v = \omega r$ ), sería igual a la expresión clásica  $v^2/r$ . Este término sirve para contrarrestar de alguna manera la atracción causada por la gravedad, pero en la versión relativista exacta lo que encontramos no es  $\omega^2 r$  sino  $\omega^2(r - 3m)$  en el tercer término de la ecuación de arriba. Para evitar confusiones, vale la pena notar que la cantidad  $\omega^2(1 - 3m/r)$  sería simplemente  $\omega^2$  si  $\omega$  fuese definida como la derivada de  $\phi$  con respecto al tiempo de coordenada de Schwarzschild ( $t$ ) en lugar del tiempo propio  $\tau$ .

De este modo, la versión *relativista* de la tercera ley de Kepler para órbitas circulares es formalmente idéntica a la versión Newtoniana, pero solo si identificamos a las coordenadas Newtonianas con las coordenadas de Schwarzschild. Para valores de  $r$  mucho mayores que  $3m$  -en unidades geometrizadas- esta diferencia puede ser ignorada, pero debe ser claro que conforme el valor de  $r$  se va aproximando cada vez más al valor de  $3m$  podemos esperar encontrarnos con efectos no-clásicos, y naturalmente si  $r$  llega a ser menor que  $3m$  esperamos encontrarnos con efectos de índole puramente relativista que no tienen absolutamente nada de clásicos. De hecho, esto corresponde al caso en el cual la partícula en órbita va cayendo en espiral hacia el centro. En la mecánica clásica Newtoniana, es imposible que una partícula en órbita pueda ir cayendo en espiral hacia el centro del cuerpo que produce el campo gravitacional porque sólo son posibles las órbitas elípticas. Aunque se nos vengan a la mente las imágenes de satélites en órbita que van cayendo en espiral hacia la Tierra (como el Skylab, precursor de la Estación Espacial Internacional, el cual cayó a la tierra el 11 de julio de 1979 tras ir perdiendo altura por varias semanas), la pérdida de altura en tales casos se debe a la oposición que va presentando la cada vez más densa atmósfera terrestre al satélite que está cayendo. La caída en espiral no sólo es posible sino que incluso es explicada y anticipada dentro de la mecánica relativista.

Puesto que las ecuaciones de arriba involucran únicamente potencias de  $(1/r)$ , es conveniente hacer un cambio de variables haciendo  $u = 1/r$ . Diferenciando a  $u$  con respecto a  $\phi$  nos dá  $du/d\phi = -(1/r)^2 dr/d\phi$ . También, puesto que  $r^2 = h/(d\phi/dt)$ , tenemos que  $dr/d\tau = -h(du/d\phi)$ . Substituyendo los valores de  $dr/d\tau$  y  $1/r$  en la ecuación:

$$\left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 = (2h^2m)\frac{1}{r^3} - (h^2)\frac{1}{r^2} + (2m)\frac{1}{r} - (1 - k^2)$$

obtenemos la siguiente ecuación diferencial que nos relaciona a  $u$  con  $\phi$ :

$$h^2 \left(\frac{du}{d\phi}\right)^2 = (2h^2m)u^3 - (h^2)u^2 + (2m)u - (1 - k^2)$$

Diferenciando nuevamente con respecto a  $\phi$  y dividiendo entre  $2h^2$  llegamos a lo siguiente:

$$3mu^2 - u + \left(\frac{m}{h^2} - \ddot{u}\right) = 0$$

en donde con la notación de doble punto estamos representando lo siguiente (no se trata de una segunda derivada con respecto al tiempo):

$$\ddot{u} = \frac{d^2u}{d\phi^2}$$

Lo que tenemos ahora es una ecuación cuadrática en  $u$ . Resolviendo dicha ecuación cuadrática tenemos entonces:

$$u = \frac{1}{6m} \left( 1 - \sqrt{1 - 12\left(\frac{m^2}{h^2} - m\ddot{u}\right)} \right)$$

La cantidad dentro de los paréntesis bajo la raíz cuadrada típicamente es muy pequeña en comparación con la unidad, de modo tal que podemos aproximar a la raíz cuadrada con los primeros términos de la expansión en series:

$$u \approx \frac{1}{6m} \left[ \frac{1}{2} \left( 12m \left( \frac{m}{h^2} - \ddot{u} \right) \right) + \frac{1}{8} \left( 12m \left( \frac{m}{h^2} - \ddot{u} \right) \right)^2 \right]$$

Usando estas aproximaciones para expandir el lado derecho y acomodando términos obtenemos entonces:

$$\left( 1 + 6 \left( \frac{m}{h} \right)^2 \right) \ddot{u} + u = \left( \frac{m}{h^2} + 3 \frac{m^3}{h^4} \right) + 3m\ddot{u}^2$$

El valor de  $d^2u/d\phi^2$  es numéricamente muy pequeño en problemas astronómicos típicos, varios órdenes de magnitud menor que la unidad, de modo tal que la cantidad  $3m(d^2u/d\phi^2)$  en el lado derecho puede ser ignorada en el análisis de los movimientos planetarios. Esto nos deja ya simplemente con un oscilador armónico simple de la forma:

$$M\ddot{u} + u = F$$

en donde  $M$  y  $F$  son constantes. Para alguna selección inicial de  $\phi$  la solución general de esta ecuación puede ser expresada de la manera siguiente:

$$u(\phi) = F[1 + k\cos(\phi/\sqrt{m})]$$

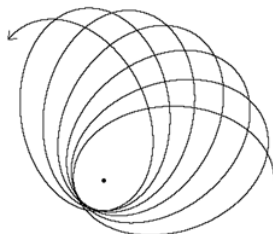
en donde  $k$  es una constante de integración. De este modo, revirtiendo al parámetro original  $r = 1/u$ , la relación entre  $r$  y  $\phi$  es:

$$r(\phi) = \left( \frac{h^2/m}{1 + 3(m/h)^2} \right) \frac{1}{1 + k\cos(\Omega\phi)}$$

en donde:

$$\Omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 6(m/h)^2}}$$

Si la "frecuencia"  $\omega$  del movimiento planetario fuese igual a la unidad, esto vendría siendo la ecuación en coordenadas polares de una elipse con el polo ocupando uno de los focos de la elipse (primera ley de Kepler), y la constante  $k$  sería la excentricidad. Por su parte, el factor principal vendría siendo la distancia radial del foco a la elipse a un ángulo de  $\pi/2$  radianes del eje mayor; o en otras palabras, vendría siendo el *semilatusrectum*. Sin embargo, el valor de  $\omega$  es de hecho ligeramente menor que la unidad, lo que implica que  $\phi$  debe ir un poco más allá de  $2\pi$  para poder completar un ciclo de la distancia radial. Consecuentemente, para valores pequeños de  $m/h$  la trayectoria es aproximadamente Kepleriana, pero el eje está sujeto a una precesión como lo muestra la siguiente figura:



Esta figura muestra un caso mucho más severo que el que existiría para cualquier planeta en nuestro sistema solar, porque el perihelio de la órbita de este ejemplo está a únicamente 200m (en donde m es el radio gravitacional en unidades geometrizadas) del cuerpo central, lo cual significa que está a únicamente unas 100 veces del “radio del agujero negro correspondiente” (posteriormente se verá con más detalle el caso de los agujeros negros). La masa de nuestro propio Sol no está lo suficientemente concentrada para permitir este tipo de órbita con una precesión tan pronunciada, puesto que el radio gravitacional del Sol es de únicamente  $m = 1.475$  kilómetros, mientras que su masa se extiende a una esfera de 696 mil kilómetros de radio.

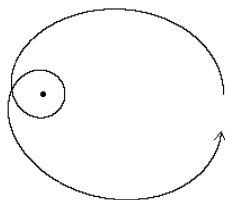
Para determinar la predicción relativista para la precesión de las órbitas planetarias, podemos llevar a cabo la expansión de W del modo siguiente:

$$\Omega = \frac{1}{\sqrt{1 + 6(m/h)^2}} \approx 1 - 3\left(\frac{m}{h}\right)^2 + \frac{27}{2}\left(\frac{m}{h}\right)^4 - \dots$$

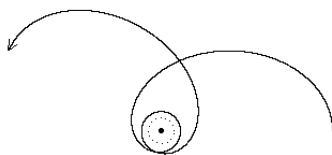
Puesto que  $m/h$  es tan pequeño, podemos tomar simplemente el término de primer orden, y observando que un ciclo de la función radial será completado cuando  $\omega\phi = 2\pi$ , podemos ver que  $\phi$  debe incrementar en  $2\pi/\omega$  para cada ciclo radial, de modo que la precesión por revolución viene siendo:

$$\frac{2\pi}{\Omega} - 2\pi = 2\pi \left( \frac{1}{1 - 3(m/h)^2} - 1 \right) \approx 6\pi(m/h)^2$$

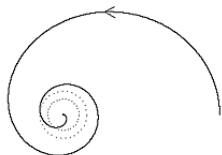
A diferencia de la aproximación utilizada por Einstein para el cálculo de la precesión de Mercurio, la solución de Schwarzschild es una solución exacta, lo que significa que puede ser utilizada en el análisis de los movimientos planetarios en donde el cuerpo central puede ser un cuerpo masivo compacto produciendo un campo gravitacional mucho más intenso que el del mismo Sol. Si nos imaginamos tal objeto central extremadamente denso, cuya masa esté concentrada dentro de su radio gravitacional, podemos obtener desviaciones mucho mayores de las órbitas Newtonianas. Si la razón de la precesión es aproximadamente igual a la razón orbital, entonces tendremos una órbita como la que se muestra a continuación:



Para una órbita con una energía ligeramente menor, la trayectoria tendrá un aspecto como el siguiente:



en donde el círculo interior punteado representa la órbita “ligera” con el radio  $r = 3m$ . Con suficiente momentum angular es posible hacer que órbitas persistentes *tipo-tiempo* (timelike) vayan descendiendo hacia el cuerpo central a cualquier radio provisto que se mayor que  $3m$ , el cual a su vez es el radio más pequeño posible para una órbita circular (de cualquier modo, una órbita circular para un radio menor que  $6m$  se vuelve inestable). Si una geodésica *tipo-tiempo* llega a pasar dentro de tal radio entonces recorrerá una trayectoria en espiral hacia el cuerpo central como lo muestra la siguiente figura:

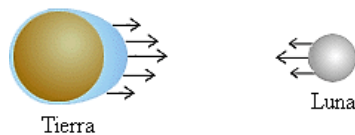


En este ejemplo, el círculo punteado exterior representa el valor  $3m$  (esto tiene que ver con algo que ha sido definido como la *esfera de fotones* y lo cual estudiaremos posteriormente con mayor detalle), mientras que el círculo interior está situado en el valor  $2m$  justo en lo que se conoce como el *horizonte de evento* de los agujeros negros (en dimensiones “correctas”, el valor  $2m$  viene siendo la distancia  $r_s = 2GM/c^2$  conocida como el *radio de Schwarzschild* y la cual estudiaremos posteriormente con mayor detalle) dentro del cual no le es posible a nada escapar ni siquiera a la misma luz. Una vez que una línea del mundo ha caído dentro de  $2m$ , trátese o no de una geodésica, la coordenada radial de acuerdo con la solución de Schwarzschild debe ir disminuyendo monótonicamente hacia cero. El asunto de los agujeros negros es de una importancia tal que su discusión será tratada más a fondo posteriormente.

En relación a la caída en espiral hacia el cuerpo central generador del campo gravitacional, hay un precedente histórico curioso sobre esto. Algún tiempo antes de escribir su *Principia* en donde las bases de la mecánica Newtoniana gravitacional quedaron establecidas, Newton escribió una carta a Robert Hooke describiéndole la caída en espiral de un objeto hacia el centro de un cuerpo ejerciendo una atracción gravitacional. Años después cuando Principia había establecido la reputación de Newton, ambos se enfrascaron en una discusión acalorada sobre quién tenía el mérito del descubrimiento de las leyes (clásicas) de la gravitación universal, y Hooke frecuentemente citaba la carta de Newton como evidencia de que en ese tiempo Newton no había entendido lo suficientemente bien la naturaleza de la gravedad, en virtud de que la ley de la inversa del cuadrado de la distancia no permite caídas en espiral, sólo permite órbitas elípticas.

Newton simplemente respondió argumentando que tal idea había sido simplemente un golpe desafortunado de su pluma. Resulta interesante notar que aunque en ocasiones hay gente que le atribuye a Newton la idea de los fotones basada en su errónea teoría corpuscular de la luz (los corpúsculos de Newton requerían estar formados de masa, y hoy se sabe que los fotones carecen de masa en reposo) jamás se ha sugerido que la “espiral negligente” de Newton haya sido una premonición de la caída en espiral predicha por la solución de Schwarzschild a las ecuaciones de campo de la Relatividad General.

En los desarrollos que hemos llevado a cabo, se ha supuesto que el campo gravitacional del cuerpo central que genera el espacio-tiempo curvo correspondiente a la métrica de Schwarzschild es de mucho mayor intensidad que la intensidad de los campos que provocan las curvaturas del espacio-tiempo que acarrea consigo los cuerpos que están orbitando en torno al cuerpo central o que están en caída libre hacia el mismo, de modo tal que podemos considerar que la curvatura del espacio-tiempo producida por el cuerpo central no es afectada de manera significativa por los cuerpos sobre los cuales ejerce su influencia el campo gravitacional del cuerpo central. De este modo, la masa-energía del cuerpo central (en este caso, el Sol) le dice al espacio-tiempo cómo se debe “curvar”, mientras que la curvatura de este espacio-tiempo le dice a los cuerpos sobre los cuales ejerce una influencia gravitatoria cómo se deben mover. Pero tratándose de dos cuerpos de masas del mismo orden de magnitud, la situación cambia y ya no es posible utilizar aproximaciones. Inclusive, ya ni siquiera podemos hablar de soluciones analíticas exactas, y el problema se complica de tal modo que se vuelve irresoluble por procedimientos manuales de cálculo. Afortunadamente, se pueden llevar a cabo simulaciones computarizadas para solventar nuestras limitaciones de cálculo manual, lo cual nos lleva al campo de la *relatividad numérica*. Pero aún con la ayuda de poderosas super-computadoras, los cálculos para problemas tan sencillos como el de dos cuerpos de masas iguales aproximándose (sin encontrarse directamente a lo largo de sus líneas de movimiento) puede terminar convirtiéndose en una tarea capaz de consumir varios días o inclusive semanas de super-cómputo continuo. Si en la mecánica Newtoniana el problema de los tres cuerpos es irresoluble por procedimientos matemáticos analíticos, en la mecánica relativista el problema de los dos cuerpos se vuelve irresoluble. Un ejemplo de un problema que involucra la interacción de dos campos gravitacionales que no se presta a un análisis sencillo es el del fenómeno de las mareas provocado por la atracción que ejerce la Luna sobre los mares de la Tierra:



En este caso, tenemos la interacción entre dos campos gravitacionales, el campo gravitacional de la Tierra que mantiene a los mares en el planeta, y el campo gravitacional de la Luna que “jala” a la masa de agua. Aunque estamos acostumbrados a hablar de una “atracción” gravitacional, en realidad tal atracción no existe porque la fuerza de atracción de la gravedad de Newton nunca existió. Lo único que existe, en la filosofía relativista, es la curvatura del espacio-tiempo que provocan la Tierra y la Luna en el 4-espacio intermedio que hay entre ambos cuerpos celestes, y esta curvatura no es algo que tenga una solución exacta como la que ofrece la métrica de Schwarzschild para un campo gravitacional simétricamente esférico y estático que no sea perturbado de modo significativo por los cuerpos a los que “atrae”. De cualquier modo, aún en la mecánica Newtoniana el análisis *cuantitativo* del fenómeno de las mareas usando números es un problema que no tiene solución exacta y tenemos que conformarnos con análisis de índole cualitativa o con simulaciones numéricas. Y si para llevar a cabo el análisis reemplazamos a la mecánica Newtoniana por la mecánica relativista, el problema se vuelve prácticamente irresoluble. Al igual que como ocurre en el estudio de fenómenos en los cuales las velocidades bajo consideración son considerablemente menores a la velocidad de la luz pudiéndose prescindir de la Teoría Especial de la Relatividad usando en su lugar la mecánica clásica no porque sea la correcta sino por su facilidad de uso, del mismo modo en el estudio de fenómenos en los que el campo gravitacional no es muy intenso se puede seguir utilizando la mecánica Newtoniana basada en su ley de gravitación universal que, aunque incorrecta, es mucho más sencilla de utilizar en una gran cantidad de problemas astronómicos, aunque eventualmente llega a un momento en el que a la mecánica Newtoniana “se le acaba la gasolina” y no queda más opción que recurrir a la Relatividad General.

*Continúa en el próximo número...*

## *La visión de Asimov es más que ciencia ficción.*

**Los países se deberían comprometer a una colaboración tecnológica y a revisar las reglas sobre la participación fuera de la Tierra para desarrollar una energía solar basada en el espacio.**

Versión del artículo original de PEGGY HOLLINGER

TOMADO DE: Apertura / 9 de septiembre de 2021



En su cuento corto "Razón", publicado en 1941, el escritor de ciencia ficción Isaac Asimov describió un universo en el que los humanos recolectaban energía solar en el espacio para sostener la vida en la Tierra.

Ochenta años después, y en la encrucijada de una emergencia climática global, la idea de capturar la energía del sol con una vastedad de paneles solares en el espacio y transmitirla de vuelta al planeta a través de microondas podría convertirse en realidad.

China, los Estados Unidos, Europa y Japón están desarrollando proyectos. Beijing, incluso, planea tener un sistema en funcionamiento para 2030, de acuerdo con lo publicado en informes de medios basados en ese país.

El Gobierno británico también dio señales de que también quiere explorar el potencial de esta tecnología. Publicó hallazgos de un nuevo estudio, que examinó cómo la energía solar del espacio podría ayudar a Gran Bretaña a alcanzar una economía de emisión neta cero para 2050.

El informe, preparado por los consultores Frazer-Nash, con asistencia de empresas europeas como Airbus y Thales Alenia Space, concluye en que la energía solar basada en el espacio no sólo es tecnológicamente posible. También, argumenta que el costo de tiempo de vida por megawatt/hora podría ser la mitad del de la energía nuclear.

Con sólo una sola estación de energía en el Reino Unido (Hinkley Point C), configurada para acumular costos por 23.000 millones de libras (más de u\$s 31.800 millones), la estimación del reporte, de 16.000 millones de libras (más de u\$s 22.100 millones), para desarrollar la tecnología y lanzar un satélite solar operativo de 2 gigawatts (GW) parece una ganga. Satélites subsecuentes, de 3600 millones de libras (unos u\$s 5000 millones), hacen a la propuesta más atractiva.

Por otra parte, si el sector privado va a ayudar a pagar la factura, los países también tendrán que revisar el marco legal que rige actualmente el uso del espacio exterior.

El tratado sobre el espacio ultraterrestre de 1967 es lamentablemente inadecuado para las oportunidades comerciales que están surgiendo rápidamente.

Los países individuales, ahora, están empezando a llenar el vacío con sus propias normas sobre derechos y responsabilidades comerciales. Esto podría ser una receta para el caos, advierte Rachel O'Grady, socia espacial del estudio de abogados Mayer Brown.

Por supuesto, para la mayoría de los países, sería difícil emprender este esfuerzo por sí solos. Dado que la tecnología podría cambiar las reglas del juego para la crisis climática global, este proyecto ofrece un caso sólido para el desarrollo dentro de una asociación internacional.

Evidentemente, es más barato construir granjas solares en la Tierra. Pero la energía solar basada en el espacio, a diferencia de su contraparte terrestre intermitente, puede entregarse las 24 horas del día a cualquier punto del planeta. Puede proporcionar una carga base de capacidad de generación en la que las opciones ecológicas confiables son limitadas.

Hasta hace poco, resultaba demasiado caro instalar esa infraestructura en el espacio. Pero el cohete Falcon parcialmente reutilizable que desarrolló Elon Musk y los satélites más pequeños cambiaron la ecuación.

Un estudio de la NASA, de 2018, estimó que el costo típico de lanzamiento se redujo en un factor de 20 durante la década anterior.

Otras tecnologías que habilitarían este desarrollo también avanzaron. Una empresa de Nueva Zelanda ya está probando la transferencia inalámbrica de electricidad a lo largo de varios kilómetros.

Las órbitas sobre la Tierra están mucho más lejos, admite Martin Soltau, jefe de espacio en Frazer-Nash. Pero la física subyacente del proyecto se comprende bien.

El tamaño del satélite presenta el mayor desafío, que en el escenario de Frazer-Nash se extiende a un ancho sin precedentes de 1,7 kilómetros. Tal escala asegura una transmisión eficiente de energía a la Tierra.

Esto puede parecer imposible, pero John Mankins, un ex físico de la NASA, ideó el concepto SPS-Alpha utilizando el enfoque del sistema de sistemas. Un satélite podría comprender miles de pequeñas unidades de energía solar, ensambladas en el espacio por robots, para las cuales la tecnología también está evolucionando rápidamente.

Sin duda, surgirán dudas sobre la vulnerabilidad del sistema, su mantenimiento y su contribución a la creciente crisis de los derechos espaciales. Estas y otras cuestiones requerirán un estudio más a fondo. Tampoco existe garantía de que la energía solar basada en el espacio sea económicamente viable. Sin embargo, incluso si los costos se disparan, cualquier innovación en áreas como la transmisión de energía y la robótica podrían dar sus frutos, aun cuando los satélites solares no lo hagan.

En noviembre de 2021, el Reino Unido acogió en Glasgow a la COP26, la cumbre climática mundial. El tema de la colaboración mereció un debate. Las industrias de la energía y del espacio también participaron. Empresas como BP, Shell y EDF, aparentemente, expresaron su interés de hacerlo. La energía solar basada en el espacio no tiene por qué seguir siendo ciencia ficción más de lo que alguna vez lo fueron los viajes espaciales comerciales.

Sí, existe el riesgo de que tecnologías prometedoras, como la energía solar basada en el espacio, no funcionen. Y, si no se llega a un acuerdo internacional sobre un marco legal eficaz, el espacio podría volverse hostil, no sólo para la vida humana; también, para la prosperidad de la especie. Pero, con el estímulo y la planificación adecuados, esta fuente de energía renovable puede funcionar durante nuestro ciclo de vida.

# Albert Einstein: Más allá del científico.

Versión del artículo original de Dory Gascuña - @dorygascu

Elaborado por Materia para OpenMind



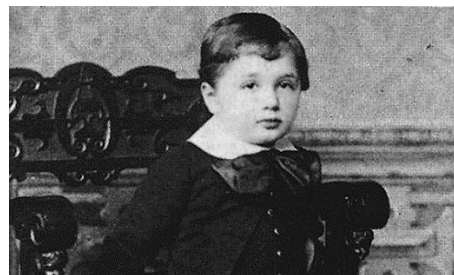
Sobre Albert Einstein se conocen muchas de las curiosidades en la vida del genio científico del siglo XX. Aquí vamos a publicar algunas que posiblemente no son conocidas en su totalidad.

## 1. TODO EMPEZÓ CON UNA BRÚJULA.

Cuando su padre le mostró una brújula por primera vez, el pequeño Einstein quedó fascinado con el funcionamiento de aquel artilugio. Ese momento marcaría su vida para siempre. ¿Por qué la aguja señalaba hacia el mismo sitio, aunque la brújula se moviera en otra dirección? La magia de la física había enganchado a aquel niño. “Esa experiencia dejó una impresión profunda y duradera en mí. Algo más profundo tiene que haber detrás de las cosas”, dijo el físico años más tarde recordando aquel momento. La brújula es un símbolo en la carrera y la historia del científico, tanto que hay incluso una película en producción con ese título (“*Einstein’s Compass*”, *La brújula de Einstein*).

## 2. ALBERT EINSTEIN: CIUDADANO DEL MUNDO.

Einstein fue un hombre de mundo. Viajó y vivió en diferentes países (Italia, Suiza, Bélgica, Reino Unido...) pero además, obtuvo la ciudadanía de hasta 4 países distintos a lo largo de su vida. La convulsa situación política de Europa (abandonó Alemania a causa del nazismo) y su carrera científica (estuvo vinculado a instituciones académicas en Praga, Berlín o Estados Unidos) fueron los principales motivos del cambio. Nació como alemán en el Reino de Wurttemberg (actual Alemania) y renunció a su nacionalidad para evitar el servicio militar, por lo que vivió 5 años como apátrida.



ALBERT EINSTEIN A LA EDAD DE 3 AÑOS, 1882. CRÉDITO IMAGEN: WIKIMEDIA COMMONS.



PASAPORTE SUIZO DE ALBERT EINSTEIN, 1923. CRÉDITO IMAGEN: HISTORISCHES MUSEUM BERN.

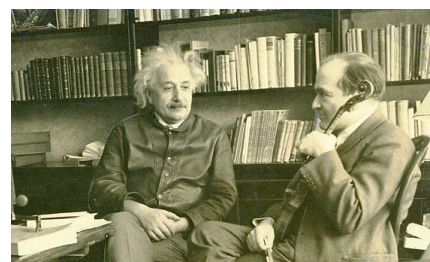
Nacionalidad	Periodo
Wurtemberg (Alemania)	1879-1896
Apátrida	1896-1901
Suiza	1901-1955
Austria-Hungría (Austria)	1911-1912
Alemania	1914-1933
Suiza	1933-1940
Estados Unidos	1940-1955

EVOLUCIÓN DE LA NACIONALIDAD DE ALBERT EINSTEIN A LO LARGO DE SU VIDA

## 3. TOCAR EL VIOLÍN ERA SU PASIÓN.

Einstein heredó su afición por la música de su madre, Pauline, una talentosa pianista que puso todo su empeño en que siempre hubiese música en casa. Más allá de una afición, la música se convirtió en una terapia para el trabajo científico de Einstein. Elsa Einstein, su segunda mujer, decía que “la música le ayuda cuando piensa en sus teorías”. Además, en esta afición por la música coincidiría también con grandes físicos del siglo XX, como Max Planck o Werner Heisenberg, que fueron excelentes pianistas.

Después de practicar el violín desde los 6 años y descubrir a Mozart a los 13, el amor de Einstein por la música se tradujo en un compromiso mucho más profundo. En 1936 conoció a Bronislaw Huberman, un aclamado violinista internacional de origen judío, que se convertiría en el fundador de la Orquesta Filarmónica de Israel. En un viaje a Estados Unidos para recaudar fondos, Einstein se convirtió en su “socio” principal.



HUBERMAN Y EINSTEIN EN 1937. CRÉDITO IMAGEN: ISRAEL FREE IMAGE COLLECTION PROJECT.

## 4. UN INTENTO DESESPERADO: EL ACUERDO MÁS OSCURO DE EINSTEIN.

Corría el año 1914 y tras 11 años de relación, el matrimonio de Albert Einstein y Mileva Maric hacía aguas. A sabiendas de que no podrían recuperar la faceta más romántica de su relación, Einstein propuso un “curioso” acuerdo a la que todavía era su mujer con la intención de mantener una convivencia regulada que les permitiera seguir juntos, por el bien de sus hijos.

**Deberás asegurarte de:**  
 -Mantener mi ropa y la del hogar en buen estado.  
 -Servirme tres comidas en mi habitación.  
 -Mantener mi dormitorio y el estudio limpios, y debe quedar claro que mi mesa de trabajo es para mi uso exclusivo.

**Renunciarás a cualquier tipo de relación personal conmigo en la medida en que no sean estrictamente necesarias por razones sociales. En concreto, renunciarás a:**  
 -Sentarte en casa junto a mi.  
 -Pasear o viajar juntos.

**Tendrás en cuenta los siguiente puntos:**  
 -No mantendremos relaciones íntimas, ni me reprocharás nada.  
 -Dejarás de hablarme si yo te lo pido.  
 -Abandonarás mi dormitorio o estudio inmediatamente, y sin protestar, si te lo pido.

**Te comprometerás a no menospreciarme delante de nuestros hijos, ya sea con palabras o hechos.**

ALGUNAS DE LAS CONDICIONES QUE ALBERT EINSTEIN PROPUSO A MILEVA MARIC EN 1914.

Mileva aceptó las condiciones, pero fue en vano, pues unos meses después dejó a Einstein en Berlín y se mudó con sus hijos a Zúrich.



LA MISMA CARTA A MILEVA MARIC PERO EN EL ORIGINAL EN ALEMÁN. FUENTE IMAGEN: THE COLLECTED PAPERS OF ALBERT EINSTEIN.

## 5. EL PADRE DE LA BOMBA ATÓMICA: ¿QUÉ HAY DE CIERTO?

*“No me considero el padre del descubrimiento de la energía atómica”.*

Albert Einstein, *Atomic War or Peace*, 1945.

Fuente: Sociedad Histórica de Princeton.

La figura de Einstein se asocia erróneamente al desarrollo de la bomba atómica y a la energía nuclear. Aunque su ecuación  $E=mc^2$  explica la energía liberada en una bomba atómica, no explica cómo construir una. El científico (suizo por aquel entonces) nunca participó en el proyecto que desarrolló la bomba atómica, el Proyecto Manhattan. Precisamente, en 1940 la Inteligencia del Ejército Estadounidense negó a Einstein la autorización de seguridad necesaria para trabajar en dicho proyecto. Su única implicación fue “una acción aislada”: el envío de una carta al presidente de los Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt. Einstein sabía que científicos alemanes estaban estudiando el potencial del uranio y la energía nuclear y apremiaba al Presidente para hacer lo posible por ganar esa batalla desde Estados Unidos, antes de que los alemanes lo consiguieran.

Albert Einstein  
 Old Grove Rd.  
 Nassau Point  
 Peconic, Long Island  
 August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,  
 President of the United States,  
 White House  
 Washington, D.C.

Sirs

Some recent work by E.Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

AUNQUE FUE FIRMADA POR EINSTEIN, LA CARTA ESTABA ESCRITA EN GRAN PARTE POR EL FÍSICO HÚNGARO LEO SZILARD. CRÉDITO IMAGEN: WIKIMEDIA COMMONS.

Ante las acusaciones y reproches por su actuación en la cuestión de la bomba atómica, Einstein siempre se definió como pacifista y defendió su único acto aislado, la carta a Roosvelt, como una medida desesperada.

*“Si hubiera sabido que los alemanes no conseguirían desarrollar la bomba atómica, no hubiera hecho nada”.*

Albert Einstein, *Newsweek magazine*, Museo de historia Americana.

## 6. ¿QUÉ HIZO EINSTEIN CON EL DINERO DE SU PREMIO NOBEL?

El 10 de noviembre de 1922 Einstein se enteró de que había ganado un Premio Nobel mediante un telegrama pero, ¿hasta qué punto le pilló por sorpresa? A pesar de que ya era famoso debido a su Teoría de la Relatividad General, recibió el premio “por sus servicios a la física teórica, y en especial por su descubrimiento de la **ley del efecto fotoeléctrico**”, según anunciaba entonces la Academia Sueca.

El premio que se otorgó a Albert Einstein en 1922 era en realidad el Nobel de Física de 1921, que no se había entregado a nadie ese año y que había quedado, según marcaban los estatutos de la Fundación Nobel, en reserva hasta el año siguiente. Einstein no pudo acudir a la ceremonia de entrega de diciembre de 1922 por encontrarse de viaje, por lo que dio su discurso de aceptación en julio de 1923.

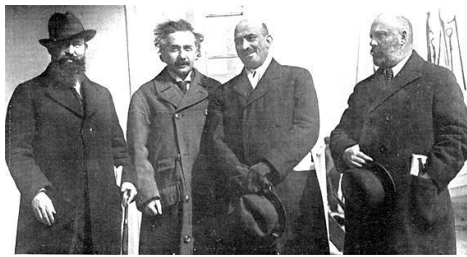


ALBERT EINSTEIN PRONUNCIANDO SU DISCURSO DE ACEPTACIÓN DEL NOBEL PARA LA ASAMBLEA NÓRDICA DE NATURALISTAS EN GOTEMBURGO, SUECIA, 11 DE JULIO DE 1923. AUTOR FOTO: ANDERS WILHELM KARNELL, BIBLIOTECA DE GOTEMBURGO. DOMINIO PÚBLICO VÍA WIKIMEDIA COMMONS.

Con el premio, recibía además una gratificación económica de unas 120.000 coronas suecas, lo que correspondía en la época a unas 10 veces el sueldo anual de un profesor. Pero Einstein nunca se gastó el dinero de su premio. Se lo dio todo a su ex mujer, Mileva Maric, tal y como habían establecido al negociar su acuerdo de divorcio, que se firmó en 1919. Mileva lo utilizó para comprar varias casas, y lo dedicó al cuidado de sus hijos. ¿Por qué estaba Einstein tan seguro de que en algún momento recibiría un Premio Nobel? ¿Por qué fue tan “generoso” con Mileva?

## 7. NO QUISO SER PRESIDENTE

Chaim Weizmann fue el primer presidente del Estado de Israel hasta que murió en 1952. Por aquel entonces, Einstein era un científico consolidado, famoso en todo el mundo, pacifista y activista en pro de los derechos humanos, además de declarado defensor de la causa judía. Weizmann y Einstein se conocían, y habían colaborado en la fundación de la Universidad Hebrea de Jerusalén.



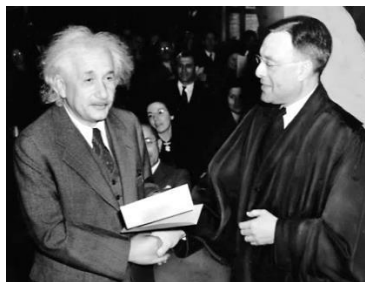
PRINCIPAL MOSSINSON, PROFESSOR EINSTEIN, EL DR. WEIZMANN Y EL DR. USSISHKIN, EN NEW YORK (1921). IMAGEN PUBLICADA ORIGINALMENTE EN THE SCIENTIFIC MONTHLY. DOMINIO PÚBLICO VÍA WIKIMEDIA.

Tras la muerte de Weizmann, Einstein recibió la propuesta de convertirse en el segundo presidente de la historia de Israel. Abba Eban, entonces embajador del país en Estados Unidos, le transmitió la propuesta en nombre del primer ministro (David Ben Gurion) en una carta. Por el mismo medio, el físico más famoso de la historia rechazó la proposición: “Toda mi vida he tratado con asuntos objetivos; por consiguiente, carezco tanto de aptitud natural como de experiencia para tratar propiamente con personas y para desempeñar funciones oficiales”. El mismo documento recoge una de las frases más personales de Einstein:

*“Mi relación con el pueblo judío se ha convertido en mi lazo humano más fuerte”.*

## 8. EINSTEIN, ¿UN ESPÍA SOVIÉTICO?

Einstein nunca participó en el Proyecto Manhattan, el grupo de científicos encargado de desarrollar la bomba atómica que caería sobre Hiroshima (6 de agosto de 1945) y Nagasaki (9 de agosto de 1945). A pesar de que fue él mismo quien alertó al presidente Roosevelt sobre la urgencia de desarrollar la bomba antes que los alemanes, nunca le invitaron a participar – y nunca sabemos qué habría contestado- porque Einstein era *un riesgo para la seguridad nacional!*



ALBERT EINSTEIN RECIBE DEL JUEZ PHILLIP FORMAN SU CERTIFICADO DE CIUDADANÍA ESTADOUNIDENSE (1/10/1940). CRÉDITO IMAGEN: AL. AUMULLER, DOMINIO PÚBLICO VÍA WIKIMEDIA COMMONS.

Agentes del FBI lo siguieron durante años, e incluso continuaron con la investigación después de su muerte. ¿Qué buscaban? El científico era considerado un riesgo de seguridad para el servicio de inteligencia estadounidense: más de 1.400 páginas de investigación dan prueba de ello (pueden consultarse en la Web del FBI). Einstein era un hombre de mundo, tenía muchos contactos y viajaba con frecuencia fuera del país. Además, su tendencia política hacia la izquierda, su activismo por los derechos humanos, o su lucha contra el racismo, lo situaban en el punto de mira de la “obsesión comunista” que vivía Estados Unidos por aquella época.

## 9. EL LEGADO DE EINSTEIN: ENTRE NUEVA JERSEY Y JERUSALÉN.

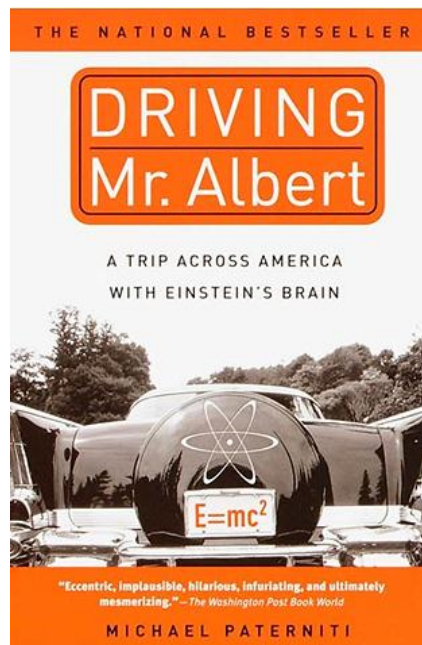


ALBERT EINSTEIN MEMORIAL. ESTATUA DE BRONCE DE ALBERT EINSTEIN, DEL ESCULTOR ROBERT BERKS (WASHINGTON, ESTADOS UNIDOS).  
CRÉDITO IMAGEN: DOMINIO PÚBLICO VÍA WIKIMEDIA COMMONS.

¿Has pensado alguna vez visitar la tumba de Einstein? No podrías hacerlo aunque quisieras. Antes de morir, el físico dejó claro que no quería ser enterrado, pues le aterraba la idea de que su lugar de descanso se convirtiera en lugar de peregrinaje para admiradores y curiosos. Por eso, fue incinerado y sus cenizas se esparcieron en Estados Unidos, cerca del río Delaware, y no muy lejos de la Universidad de Princeton (Nueva Jersey), donde había desarrollado gran parte de su carrera científica. Pero el legado más importante de Einstein, todos sus escritos científicos y no científicos, sus fotografías y los derechos de sus obras, están en la Universidad Hebrea de Jerusalén, en el campus Edmond J. Safra. Actualmente, parte de los documentos están digitalizados y pueden consultarse abiertamente.

## 10. EL CEREBRO DE EINSTEIN RECORRIÓ ESTADOS UNIDOS EN UN FRASCO

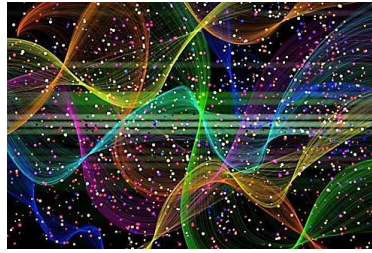
No es ciencia ficción. Tampoco es de extrañar que el cerebro del físico más célebre del siglo XX fuese un “bien” cotizado. ¿Estaba ahí el secreto de su inteligencia? Eso debió preguntarse Thomas Stoltz Harvey, el patólogo forense que dirigió la autopsia de Albert Einstein en el Hospital de Princeton (Nueva Jersey, 1955). No era especialista en el análisis del cerebro, ni tenía autorización para extraerlo. Pero lo hizo, y durante más de 40 años mantuvo la voluntad de descubrir su secreto. Nunca concluyó nada, aunque sí se dedicó a enviar a varios científicos una muestra de las más de 170 láminas en las que había dividido el cerebro del genio. Abatido, quizás por el remordimiento, decidió finalmente deshacerse de su preciado tesoro y creyó que el cerebro del difunto Einstein debía estar en manos de su familia. Intentó devolvérselo a la nieta de Einstein, Evelyn, en un viaje desde Nueva Jersey a California, donde estudiaba ella. En este peculiar periplo le acompañaría el escritor Michael Paterniti, quien plasmó el viaje en su libro, *“Driving Mr. Albert: A Trip Across America with Einstein’s Brain”* (*“Viajando con Mr. Albert: Un viaje a través de América con el cerebro de Einstein”*).



PORTADA DEL LIBRO “DRIVING MR. ALBERT: A TRIP ACROSS AMERICA WITH EINSTEIN’S BRAIN”, DE MICHAEL PATERNITI.

# El gato de Schrödinger puede convertirse en un elefante: Estaría vivo y muerto a la vez.

Versión del artículo original de EDUARDO MARTÍNEZ DE LA FE  
TOMADO DE: TENDENCIAS 21 – 6 de septiembre de 2021



CRÉDITO FOTO: GERD ALTMANN EN PIXABAY.

**La superposición cuántica escala el mundo macroscópico: se ha conseguido en moléculas orgánicas y puede lograrse en virus y pequeños animales de un milímetro de ancho. El gato de Schrödinger puede convertirse también en un elefante que está vivo y muerto a la vez.**

Los científicos están cada vez más cerca de trascender los límites del mundo cuántico. Se han propuesto probar el principio de superposición cuántica a escalas macroscópicas sin precedentes: colocar un objeto levitado en dos ubicaciones a la vez, separadas por una distancia comparable a su tamaño.

Un proyecto europeo, llamado **Q-Xtreme**, acaba de arrancar con un presupuesto de más de 13 millones de euros, con el propósito de pisar por primera vez la frontera que separa al mundo cuántico del universo macroscópico.

El universo cuántico no sigue las leyes que rigen al mundo físico ordinario, aunque ambos estén describiendo la materia y la energía de todo lo que conocemos.

Es el caso, por ejemplo, de la superposición cuántica, según la cual un sistema físico como un electrón existe en diversos estados posibles hasta que la medición de un científico concreta una de esas posibles configuraciones.

## ¿GATO O ELEFANTE DE SCHRÖDINGER?

Un ejemplo bastante conocido de esta superposición se remonta a 1935, cuando el físico Erwin Schrödinger propuso un ejemplo imaginario para explicar esta paradoja conocida como el gato de Schrödinger.

Planteó que, si tenemos un gato dentro de una caja en la que hemos introducido por un lado alimento y por el otro veneno, al final es el dueño del gato el que decide su suerte al abrir la caja: estará vivo o muerto según lo que el observador quiera encontrarse.

En este ejemplo, el gato no deja de ser una extrapolación imaginaria de un sistema cuántico. Lo que se intenta averiguar ahora es si esa superposición de estados puede darse a niveles más complejos de la materia: lo que pasa con un gato, ¿ocurriría también con un elefante, que estaría vivo y muerto a la vez hasta que alguien abra su jaula?

## ¿DÓNDE ESTÁN?

Las confirmaciones experimentales de superposiciones cuánticas macroscópicas comenzaron en 1927 utilizando electrones, y hoy han alcanzado el tamaño de moléculas orgánicas que contienen miles de átomos.

En 1999, investigadores de la Universidad de Viena demostraron que moléculas de 0,7 nanómetros, mucho más grandes y pesadas que un átomo individual, podían superponerse.

En 2021, dos equipos de investigadores, en Austria y Suiza, han logrado de forma independiente congelar nanopartículas tan minúsculas, de solo 100 a 140 nanómetros de diámetro, casi en su totalidad en su estado cuántico de energía más baja, y fijarlos en su lugar con una precisión sobrenatural.

El objetivo es poner estos objetos en una superposición cuántica, en la cual es imposible decir, antes de medirlos, **dónde están realmente**.

Y también descubrir cómo desaparece esa superposición, un proceso no menos importante: ocurre cuando la función de onda de las partículas de un objeto pierde coherencia y se convierte en una masa de pequeñas ondas en la que la superposición parece desaparecer.

## DECOHERENCIA SUTIL

A este proceso se le denomina **decoherencia** y es el principal obstáculo para realizar superposiciones cuánticas de objetos grandes que duren lo suficiente para ser observados: cuanto más grande es el objeto, es probable que tenga más interacciones entre sus partículas y más rápido ocurra la decoherencia.

Eso significa que, cuantas más partículas hay en un objeto, más difícil resulta mantener la superposición cuántica. Por lo tanto, si queremos que la superposición tenga una duración significativa con objetos grandes, la solución es restringir las interacciones entre las partículas que lo forman aislando sus respectivos sistemas cuánticos.

Si esto fuera posible, no habría en teoría límite alguno en el tamaño de un objeto que pueda mantener la superposición: **el gato de Schrödinger podría convertirse en un elefante y mantener su ambigüedad hasta que un observador intervenga**.

## ESCALADA CUÁNTICA

La interferencia deliberada de las interacciones entre partículas (decoherencia) se ha conseguido en la práctica con moléculas orgánicas de 6 nanómetros de ancho y el año pasado incluso con una molécula biológica, que alcanzaron así la superposición cuántica sostenida.

El siguiente paso será **conseguirlo con virus e incluso con pequeños animales de un milímetro de ancho**, como son los tardígrados, señala la revista Quanta.

El proyecto Q-Xtreme se propone seguir escalando experimentos con el mismo espíritu con el que se concibió el gato de Schrödinger y explorar qué sucede con la mecánica cuántica a escalas de tamaño donde la gravedad importa: metafóricamente, con un elefante.

Expandir la escala cuántica a tamaños donde la gravedad importa podría enseñarnos cosas nuevas sobre la mecánica cuántica, la gravedad y los aspectos ocultos del universo, consideran los investigadores.

## FÍSICA CUÁNTICA Y GRAVEDAD

Los investigadores destacan también que demostrar el principio de superposición cuántica en regímenes de masas sin precedentes abre la puerta para estudiar experimentalmente los modelos de materia oscura y energía oscura.

Estas superposiciones cuánticas macroscópicas darán lugar asimismo a precisiones de detección ultraaltas, con aplicaciones en detección de fuerza inercial, mediciones de interacciones de corto alcance y física gravitacional.

Para conseguir estos objetivos, Q-Xtreme llevará la física cuántica macroscópica a un nivel completamente nuevo mediante la preparación de superposiciones cuánticas macroscópicas de objetos que contienen miles de millones de átomos, impulsando el estado de la técnica actual en al menos cinco órdenes de magnitud en masa, según se explica en la presentación del proyecto.

## ¿EXISTE LA FRONTERA CUÁNTICA?

Nadie sabe hasta dónde, en principio, puede continuar esta expansión de la cuántica.

¿Existe, como algunos piensan, un límite de tamaño en el que simplemente desaparece, quizás porque el comportamiento cuántico es incompatible con la gravedad (que es insignificante para los átomos y las moléculas)? ¿O no hay un límite fundamental a lo grande que puede ser la cuántica?, se pregunta la revista Quanta.

¿Qué tamaño puede tener un objeto y seguir actuando como una onda cuántica? En teoría, cualquier tamaño, añade.

En los próximos años, seguramente, estaremos muy cerca de la respuesta: Q-Xtreme termina en 2027 y espera haber resuelto una cuestión que puede cambiar nuestra forma de entender y gestionar el mundo.

# La vida solo existe de este lado del espejo.

Si dos objetos son idénticos salvo por ser imágenes frente al espejo que no se pueden superponer ¿por qué la naturaleza, la física fundamental y la vida, elegirían uno en lugar del otro?

Versión del artículo original de EVA VILLAVER

TOMADO DE: El País – España / Sección Vacío Cósmico / 11 de mayo de 2021



DOS TRABAJADORES TRANSPORTAN UN ESPEJO EN EL QUE SE REFLEJA LA SANTA CAPILLA DE PARÍS EL 5 DE MAYO DE 2021. CRÉDITO FOTO: THIBAUT CAMUS / AP.

Eva Villaver es investigadora del Centro de Astrobiología, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (CAB/CSIC-INTA).

**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. La sección la integran Pablo G. Pérez González, investigador del Centro de Astrobiología; Patricia Sánchez Blázquez, profesora titular en la Universidad Complutense de Madrid (UCM); y Eva Villaver, investigadora del Centro de Astrobiología.

Basándose en la observación de 124 besos que tuvieron como escenario lugares públicos como parques y estaciones de tren en EE UU, Alemania y Turquía, el neurocientífico Onur Güntürkün determinó en 2003 que los humanos besamos girando la cabeza hacia la derecha. Este tipo de comportamiento se denomina asimetría conductual y se observa ya en las últimas semanas de gestación humana. La naturaleza, el mundo microscópico y la física están plagados de ejemplos que muestran este tipo de predilecciones. Una de las más fascinantes es la preferencia que tienen las moléculas de la vida por un tipo de moléculas llamadas quirales y en particular por aquellas que tienen una cierta simetría.

Aunque no seamos conscientes tratamos con la quiralidad a escala macroscópica cada día al ponernos los zapatos. Es una propiedad que tienen por ejemplo nuestras manos. Fijémonos en ellas por un momento, son iguales vistas desde arriba, ambas tienen cinco dedos (los mismos componentes) pero no podemos meter la mano derecha en un guante izquierdo. Tampoco podemos colocar una mano encima de la otra, solo enfrentadas son iguales, aunque tienen imágenes idénticas frente a un espejo no podemos superponerlas. Esta propiedad es la que se conoce como quiralidad y está presente desde la física de las partículas elementales a la química de la vida.

La vida tal y como la conocemos aquí en la Tierra es un sistema químico capaz de evolucionar y autorreplicarse con ingredientes básicos que son las moléculas orgánicas. Estas moléculas son a menudo quirales, como las orejas o los pies, y aunque tengan idéntica composición química son diferentes en propiedades de simetría, son diestras (D o dextrógiras) y zurdas (L o levógiras). En ausencia de vida, las reacciones químicas que producen aminoácidos (esas moléculas orgánicas que participan prácticamente en todos los procesos biológicos) generan un número idéntico de ambas formas (digamos manos derechas y manos izquierdas, el mismo ejemplo sirve con las orejas). Las proteínas se construyen a partir de 20 aminoácidos, 19 de ellos son quirales (la glicina es la excepción). Pues bien, lo fascinante es que la vida en la Tierra solo utiliza la forma zurda —L— de los aminoácidos para producir proteínas. La vida se comporta como un zapato, no le vale cualquier pie.

Podríamos pensar que esta preferencia de la vida es pura casualidad, pero cuando se analiza la composición química de objetos extraterrestres, hablamos, por supuesto, de meteoritos ricos en material orgánico como el meteorito de Murchinson, se encuentra que son mucho más abundantes en aminoácidos-L. Si tenemos en cuenta que pensamos que gran parte del material orgánico necesario para la vida tuvo que llegar a la Tierra en forma de impactos de cometas y meteoritos desde las zonas más externas del Sistema Solar, entonces tiene sentido que la vida utilice la forma más abundante para construirse. Pero de momento solo hemos trasladado la pregunta desde la Tierra al espacio exterior, ¿por qué es más abundante en el espacio una forma que la otra?

Esa parte no la tenemos clara. Una posibilidad es que tenga que ver con la producción de material orgánico en el medio interestelar allí donde se forman las estrellas. Otra explicación involucra el crecimiento de moléculas en la superficie de ciertos minerales como la magnetita. Las regiones de formación de estrellas (y planetas, porque se construyen a la vez), a menudo están bañadas por cantidades ingentes de luz ultravioleta; el ejemplo más cercano lo tenemos en el cinturón de Orión. El modo que esta luz es absorbida por la materia provoca que se destruyan más fácilmente una forma de aminoácidos que el otro. De este modo tendríamos que la luz en las regiones donde nacen las estrellas estaría generando un exceso de unas moléculas frente a otras. La vida entonces, a partir de ahí, utilizaría lo que es más abundante para construirse.

Pero este tipo de preferencia por determinado tipo de simetría no se restringe a los besos y los aminoácidos. La quiralidad permea muchas áreas de la ciencia moderna y es especialmente importante en la física de partículas fundamentales y el proceso que se conoce como violación de paridad. La paridad en un sistema de partículas que interactúan significa reemplazar ese sistema con su imagen especular. Es una operación de inversión espacial que tiene el efecto de cambiar partículas zurdas a diestras y viceversa. El decaimiento beta en los núcleos atómicos (fuerza nuclear débil) no sigue, se dice que viola el principio de paridad, en contraste con otras fuerzas físicas fundamentales como son la gravedad y el electromagnetismo. Este proceso no ocurre con la misma probabilidad que su imagen en el espejo. Como consecuencia de ello se observa que las partículas beta emitidas por núcleos radiactivos son intrínsecamente asimétricas: los electrones *zurdos* se forman preferentemente en relación con los electrones “diestros”. La quiralidad existe en el ámbito de partículas elementales.

En ingeniería se adopta casi universalmente que todos los tornillos se enrosquen en la misma dirección. Al menos en la Tierra, la vida se comporta del mismo modo con sus moléculas, su *sine qua non* parece ser su predilección por las moléculas de este lado del espejo.

# El tiempo iba cinco veces más despacio en el universo primitivo.

El fenómeno bautizado como dilatación del tiempo cosmológico evidencia que los eventos que tuvieron lugar en el universo primitivo parecen evolucionar mucho más lentamente que los actuales, según nuevas observaciones.

Por SARAH ROMERO  
Periodista científica

TOMADO DE: Muy Interesante – 4 de julio de 2023



EL TIEMPO IBA CINCO VECES MÁS DESPACIO EN EL UNIVERSO PRIMITIVO.  
CRÉDITO IMAGEN: MIDJOURNEY/SARAH ROMERO.

Los científicos acaban de aportar nuevos datos sobre uno de los grandes misterios del universo en expansión que tanto atormentó a **Albert Einstein**. Según la teoría general de la relatividad de Einstein, deberíamos observar el universo lejano y antiguo funcionando a un ritmo mucho más lento que el universo actual. Sin embargo, observar un período tan antiguo de nuestro universo ha resultado ser un desafío. Hasta ahora. Mediante el empleo de 'relojes' de cuásares, un equipo de investigadores ha logrado observar un momento inicial de la evolución del **universo** evidenciando que este funcionaba a cámara lenta: el tiempo corría cinco veces más despacio en el universo primitivo que en el actual.

## EL UNIVERSO IBA MÁS LENTO

El astrofísico Geraint Lewis de la Universidad de Sídney en Australia y el estadístico Brendon Brewer de la Universidad de Auckland así lo han visto por primera vez al estudiar las fluctuaciones de cuásares (en vez de **supernovas**) durante el amanecer cósmico, hace casi 13.000 millones de años. Los expertos identificaron la dilatación del tiempo cósmico en una muestra de 190 cuásares ubicados en el universo primitivo.

"Donde las supernovas actúan como un solo destello de luz, haciéndolas más fáciles de estudiar, los cuásares son más complejos, como un espectáculo de fuegos artificiales en curso", explicó Lewis. "Lo que hemos hecho es desentrañar este espectáculo de fuegos artificiales, mostrando que los cuásares también pueden usarse como marcadores estándar de tiempo para el universo primitivo".

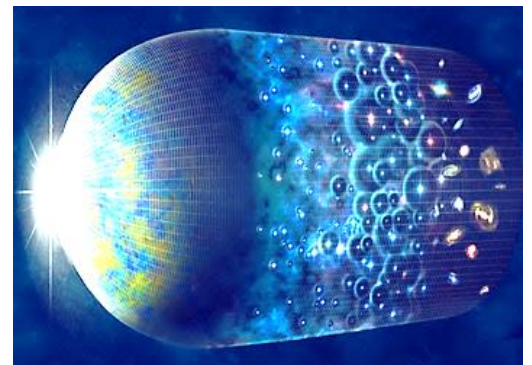
Su conclusión es que el tiempo parece haber transcurrido más lentamente cuando el universo era joven, según las observaciones de estos objetos que parecen evolucionar a una quinta parte de la velocidad que vemos hoy.

"Mirando hacia atrás a una época en que el universo tenía poco más de 1.000 millones de años, vemos que el tiempo parece fluir cinco veces más lento", dijo el profesor Geraint Lewis de la Universidad de Sídney. "Si estuvieras allí, en este universo infantil, un segundo parecería un segundo, pero desde nuestra posición, más de 12.000 millones de años en el futuro, ese tiempo inicial parece retrasarse".

Y precisamente es una consecuencia directa de la expansión del universo desde el Big Bang. Esta expansión significa que la luz de los eventos cósmicos antiguos debe viajar distancias cada vez más largas para llegar a la Tierra y, por lo tanto, tarda más en llegar. Como resultado, los eventos cósmicos del amanecer del universo parecen desarrollarse mucho más lentos si lo comparamos con el mismo evento en nuestro universo más próximo.

Combinando las observaciones tomadas en diferentes colores (o longitudes de onda), pudieron estandarizar el "tictac" de cada cuásar. Mediante la aplicación del análisis bayesiano, encontraron la expansión del Universo impresa en el tictac de cada cuásar.

"Gracias a Einstein, sabemos que el tiempo y el espacio están entrelazados y, desde el amanecer de los tiempos en la singularidad del **Big Bang**, el universo se ha estado expandiendo", aclaró Lewis. "Esta expansión del espacio significa que nuestras observaciones del universo primitivo deberían parecer mucho más lentas que el flujo del tiempo actual".



EXPANSIÓN DEL UNIVERSO. CRÉDITO IMAGEN: M. WEISS / HARVARD-SMITHSONIAN CENTER FOR ASTROPHYSICS.

## EL UNIVERSO PARECE ACELERARSE A MEDIDA QUE ENVEJECE

Una consecuencia de la expansión del universo es que la luz se estira a medida que viaja por el cosmos, lo que hace que la longitud de onda sea más larga. Pero el tiempo también se alarga: si un objeto distante parpadea una vez cada segundo, la expansión del universo hace que transcurra más de un segundo entre los destellos en el momento en que llegan a la Tierra.

"Con estos nuevos datos y análisis, hemos podido encontrar el escurridizo tic de los cuásares y se comportan tal como predice la relatividad de Einstein", concluyeron los científicos.

## REFERENCIAS:

- Geraint F. Lewis & Brendon J. Brewer. 2023. *Detection of the cosmological time dilation of high-redshift quasars. Nature Astronomy*, in press; doi: 10.1038/s41550-023-02029-2
- Weitekamp, M. (2015). *We re physicists: Gender, genre and the image of scientists in The Big Bang Theory*. . [https://doi.org/10.1386/JPTV.3.1.75\\_1](https://doi.org/10.1386/JPTV.3.1.75_1).

# La física del tiempo: ¿Es el tiempo una ilusión o una dimensión fundamental de nuestra realidad?

Aunque el tiempo pueda ser relativo y su percepción pueda variar, existen pruebas de que el tiempo es una dimensión de nuestra realidad.

Por FRANCISCO MARÍA

TOMADO DE: oKDiario – 20 de diciembre de 2023



LA FÍSICA DEL TIEMPO.

El tiempo es una de las dimensiones fundamentales de nuestra realidad. Desde que somos conscientes, experimentamos el tiempo de manera constante, siempre avanzando hacia adelante. Pero, ¿es el tiempo realmente lo que percibimos o es simplemente una ilusión de nuestra mente? La física nos ofrece algunas respuestas a esta fascinante pregunta.

## LA CONCEPCIÓN DEL TIEMPO

En primer lugar, es importante entender cómo concebimos el tiempo. Para la mayoría de nosotros, el tiempo es una sucesión lineal de eventos que ocurren en el pasado, presente y futuro. Pero desde el punto de vista de la física, el tiempo se convierte en algo mucho más complejo.

Según la teoría de la relatividad de Albert Einstein, el tiempo no es absoluto, es relativo. Esto significa que la percepción del tiempo puede variar dependiendo de la velocidad a la que nos movamos. Por ejemplo, si dos personas están en movimiento relativo una respecto a la otra, experimentarán el tiempo de manera diferente. Uno de los efectos más famosos de la relatividad es la dilatación del tiempo, donde el tiempo se ralentiza a medida que nos acercamos a la velocidad de la luz.

Este descubrimiento revolucionario plantea la posibilidad de que el tiempo sea una ilusión, una construcción de nuestra mente para dar sentido a la realidad. Si el tiempo es relativo y puede ser distorsionado por la velocidad y la gravedad, ¿es posible que no exista realmente? ¿Es simplemente una herramienta que usamos para organizar nuestros pensamientos y experiencias?



## UNA PARTE IMPORTANTE DEL UNIVERSO

Sin embargo, la mayoría de los científicos están de acuerdo en que el tiempo es una dimensión fundamental de nuestra realidad. Aunque pueda ser relativo y su percepción pueda variar, existen pruebas sólidas de que el tiempo es una parte intrínseca del tejido del universo.

Una de las pruebas más convincentes proviene de la segunda ley de la termodinámica. Esta ley establece que la entropía, o el nivel de desorden, siempre aumenta en un sistema aislado. En otras palabras, el tiempo tiene una dirección definida: siempre avanza hacia el futuro. Si el tiempo fuera una ilusión, no tendría sentido hablar de entropía y de la flecha del tiempo.

Además, la mecánica cuántica también respalda la existencia del tiempo como una dimensión fundamental. La ecuación de Schrödinger, que describe la evolución de los sistemas cuánticos, contiene un término temporal que muestra cómo cambia el estado de una partícula en función del tiempo. Sin el tiempo, no tendríamos una teoría coherente de la física cuántica.

El tiempo sigue siendo uno de los grandes misterios de la ciencia. A medida que avanzamos en nuestra comprensión de la física, es posible que descubramos nuevas facetas de esta dimensión fundamental. Pero por ahora, podemos estar seguros de que el tiempo no es una ilusión, sino un componente esencial de nuestra existencia.

## De la cuántica a la clásica.

¿Están conectadas de algún modo la mecánica clásica y la mecánica cuántica? ¡Por supuesto que sí!

Publicado por ENRIQUE F. BORJA  
Físico y divulgador científico

TOMADO DE: Muy Interesante – 24 de diciembre de 2023

Este artículo se publicó en el número de coleccionista de Muy Interesante nº. 25, *Mundo cuántico*.



NUESTRO UNIVERSO SE RIGE POR LEYES CUÁNTICAS.

Transcurridas poco más de dos décadas del siglo xxi nos quedan pocas dudas de que nuestro universo se rige por leyes cuánticas. La mecánica cuántica, junto a su extensión la teoría cuántica de campos, se puede considerar la mejor teoría jamás construida por la humanidad. Gracias a la cuántica hemos podido indagar en la esencia misma de la materia, nos ha permitido entender la estructura atómica y las partículas elementales. Pero no solo eso, la cuántica nos ha dado las herramientas para entender cómo funcionan las mismas estrellas e incluso cómo era el mismo universo en su evolución más temprana.

Pero aún hay más, es gracias a la cuántica que podemos imaginar con nuevas tecnologías. Podemos afirmar, sin miedo a equivocarnos, que encender tu teléfono móvil y enviar un mensaje es una constatación experimental de que las leyes de la cuántica han podido capturar aspectos muy fundamentales de nuestra realidad. La lista de avances producidos por la cuántica es inabarcable. Los transistores y microtransistores, el láser, las resonancias magnéticas, cualquier elemento donde la interacción materia y luz sea importante, y un largo suma y sigue.

### LA REVOLUCIÓN DE LA TEORÍA GRAVITATORIA

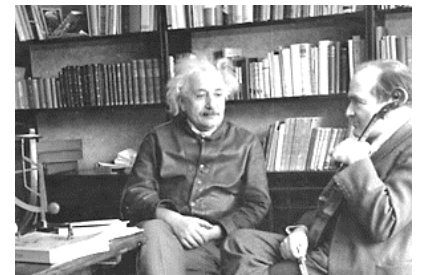
Todos estos éxitos de la cuántica y muchos otros no hacen otra cosa que indicar lo que ya hemos comentado. Nuestro universo es un universo cuántico. Y sin embargo, esta impresionante afirmación nos enfrenta a una de las preguntas más peliagudas de la física. La cuestión esencial es que nosotros vivimos en un rango de tamaños, velocidades y energías en las que los comportamientos cuánticos nos son ajenos completamente. A nuestro alrededor, las leyes que parecen determinar el comportamiento de los sistemas son las leyes clásicas. La cuántica está ahí, sin duda, pero está escondida tras un velo que aún no hemos sabido rasgar del todo. Y esto nos lleva de cabeza desde la mismísima aparición de la cuántica hace ya más de un siglo.

Pensemos en lo siguiente, cuando Albert Einstein introdujo su relatividad general, su teoría gravitatoria, supuso toda una revolución. En esta teoría la gravedad no es una fuerza, sino que es la manifestación de la relación dinámica entre la estructura geométrica del espaciotiempo y las energías y flujos de energías que están presentes en el mismo. Esto se alejaba sustancialmente de la teoría newtoniana en la que la gravedad es una fuerza, aunque realmente no sepamos a qué se debe dicha fuerza en ese contexto. Es evidente que para movernos por nuestro entorno usual, la teoría de Newton de la gravedad es más que suficiente. Con ella podemos entender cómo se desliza un cuerpo por un plano inclinado, cómo funciona un péndulo, cómo se comporta un cuerpo que lanzamos hacia arriba y vuelve a caer por la acción de la gravedad. Incluso, la gravedad newtoniana es suficiente para llevar astronautas a la Luna. Es decir, en nuestro día a día, la relatividad general no es relevante. Entonces, ¿cuál es la visión correcta de la gravedad? En sentido estricto, la que nos proporciona la relatividad general, pero claro, en el ámbito en el que nos movemos, con masas pequeñas y velocidades pequeñas, resulta que la relatividad general nos devuelve la ley de la gravitación de Newton. Es decir, que en el límite apropiado, la relatividad general contiene a la gravedad newtoniana. Esta es una prueba de que la relatividad general es una buena descripción de la gravedad porque en el límite apropiado nos devuelve una ley, la de Newton, que sabemos fehacientemente que funciona. Esto es muy importante para que toda la visión de la física sea consistente y, además, es muy hermoso.

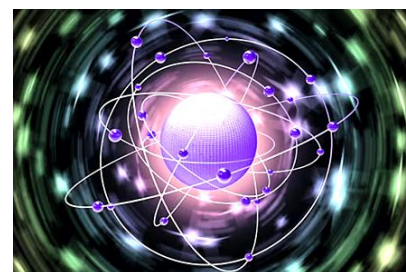
### ¿DÓNDE ESTÁ EL LÍMITE?

Volvamos a la cuántica. Todo lo que nos rodea está compuesto por átomos y electrones. Estos elementos son claramente cuánticos en esencia, pero, de algún modo, cuando hablamos de balones, coches, barcos, aviones o nosotros mismos, la naturaleza olvida sus rasgos cuánticos. Si la cuántica es una teoría válida, ha de ser consistente con el resto de la física. Así, nos podemos formular las siguientes preguntas: ¿en qué límite y de qué modo podemos recuperar la física clásica a partir de la cuántica?

Centremos esta discusión presentando los elementos esenciales de la cuántica. Por un lado, tenemos que en cuántica hay una distinción fundamental entre lo que podemos conocer de un estado y lo que podemos medir en él. Esto hace que los sistemas físicos estén descritos por lo que llamamos estados cuánticos del sistema. Un estado cuántico no es más que una representación matemática que contiene todo lo que podemos conocer del sistema, ahí está contenida toda la información relevante del mismo. Por otro lado, las cosas que podemos medir se representan por objetos matemáticos denominados observables. Los observables será cosas como la posición del sistema, su velocidad (mejor dicho su momento que en física no relativista no es más que el producto de la masa del sistema por su velocidad), su energía, su momento angular que representa si el sistema está en rotación o su espín, por mencionar alguno.



UN INSTANTE CON ALBERT EINSTEIN, UNO DE LOS FÍSICOS MÁS BRILLANTES DEL SIGLO XX. CRÉDITO FOTO: HUBERMAN ARCHIVE COLLECTION.



HAY UNA DISTINCIÓN FUNDAMENTAL ENTRE LO QUE PODEMOS CONOCER DE UN ESTADO Y LO QUE PODEMOS MEDIR EN ÉL. CRÉDITO IMAGEN: MASSIMO1G.

En física clásica esta distinción no existe, el estado del sistema y lo que podemos medir de él es lo mismo. En física clásica asumimos que un sistema físico tiene una posición y una velocidad bien determinadas en todo momento, al igual que una energía o un momento angular. Para dar el estado de un sistema físico clásico solo hemos de dar un listado de los valores de todas las características físicas que nos interesen y estas características siempre se pueden medir. Es más, podríamos diseñar experimentos en los que medir todas esas características simultáneamente. Sería más o menos difícil de implementar un dispositivo experimental que las determine todas simultáneamente pero no hay ningún impedimento conceptual para ello.

Sin embargo, en cuántica tenemos el conocido como principio de indeterminación (que en realidad es un teorema dentro de la teoría) que nos dice que existen pares de magnitudes observables que no pueden ser determinadas simultáneamente en un sistema cuántico. El par más famoso de todos, los sujetos a la indeterminación es la posición y el momento en la dirección.

Desde el punto de vista matemático esto es un conmutador entre dos operadores lineales que actúan sobre un espacio de Hilbert. Afortunadamente, este objeto se puede interpretar fácilmente en términos coloquiales. Lo que nos dice es que no es lo mismo medir la posición y después el momento que hacerlo al revés. Esas medidas no-conmutan. Si yo mido la posición y luego el momento obtendré una cosa diferente que si mido el momento y luego la posición. La conclusión de este hecho nos parece escandalosa. Lo que nos quiere decir es que los sistemas cuánticos no tienen definidos los valores de estas magnitudes a no ser que las midamos y que el hecho de medir una de estas cantidades afecta a la posterior medida de la otra magnitud. Esto no ocurre en clásica. En clásica este conmutador debería de ser nulo.

Pero fijémonos en que este conmutador depende de la constante de Planck  $h$  dividida por  $2\pi$ , lo que se conoce como  $\hbar$ -barra. Y aquí tenemos la primera propuesta para conseguir obtener la física clásica a partir de la cuántica. La constante de Planck tiene unidades de energía multiplicada por tiempo, conocidas por unidades de acción. En las unidades usuales de energías y tiempos, Julios y segundos, tiene un valor extremadamente pequeño de  $1,054\ 571\ 817 \cdot 10^{-34}$  J·s. Y esta constante aparece en todas las fórmulas de la cuántica, de los conmutadores a la ecuación de Schrödinger.

Parece que tenemos una salida, para recuperar la física clásica a partir de la física cuántica solo hemos de tomar el límite cuando la constante  $\hbar$  tienda a cero. Haciendo eso está claro que el conmutador anterior es nulo con lo cual implicaría que podríamos medir simultáneamente posiciones y momentos y que están siempre bien definidos en el sistema. Desgraciadamente esta es solo una buena idea que no funciona en general.

Hemos de seguir buscando otra idea y hay una que es casi evidente. Los sistemas que nos rodean están compuestos por una cantidad ingente de partículas, del orden de  $10^{23}$  o más. ¿Puede que se recupere el comportamiento clásico de los sistemas cuando el número de partículas que lo conforman sea muy grande? Lo que nos estamos preguntando es, si un sistema cuántico está compuesto por partículas, ¿recuperaremos el comportamiento clásico cuando el número de partículas se haga infinito?

La respuesta tampoco es satisfactoria porque aunque hay sistemas en los que ocurre así, hay otros en los que el comportamiento cuántico no se suprime aumentando el número de partículas que componen el sistema. El motivo de todo esto es que la cuántica tiene una riqueza impresionante. Sabemos que en cuántica podemos tener estados de los sistemas que están compuestos por una combinación de estados que clásicamente son mutuamente excluyentes. Por ejemplo, nosotros podemos tener una partícula cuántica preparada en un estado en el que hay una combinación de estados con distintas energías. En este caso, ¿cuál es la energía que vamos a obtener al hacer una medida en este sistema? No lo sabemos. La cuántica nos dice que podremos obtener uno u otro resultado. Pero no nos dice cuál saldrá en una medida determinada. Lo que sí nos dice es con qué probabilidad podremos obtener uno u otro. Estas probabilidades vienen dadas por los (módulos) cuadrados de los coeficientes que acompañan a cada estado en la superposición anterior. Lo que es más hiriente, cuando efectuamos la medida el estado inicial cambia y se transforma únicamente en el estado correspondiente a la energía que hayamos medido.

Esto, como es evidente, está en total contraste con lo que pasa en física clásica y nos hace plantearnos muchas cuestiones. ¿Por qué no podemos ver superposiciones y solo obtenemos valores concretos? ¿Qué hace que el estado cambie de esta forma? ¿Por qué la cuántica solo nos da probabilidades de obtener medidas y no predice resultados de las mismas con total certeza?

### DECOHERENCIA CUÁNTICA

La respuesta más popular a todo esto es lo que se llama la decoherencia cuántica. Los sistemas cuánticos están sumergidos en un ambiente. Este ambiente es todo lo que no es el sistema que nos interesa estudiar y en ese ambiente habrá otros elementos cuánticos que están interactuando con nuestro sistema de interés. La idea central, concebida en los años 70 del pasado siglo, es que la interacción entre nuestro sistema de estudio y el ambiente hace que los efectos cuánticos se mitiguen y que en estas superposiciones se supriman muchas de las posibles opciones. Es decir, es la interacción sistema/ambiente la que genera un proceso dinámico en el cual se destruyen las superposiciones cuánticas y nos devuelve un único resultado. Evidentemente, este proceso es complicado y por eso algunas veces se selecciona un resultado y otras veces otro. La teoría de la decoherencia es fundamental hoy día para establecer el límite clásico de un sistema cuántico. También es un elemento esencial para conseguir tener un computador cuántico operativo. En un computador cuántico esperamos tener miles de partículas que han de estar en superposición cuántica y entrelazadas entre sí. Para que esto sea estable y no se pierdan las características cuánticas hemos de aislar muy bien el sistema de partículas. Podemos decir que la computación cuántica es una lucha continua contra la decoherencia. Justamente lo que deseamos es alejarnos del comportamiento clásico en este caso. Lo conseguiremos.



LA CONSTANTE DE PLANCK PODRÍA SER LA CLAVE PARA EL LÍMITE CUÁNTICO DE LA FÍSICA CLÁSICA. CRÉDITO IMAGEN: PHOTOENTHUSIAST82.

# El vacío lleno de cuántica.

¿Está el vacío realmente vacío? ¿Y si te dijéramos que el vacío está lleno?

Publicado por FRANCISCO VILLATORO

Físico y divulgador científico

TOMADO DE: Muy Interesante – 23 de diciembre de 2023

Este artículo se publicó en el número de coleccionista de Muy Interesante nº. 25, *Mundo cuántico*.



PONGAMOS AL VACÍO EN EL ESCENARIO Y PREGUNTEMOSNO, ¿ESTÁ REALMENTE VACÍO? CRÉDITO IMAGEN: GREMLIN.

El vacío cuántico es una sustancia. Esta frase que parece un oxímoron fue popularizada por el físico español Álvaro de Rújula (CERN) y resume el resultado más revolucionario de la mecánica cuántica relativista (la teoría cuántica de campos).

Los campos cuánticos tienen dos tipos de estados, vacío y partículas. El **vacío** es un estado del campo sin partículas que rellena todo el espacio; de hecho, el campo cuántico es un «campo» gracias a su estado de vacío. Las partículas (y las antipartículas) son estados del campo alrededor de un vacío que se comportan como ondas localizadas que se propagan por el espacio. Un campo puede tener varios vacíos y varios tipos de partículas en cada uno de estos vacíos, diferentes en sus masas y sus cargas. Para entenderlo hay que usar matemáticas: el campo de una partícula con masa se describe con una **ecuación** de ondas con un término de masa determinado por la energía potencial del campo; los estados de vacío son los extremos (mínimos o máximos) del potencial; en cada mínimo tenemos un vacío estable con estados de tipo partícula cuya masa depende de la curvatura del potencial en dicho mínimo (que puede ser diferente en mínimos diferentes) —en los máximos el vacío es inestable y no hay estados de tipo partícula, pues serían taquiones, partículas que se moverían más rápido que la velocidad de la luz en el vacío—.

De Rújula popularizó su frase en charlas sobre la física del bosón de Higgs. En el modelo estándar de la física de partículas todos los campos tienen un único vacío, salvo el campo de Higgs que tiene dos vacíos. A alta energía tiene un vacío con energía cero y cuatro partículas, el bosón de Higgs escalar  $H^0$ , un bosón de Higgs pseudoescalar  $h^0$  y dos bosones de Higgs cargados  $H^+$  y  $H^-$ . Este vacío existió cuando el universo tenía menos de una billonésima de segundo; pero tras la transición de fase electrodébil el campo de Higgs cambió a su segundo estado de vacío, el actual, con una energía de 246,22 GeV (que equivale a la masa de 262 protones). En este segundo vacío, el campo de Higgs solo tiene una partícula, el bosón de Higgs  $H^0$ , con una masa de 125,3 GeV/c<sup>2</sup>, cuyo descubrimiento fue anunciado en el año 2012; las otras tres componentes del campo de Higgs se excitan como componentes longitudinales de los bosones vectoriales débiles  $W^+$ ,  $W^-$  y  $Z^0$ , dotándolos de masa.



EL BOSÓN DE HIGGS SE COMPORTA COMO UNA PARTÍCULA MÁS, COMO SI SU VACÍO TUVIERA ASIGNADO UNA ENERGÍA CERO. CRÉDITO IMAGEN: KOTO\_FEJA.

El bosón de Higgs se comporta como una partícula más, como si su vacío tuviera asignado una energía cero. Sin embargo, el vacío del campo de Higgs es de suma importancia en el modelo estándar, pues los leptones cargados y los quarks adquieren su masa por interacción con dicho vacío —se ignora el origen de la masa de los neutrinos, que podría estar o no estar relacionada con el Higgs—. Antes de la transición de fase electrodébil todas las partículas del modelo estándar, incluidos los cuatro Higgs, se comportaban como si no tuvieran masa —en los colisionadores de partículas se ha observado que la masa de las partículas cambia con la energía y que a muy alta energía el bosón  $Z^0$  se comporta como si no tuviera masa—.

El vacío cuántico no está vacío, porque está «lleno» de las llamadas fluctuaciones cuánticas de punto cero. Gracias a ellas el vacío influye en las propiedades de las partículas, tanto las de su campo como las de otros campos con los que esté acoplado; por ejemplo, el vacío del campo electrón influye en el vacío del campo electromagnético y, a través de él, en todas las partículas que tengan carga eléctrica. Muchos de estos efectos han sido medidos experimentalmente con gran precisión y su buen acuerdo con las predicciones teóricas es una evidencia de la existencia del vacío y de que los campos cuánticos, y no las partículas, son los objetos fundamentales del universo. Un efecto muy relevante en el modelo estándar es que las cargas y las masas de las partículas no tienen valores constantes, sino que son función de la energía —un cambio que describe el método de renormalización—. Como consecuencia, las mal llamadas constantes de acoplamiento de las interacciones fundamentales son función de la energía, un hecho observado en los experimentos; en concreto, crecen con la energía para las interacciones electromagnética y débil, decrecen para la fuerte y, además, casi coinciden a muy alta energía; dicha coincidencia sugiere que existe una única teoría unificada por encima de dicha escala de energía, que estaría descrita por una teoría de gran unificación (GUT) aún no observada.

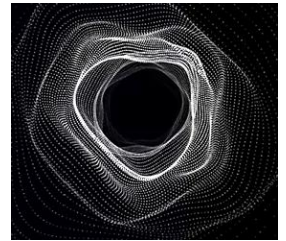


LA TEORÍA DE GRAN UNIFICACIÓN (TGU) AÚN NO SE HA OBSERVADO. CRÉDITO IMAGEN: DESIGNER.

## LAS PARTÍCULAS VIRTUALES

Las fluctuaciones cuánticas de energía cero son como ondas en el vacío. Sin embargo, en la primera mitad del siglo XX, se pensaba que todo estaba hecho de partículas, por ello se intentó interpretar estas fluctuaciones usando el concepto de partículas virtuales, como si fueran parejas de partícula y antipartícula que se crean en el vacío de forma espontánea y que se aniquilan un instante después. La idea parece incumplir el principio de conservación de la energía, pero la mecánica cuántica lo evita usando el principio de indeterminación de Heisenberg  $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ , que relaciona un cambio en la energía  $\Delta E$  con la duración de dicho cambio  $\Delta t$ ; este principio físico permite que haya una fluctuación de la energía del vacío con una energía  $\Delta E \approx \hbar/(2 \Delta t)$  que sea superior al doble de la masa de una partícula, capaz de producir una pareja partícula-antipartícula, siempre y cuando dure un tiempo  $\Delta t$  muy corto. Estas partículas se llaman virtuales porque no son observables, luego no son partículas reales.

Las partículas virtuales no son partículas. Las partículas son ondas localizadas en el campo cuántico que cumplen con la famosa ecuación de Einstein  $E = m c^2$ , cuando están en reposo, y con su versión general  $E^2 = (m c^2)^2 + (p c)^2$ , cuando están en movimiento (en estas fórmulas  $E$  es la energía cinética,  $m$  es la masa,  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $p = m v$  es el momento lineal, producto de la masa por la velocidad  $v$ ); las partículas sin masa, como el fotón, cumplen que  $E = p c$ . Los físicos decimos que las partículas son excitaciones on-shell («cumplidoras») y las partículas virtuales son excitaciones off-shell («incumplidoras»), porque no cumplen con dicha ecuación. Aun así, están relacionadas porque el vacío puede producir partículas de forma espontánea mediante la transformación de una partícula virtual en una partícula gracias a procesos físicos que conviertan el «incumplimiento» en «cumplimiento». Hay varios mecanismos físicos que lo permiten, como un láser cuya intensidad supere el llamado límite de Schwinger, o la famosa radiación de Hawking de los agujeros negros, en la que una partícula virtual cerca del horizonte de sucesos logra escapar mientras su pareja desaparece en el interior.



LAS PARTÍCULAS VIRTUALES NO SON PARTÍCULAS.  
CRÉDITO IMAGEN: VITALII PASICHNYK.

En la actualidad podemos visualizar las fluctuaciones de punto cero del vacío cuántico gracias a animaciones por ordenador de la teoría cuántica de campos en el retículo simuladas usando superordenadores. Recomiendo los vídeos de Derek Leinweber, de la Universidad de Adelaide, Australia, que representan el vacío «coloreado» de los campos de quarks y de gluones; en un volumen del espacio mucho más pequeño que un protón se observan burbujas coloreadas con una carga de color en su interior (rojo, verde o azul) y una carga de anticolor en su exterior (celeste, morado y amarillo), o viceversa; estas burbujas aparecen, se expanden y luego se contraen hasta desaparecer, de forma re-iterativa. En algunos de estos vídeos también se muestra el campo de los gluones representado por flechas de colores; el gluon es una partícula de espín 1 con masa cero como el fotón, por ello el campo gluodinámico se puede descomponer en campos cromoelectrónico y cromomagnético, como se hace con los campos eléctrico y magnético del electromagnetismo; en los vídeos se muestran estos dos campos usando flechas de dos colores. Disfrutar del vacío «coloreado» en estos vídeos es casi hipnótico.

### EL EFECTO DE CASIMIR

El vacío ha sido explorado mediante experimentos gracias a muchos de sus efectos. Entre ellos destaca el efecto de Casimir, que hoy tiene relevancia tecnológica en el diseño de micro y nanomecanismos. En una región confinada entre dos paredes metálicas conductoras, las fluctuaciones cuánticas de punto cero del campo electromagnético se comportan como ondas estacionarias cuya longitud de onda tiene que ser menor que la mitad de la distancia entre ambas paredes (o lo que es lo mismo, su frecuencia tiene que ser mayor que cierto valor mínimo); si el espacio es libre al otro lado de ambas placas no hay ningún límite para dicha longitud de onda (o frecuencia). Casimir observó que en dicho caso aparece una fuerza atractiva entre ambas placas metálicas.

La explicación del efecto de Casimir es que el vacío entre las placas tiene un volumen más pequeño que el vacío exterior, con lo que si asignamos una energía cero al vacío exterior más grande (por estar más vacío) tenemos que asignar una energía negativa al vacío más pequeño entre las placas, lo que conduce a la aparición de la fuerza atractiva. El cálculo matemático original se basaba en sumar la energía de las infinitas fluctuaciones de vacío tanto entre las placas como en el exterior y restar ambas sumas infinitas; como en el vacío exterior caben más ondas que en el interior, la resta ofrece un valor diferente de cero, que corresponde a la diferencia de energía entre ambos vacíos. Este cálculo de 1947 no fue aceptado por muchos físicos hasta que el efecto de Casimir fue observado en un experimento en 1972; desde entonces se ha convertido en un recurso tecnológico. Se han propuesto muchos dispositivos en metrología cuántica basados en este efecto para la medida, por ejemplo, de pequeños campos magnéticos, que tienen aplicación en magnetocardiografía y en magnetoencefalografía; además, en el diseño óptimo de micro y nanomecanismos, como los usados en los acelerómetros de los teléfonos móviles, se debe tener en cuenta el efecto de Casimir. Abruma pensar que en nuestro teléfono móvil tenemos un pequeño dispositivo micromecánico en cuyo diseño se haya tenido en cuenta la naturaleza cuántica del vacío.



LOS ACELERÓMETROS DE LOS TELÉFONOS MÓVILES BASAN SU FUNCIONAMIENTO EN EL EFECTO DE CASIMIR. CRÉDITO FOTO: BET\_NOIRE.

# Primeros pasos hacia un cerebro cuántico.

TOMADO DEL BLOG: Ciencia Plus /1º de febrero de 2021



PLASMA CUÁNTICO. CRÉDITO IMAGEN: WIKIMEDIA COMMONS.

Un material inteligente que aprende cambiando físicamente a sí mismo, similar a cómo funciona el cerebro humano, podría ser la base de una generación completamente nueva de computadoras.

Los físicos de la Universidad Radboud, en Países Bajos, que trabajan hacia este llamado "cerebro cuántico", han dado un paso importante al demostrar que pueden modelar e interconectar una red de átomos individuales e imitar el comportamiento autónomo de neuronas y sinapsis en un cerebro, según publican en la revista 'Nature Nanotechnology'.

Teniendo en cuenta la creciente demanda mundial de capacidad informática, se necesitan cada vez más centros de datos, todo lo cual deja una huella energética en constante expansión. "Está claro que tenemos que encontrar nuevas estrategias para almacenar y procesar información de una manera energéticamente eficiente", destacó el líder del proyecto, Alexander Khajetoorians, profesor de microscopía de sonda de barrido en la Universidad de Radboud.

"Esto requiere no solo mejoras en la tecnología, sino también investigación fundamental en enfoques que cambian las reglas del juego --prosiguió--. Nuestra nueva idea de construir un 'cerebro cuántico' basado en las propiedades cuánticas de los materiales podría ser la base para una solución futura para aplicaciones en inteligencia artificial".

Para que la inteligencia artificial funcione una computadora debe ser capaz de reconocer patrones en el mundo y aprender nuevos. Las computadoras de hoy hacen esto a través de un software de aprendizaje automático que controla el almacenamiento y procesamiento de información en un disco duro de computadora separado.

"Hasta ahora, esta tecnología, que se basa en un paradigma centenario, funcionó suficientemente. Sin embargo, al final, es un proceso que consume mucha energía", reconoció el coautor Bert Kappen, profesor de redes neuronales e inteligencia de máquinas.

Los físicos de la Universidad de Radboud investigaron si una pieza de hardware podría hacer lo mismo sin la necesidad de software. Descubrieron que al construir una red de átomos de cobalto en fósforo negro pudieron construir un material que almacena y procesa información de manera similar al cerebro y, lo que es aún más sorprendente, se adapta a sí mismo.

En 2018, Khajetoorians y sus colaboradores demostraron que es posible almacenar información en el estado de un solo átomo de cobalto. Aplicando un voltaje al átomo, podrían inducir el "disparo", donde el átomo se desplaza entre un valor de 0 y 1 al azar, al igual que una neurona.

Ahora han descubierto una forma de crear conjuntos personalizados de estos átomos y han descubierto que el comportamiento de disparo de estos conjuntos imita el comportamiento de un modelo similar al cerebro utilizado en inteligencia artificial.

Además de observar el comportamiento de las neuronas en punta, pudieron crear la sinapsis más pequeña conocida hasta la fecha. Sin saberlo, observaron que estos conjuntos tenían una propiedad adaptativa inherente: sus sinapsis cambiaban su comportamiento dependiendo de la entrada que "veían".

"Al estimular el material durante un período de tiempo más largo con un cierto voltaje, nos sorprendió mucho ver que las sinapsis realmente cambiaron. El material adaptó su reacción en base a los estímulos externos que recibió. Aprendió por sí solo", explicó Khajetoorians en un comunicado.

Los investigadores ahora planean ampliar el sistema y construir una red más grande de átomos, así como sumergirse en nuevos materiales "cuánticos" que se pueden usar. Además, deben comprender por qué la red de átomos se comporta como lo hace. "Estamos en un estado en el que podemos comenzar a relacionar la física fundamental con conceptos en biología, como la memoria y el aprendizaje", avanzó Khajetoorians.

"Si eventualmente pudiéramos construir una máquina real a partir de este material, podríamos construir dispositivos informáticos de autoaprendizaje que sean más eficientes energéticamente y más pequeños que los ordenadores actuales --continuó--. Sin embargo, solo cuando entendamos cómo funciona, y eso sigue siendo un misterio, podremos ajustar su comportamiento y comenzar a desarrollarlo en una tecnología. Es un momento muy emocionante", aseguró.

## ¿Puede explicarse el cerebro humano usando física cuántica?

Versión del artículo original de PHILLIP BALL

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



HAY UNA EXTRAÑA RELACIÓN ENTRE LA TEORÍA CUÁNTICA Y LA CONCIENCIA. AUNQUE INCOMODE A ALGUNOS CIENTÍFICOS. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

"No puedo definir el problema real, por lo tanto sospecho que no hay un problema real, pero no estoy seguro de que no lo haya".

Estas son palabras del físico estadounidense Richard Feynman, en alusión a los enigmas y paradojas de la mecánica cuántica, la teoría usada para describir los objetos más pequeños en el Universo.

Pero bien podría haber estado hablando del problema, igualmente enredado, de la conciencia.

Algunos científicos piensan que ya la entendemos o que es una mera ilusión. Otros creen que no comprendemos de dónde viene.

El eterno acertijo de la consciencia incluso ha llevado a algunos investigadores a invocar a la física cuántica para explicarla.

La noción siempre ha provocado escepticismo, pues no suena sensato explicar un misterio con otro. Pero hay una relación entre la mente y la teoría cuántica desde casi el comienzo.

Aunque muchos la ridiculizan viéndola como charlatanería mística, la "consciencia cuántica" se niega a desaparecer.

### "EFECTO OBSERVADOR"

La mecánica cuántica es la mejor teoría que tenemos para describir el mundo a nivel de átomos y partículas subatómicas.

Quizás el más renombrado de sus misterios es el hecho de que el resultado de un experimento cuántico puede variar dependiendo de si decidimos medir una propiedad de las partículas empleadas u otra.

Cuando ese "efecto observador" fue notado por los pioneros de la teoría cuántica, les generó una profunda inquietud.

Parecía minar el supuesto básico detrás de toda la ciencia: que hay un mundo objetivo, independiente de nosotros.

Si la forma de comportarse del mundo depende de cómo -o de si- lo miramos, ¿qué puede realmente significar "la realidad"?

Algunos de esos investigadores se sintieron obligados a concluir que la objetividad era una ilusión y que se le debería permitir a la consciencia un rol activo en la teoría cuántica.

Para otros, eso no tenía sentido. Como se quejara Albert Einstein una vez, la Luna no existe solo cuando la miramos.

Ahora hay físicos que sospechan que, independientemente de si la consciencia influye sobre la mecánica cuántica, esta parte de la física puede ser necesaria para entender completamente cómo funciona el cerebro.

### ESTADO SUPERPUESTO

La más famosa intrusión de la mente en la mecánica cuántica ocurre en el "experimento de la doble rendija".

Imagínate que proyectas un rayo de luz en una pantalla que contiene dos rendijas paralelas, situadas a poca distancia. Parte de la luz las atraviesa y luego alcanza otra pantalla.

La luz puede considerarse como una especie de onda y cuando las ondas emergen de las dos rendijas pueden interferir entre sí.

Si sus picos coinciden, se refuerzan entre sí, mientras que si un pico y un punto mínimo coinciden, se anulan.

Esa interferencia de onda se llama *difracción* y produce una serie de franjas brillantes y oscuras en la pantalla del fondo, donde las ondas de luz se refuerzan o se cancelan.

Ese experimento también puede hacerse con partículas cuánticas como electrones.

Y, contrario a lo que intuitivamente se pensaba, esas partículas pueden comportarse como ondas. En este sentido, experimentan una difracción cuando atraviesan las dos rendijas, produciendo un patrón de interferencia.

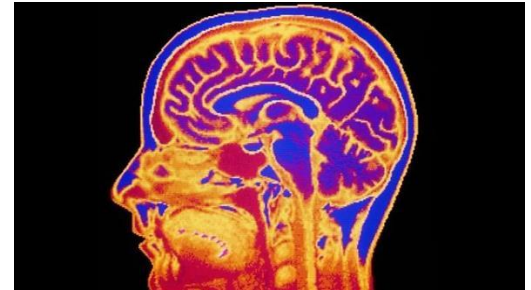
Supongamos que las partículas cuánticas se envían una por una, a través de las rendijas, y su llegada a la pantalla es también vista individualmente.

Aparentemente, no habría nada que interfiriera con sus trayectorias. Sin embargo, el patrón de impactos de partículas, acumuladas con el tiempo, revela bandas de interferencia.

Parece que cada partícula pasa simultáneamente a través de ambas rendijas e interfiere consigo misma.

A esa combinación de "dos trayectorias a la misma vez" se le conoce como un estado de superposición.

Pero ahora viene lo verdaderamente extraño.



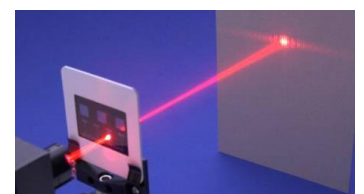
¿QUÉ ES LO QUE PASA EN NUESTRO CEREBRO? CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



¿QUÉ PASARÍA, PREGUNTÓ PENROSE, SI HUBIESE ESTRUCTURAS MOLECULARES EN NUESTROS CEREBROS QUE PUEDE ALTERNAR SU ESTADO RESPONDIENDO A UN EVENTO CUÁNTICO? CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



EL EXPERIMENTO DE LAS RENDIJAS PUSO DE CABEZA A LA CIENCIA. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



¿EXISTE UNA REALIDAD OBJETIVA? CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

Si se coloca un detector dentro o justo detrás de una de las rendijas, se puede saber si una determinada partícula la atravesó o no.

Al hacerlo, **la interferencia desaparece**.

Por la sencilla razón de que observamos la trayectoria de una partícula -sin que esa observación altere su movimiento- cambiamos el resultado.

El físico Pascual Jordan, quien trabajó con el gurú de la cuántica Niels Bohr en Copenhague en la década de 1920, lo explicó así: "Las observaciones no solo alteran las mediciones... también fuerzan (a las partículas cuánticas) a que asuman una posición definitiva".

En otras palabras Jordan dijo: "Nosotros mismos producimos los resultados de las mediciones".

Si eso es así, la noción de la realidad objetiva pareciera venirse abajo.

## NATURALEZA "ESPÍA"

Y todo se pone aún más extraño.

Si la naturaleza parece cambiar su comportamiento cuando la "miramos", podríamos intentar engañarla para que muestre sus cartas.

Podríamos medir cuál fue la trayectoria tomada por una partícula a través de las dobles rendijas, pero solo después de su paso.

Para entonces debería haber "decidido" si toma una o dos trayectorias.

En la década de 1970, el físico estadounidense John Wheeler efectuó un experimento para hacer mediciones sobre las trayectorias de partículas cuánticas (generalmente luminosas, llamadas fotones) después de que hubieran escogido un recorrido o la superposición de dos.

Y, tal como pronosticó Bohr, aunque atrasemos la medición, siempre que midamos la trayectoria del fotón, antes de registrarse su llegada a un detector, perdemos toda interferencia.

Es como si la naturaleza "supiese" no solo que estamos observando, sino que estamos planeando hacerlo.

Cuando descubrimos la trayectoria de una partícula cuántica, su nube de posibles rutas "colapsa" a un estado sencillo bien definido. Más aún, el mero hecho de notarlo, más que cualquier alteración física provocada por la medición, puede causar el colapso.

¿Quiere eso decir que el verdadero colapso solo sucede cuando somos conscientes del resultado de la medición?

Esa posibilidad fue reconocida en la década de 1930 por el físico húngaro Eugene Wigner. "De ahí se deduce que la descripción cuántica de objetos es influenciada por las impresiones que entran en mi consciencia", escribió.

Hasta el día de hoy los físicos no concuerdan en la mejor forma de interpretar esos experimentos.

Pero es difícil no inferir que la consciencia y la mecánica cuántica están, de alguna forma, vinculadas.

En la década de 1980, el físico británico Roger Penrose sugirió que, independientemente de si la consciencia afecta o no a la mecánica cuántica, esta última quizás incide en la consciencia.

¿Qué pasaría, preguntó Penrose, si hubiese estructuras moleculares en nuestros cerebros que puedan alterar su estado, en respuesta a un evento cuántico?

¿No podrían esas estructuras adoptar un estado de superposición, como las partículas en el experimento de la doble rendija?

¿Y podrían esas superposiciones cuánticas manifestarse en la manera en la que se activan las neuronas para comunicarse por vía de señales eléctricas?

Quizás, dice Penrose, nuestra capacidad de mantener estados mentales aparentemente incompatibles no es una particularidad de la percepción, sino un efecto cuántico.

## "REDUCCIÓN OBJETIVA"

La idea es llamada "reducción objetiva orquestada" (en inglés, *Orch-Or*).

Y "reducción objetiva" significa, tal como cree Penrose, el colapso de la interferencia cuántica y la superposición es un proceso físico real, como el estallido de una burbuja.

Orch-OR se basa en su sugerencia de que la gravedad es responsable de que objetos cotidianos, como sillas y planetas, no muestren efectos cuánticos.

Penrose cree que las superposiciones cuánticas se vuelven imposibles para objetos más grandes que átomos porque sus efectos gravitacionales forzarían la coexistencia de dos versiones incompatibles de espacio-tiempo.

El físico estadounidense Stuart Hameroff desarrolló más esta teoría.

En su libro de 1994 *Shadow of the Mind* ("La Sombra de la Mente") sugirió que las estructuras participantes en esta cognición cuántica podrían ser versiones de proteínas llamadas **microtúbulos**, encontradas en la mayoría de nuestras células, incluyendo en las neuronas.

Penrose y Hameroff argumentan que las vibraciones de los microtúbulos pueden adoptar una superposición cuántica aunque no hay evidencias de que tal cosa sea remotamente posible.

## TEORÍAS INCÓMODAS

Otros estudios han insinuado que el cerebro puede contener moléculas capaces de sostener superposiciones cuánticas más sólidas.

Pero a los físicos les incomoda este tipo de teorías.



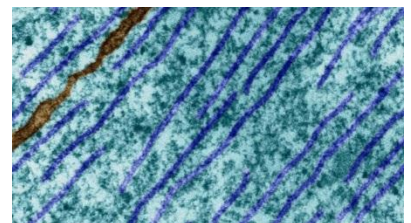
LAS CÉLULAS NERVIOSAS SE COMUNICAN A TRAVÉS DE LA SINAPSIS. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



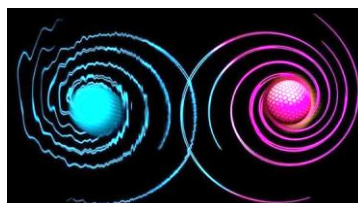
TODAVÍA NO ENTENDEMOS CÓMO FUNCIONAN LOS PENSAMIENTOS. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



LA CONCIENCIA ES UN MISTERIO PROFUNDO. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



LOS MICROTÚBULOS SON PROTEÍNAS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS CÉLULAS. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.



LAS PARTÍCULAS CUÁNTICAS ROTAN DE FORMA MUY DIFERENTE. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

La mayoría espera que la consciencia y el cerebro puedan mantenerse fuera de la teoría cuántica y, quizás, viceversa.

Después de todo, ni siquiera sabemos qué es la consciencia, mucho menos tenemos una teoría para describirla.

Una pregunta que causa especial perplejidad es cómo nuestras mentes conscientes pueden experimentar sensaciones únicas, tales como el color rojo o el olor de la tocineta frita.

Con la excepción de las personas con impedimentos visuales, todos sabemos a qué se parece el rojo, pero no tenemos formas de comunicar esa sensación y no hay nada en la física que nos diga cómo debería ser.

Sensaciones como esa son llamadas "*qualia*". Las percibimos como propiedades unificadas del mundo exterior pero, de hecho, son productos de nuestra consciencia, complicados de explicar.

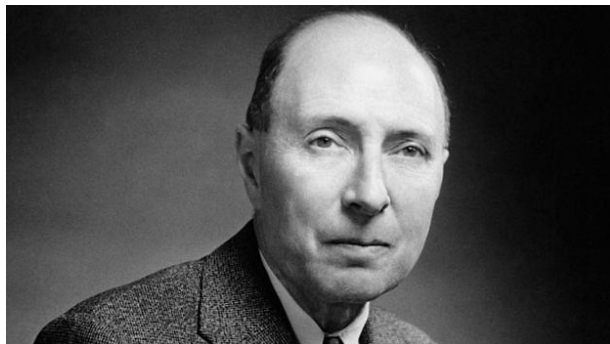
En 1995, el filósofo David Chalmers, lo llamó el "problema difícil" de la consciencia.

Y Adrian Kent, uno de los más respetados "filósofos cuánticos", señaló que "toda línea de pensamiento sobre la relación de la consciencia a la física choca con un profundo problema".

Kent sugirió que "podríamos hacer avances en comprender el problema de la evolución de la consciencia, si suponemos que la consciencia altera (aunque quizás muy ligera y sutilmente) las probabilidades cuánticas".

En otras palabras, la mente podría verdaderamente afectar los resultados de las medidas.

Desde este punto de vista no determina exactamente "lo que es real".



"LA DESCRIPCIÓN CUÁNTICA DE OBJETOS ES INFLUENCIADA POR LAS IMPRESIONES QUE ENTRAN EN MI CONSCIENCIA", ESCRIBIÓ WIGNER EN LOS AÑOS 30. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

Pero podría afectar las probabilidades de que cada una de las posibles realidades permitidas por la mecánica cuántica es la que, de hecho, observamos de una forma en que la propia teoría cuántica no puede predecir.

Kent dice que podríamos buscar esos efectos de manera experimental.

Si eso sucede, transformaría nuestras ideas, tanto sobre la física como la mente.

Y eso parece una posibilidad que vale la pena explorar.

---

# La física cuántica tiene la respuesta: ¿Qué vino primero, el huevo o la gallina?

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



"EL HUEVO Y LA GALLINA ES UNA METÁFORA. LO QUE PROBAMOS CON ESTE EXPERIMENTO ES QUE... ¡LOS DOS EVENTOS OCURREN PRIMERO!", EXPLICÓ LA FÍSICA JACQUI ROMERO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

Este estudio fue publicado en la revista *Physical Reviews Letters* de la Sociedad de Física Estadounidense.

La paradoja fue propuesta ya por pensadores en la antigua Grecia.

¿Cuál es la causa y cuál el efecto? ¿Qué vino primero, el huevo o la gallina?

Científicos de la Universidad de Queensland en Australia y del Instituto NÉEL en Francia probaron que, en física cuántica, tanto el huevo como la gallina son los primeros.

"La extrañeza de la mecánica cuántica significa que los eventos pueden suceder sin un orden establecido", señaló la física Jacqui Romero, del Centro de Excelencia de ARC para Sistemas de Ingeniería Cuántica en la Universidad de Queensland.

"Tomemos el ejemplo del viaje diario al trabajo, donde viajas parte en autobús y parte en tren. Normalmente, tomarías el autobús y luego el tren, o al revés. En nuestro experimento, ambos eventos pueden ocurrir primero y eso se conoce como '*orden causal indefinido*', no es algo que observemos en nuestra vida diaria".

## SUPERPOSICIÓN

Para observar este efecto en el laboratorio, los investigadores usaron una configuración llamada *interruptor cuántico fotónico*.

"En nuestro experimento, con lo que se conoce como un interruptor cuántico, el orden de dos eventos depende de lo que llamamos un control", explicó Romero a BBC Mundo.



"EN FÍSICA CUÁNTICA PODEMOS TENER BITS EN SUPERPOSICIÓN, LO QUE SIGNIFICA QUE SU VALOR ES 0 Y 1 AL MISMO TIEMPO". CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

"Piensa por ejemplo en la idea de los bits de computadoras que pueden tener el valor de 0 o de 1. En nuestro experimento, si el valor de control es 0, A sucede antes que B. Y si el valor de control es 1, B sucede antes que A".

"Lo que sucede es que en física cuántica podemos tener bits en superposición, lo que significa que su valor es 0 y 1 al mismo tiempo, por lo que en cierto sentido podemos decir que el valor del bit es indefinido".

"Y debido al valor indefinido del control, que a su vez determina el orden, podemos decir que hay un orden indefinido entre los eventos A y B".

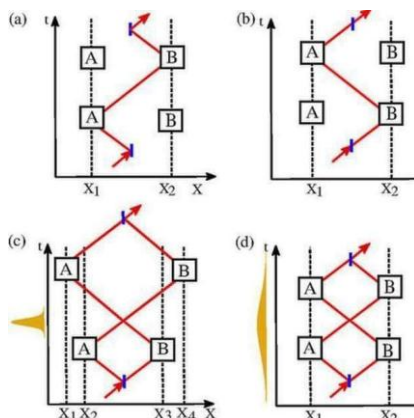
Usualmente, de las expresiones "A sucede antes que B" o "B sucede antes que A" solamente una puede ser cierta.

La realidad es distinta en la física cuántica. "Si las dos expresiones pueden ser ciertas tenemos lo que se conoce como orden causal indefinido".

## FOTONES

El experimento registró transformaciones o "cambios en la forma de partículas de luz o fotones (por ejemplo, forma de rosquilla o forma de flor).

Y los cambios dependían a su vez de una de las propiedades de la luz, la *polarización* (la dirección en que se mueve un campo eléctrico)", señaló Romero a BBC Mundo.



LOS INVESTIGADORES USARON UN INTERRUPTOR CUÁNTICO FOTÓNICO EN EL QUE EVENTOS A Y B SON TRANSFORMACIONES EN LA FORMA DE UN FOTÓN. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

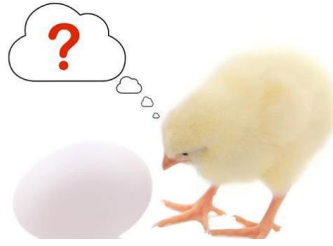
Los eventos A y B en el experimento son entonces transformaciones en la forma del fotón y el orden en que suceden esas transformaciones es controlado por la polarización.

"Hay muchas posibilidades para las transformaciones en la forma (muchas As y Bs posibles), pero las correlaciones entre las opciones de transformaciones y la polarización tienen un límite. En el experimento violamos ese límite, y concluimos que hay un orden indefinido entre A y B".

### COMPUTADORAS MÁS RÁPIDAS

El experimento es una demostración de principio, pero a una escala mayor, el orden causal indefinido puede tener aplicaciones prácticas reales, como hacer las computadoras más eficientes o mejorar la comunicación.

"Hay un experimento en Viena, en el que mostraron que el orden causal indefinido tiene ventajas para un tipo de problema computacional", afirmó Romero.



**¿LOGRAREMOS ALGÚN DÍA EXPLICAR CÓMO ES POSIBLE QUE EL MUNDO CUÁNTICO SE COMPORTE DE UNA FORMA TAN DIFERENTE A LO QUE VEMOS DÍA A DÍA? CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

"Esencialmente, mientras que en general se precisan dos partículas para hacer una operación de computación, con un interruptor cuántico sólo precisas una".

"El otro avance que me entusiasma mucho es el de la teoría planteada por Giulio Chiribella, (uno de los investigadores más reconocidos en información cuántica), quien demostró que usando un interruptor cuántico es posible la comunicación aún en un canal con múltiples interferencias. Piensa por ejemplo en superar el ruido de una línea telefónica que confunde todo".

### MI HIJO DE 4 AÑOS...

Romero y sus colegas utilizaron para explicar su estudio la paradoja del huevo y la gallina.

"El huevo y la gallina es en realidad una metáfora. En la literatura popular siempre se pregunta qué fue primero. Y lo que probamos con este experimento, en que 'A sucede antes que B' y 'B sucede antes que A' pueden ser ciertos al mismo tiempo, es que ¡los dos eventos ocurren primero!".



**"EN NUESTRA VIDA DIARIA AÚN TENEMOS CAUSAS ANTES QUE EFECTOS. Y TENEMOS ESE CONCEPTO DESDE QUE SOMOS NIÑOS. MI HIJO DE 4 AÑOS PIENSA QUE EL SOL SALE SI ÉL DUERME". CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.**

Romero reconoce que el experimento del interruptor cuántico es algo artificial que no parece relacionarse con el día a día.

"Lo diseñamos de esa manera. Pero en nuestra vida diaria, aún tenemos causas antes que efectos. Y tenemos ese concepto desde que somos niños. Mi hijo de 4 años piensa que el Sol sale si él duerme".

"Así que en cierto sentido podrías decir que causa y efecto son una forma de pensar, de conectar cosas para que el mundo tenga sentido para nosotros".

En el experimento A y B no son causa y efecto, son independientes.

"Pero demostramos que el orden puede ser indefinido, de forma que si A fuera la causa y B el efecto deberíamos concluir que también la causalidad puede ser indefinida", afirmó la física de la Universidad de Queensland.

¿Lograremos algún día explicar cómo es posible que el mundo cuántico se comporte de una forma tan diferente a lo que vemos día a día? ¿Y experimentar el orden causal indefinido?

"Tal vez cuando llegemos a un punto en la física en que logremos conciliar la física cuántica (en la que hay superposición) con la relatividad general (la teoría del espacio tiempo), logremos eso".

## Qué es y cómo se está creando la internet cuántica del futuro, en la que la información viajará a la velocidad de la luz

Versión del artículo original de MARY-ANN RUSSON

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



LOS CIENTÍFICOS ESTÁN DESARROLLANDO UNA INTERNET SÚPER VELOZ QUE SE MOVERÁ A LA VELOCIDAD DE LA LUZ. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

Imagina computadoras ultrarrápidas capaces de resolver problemas mucho más velozmente que las máquinas que usamos hoy día.

Esas "computadoras cuánticas" ya están siendo desarrolladas en laboratorios de todo el mundo. Pero los científicos han dado el siguiente paso y están creando un internet cuántico que viajará a la velocidad de la luz.

No es fácil fabricar tecnología para dispositivos que, técnicamente, todavía no se han inventado, pero las comunicaciones cuánticas son un campo interesante para la investigación porque permiten enviar mensajes de forma mucho más segura.

### ¿QUÉ ES UNA COMPUTADORA CUÁNTICA?

Es una máquina capaz de solucionar problemas informáticos muy complejos a una velocidad increíble, muy por encima de las computadoras "clásicas" actuales.

En las computadoras convencionales, la unidad de información se llama "bit" y puede tener un valor de 1 a 0. Su equivalente en el sistema cuántico es el cúbit (bit cuántico), y puede ser 1 y 0 al mismo tiempo. Este fenómeno abre el camino a cálculos que pueden realizarse de forma simultánea.

Sin embargo, los cúbits necesitan ser sincronizados usando un efecto conocido como "entrelazamiento", que Albert Einstein definió como una "acción fantasmagórica a distancia".

Estas computadoras tendrán muchas aplicaciones útiles, desde modificar reacciones químicas para nuevos medicamentos, hasta desarrollar tecnologías para el cuidado de la salud o acelerar el diseño de baterías con nuevos materiales.

### CADA VEZ MÁS POTENCIA

Las computadoras cuánticas serán más potentes que las clásicas, pero algunas aplicaciones requerirán más potencia que la que puede proporcionar una computadora cuántica por sí misma.

Al lograr que dos aparatos cuánticos se comuniquen entre sí, se podrá reunir su potencia para crear una enorme máquina cuántica.

Sin embargo, como se están construyendo computadoras cuánticas de distintos tipos -de partículas de luz, iones atrapados o cúbits, por ejemplo- se necesitará algún tipo de ayuda para que puedan hablar entre ellas.

Hay científicos a favor de crear una internet cuántica basada enteramente en partículas de luz (fotones), mientras que otros creen que es más fácil hacer redes cuánticas en las que la luz interactúe con la materia.

"La luz es mejor para las comunicaciones pero los cúbits de materia son mejores para el procesamiento", le cuenta a la BBC Joseph Fitzsimons, investigador principal del Centro de Tecnologías Cuánticas de la Universidad Nacional de Singapur.

"Necesitas ambos para la que la red corrija los errores de la señal, aunque puede ser difícil hacer que interactúen", añade.

"Es muy costoso y complicado almacenar toda la información en fotones", dice Fitzsimons, "pues no pueden verse entre ellos y no rebotan entre sí". Dice que sería más fácil usar luz para las comunicaciones y electrones o átomos para guardar la información.

### MENSAJES OCULTOS

Una de las aplicaciones clave de la internet cuántica será el sistema de distribución de clave cuántica (QKD), mediante el cual se genera una clave secreta usando un par de fotones entrelazados.

Se usa para cifrar información que no pueda descifrar una computadora cuántica.

De hecho, esta tecnología ya existe y se demostró por primera vez en el espacio por un equipo de investigadores de la Universidad de Singapur y de la Universidad de Strathclyde, en Reino Unido, en diciembre de 2015.

Pero, además, los científicos están creando "protocolos ciegos" para que los usuarios puedan esconder la información que deseen,

"Podrás escribir algo y enviarlo a una computadora remota, y la persona que posee la computadora no sabrá nada sobre ello, más allá de cuánto te demoró enviar el mensaje y cuánta memoria usaste", explica Fitzsimons.

"Esto es importante porque no habrá muchas computadoras cuánticas cuando aparezcan por primera vez, así que la gente querrá manejar programas remotamente en ellas, al igual que hacemos hoy en la nube".

### ¿TIERRA O ESPACIO?

Hay dos tipos de enfoques para construir las redes cuánticas: que sean terrestres o espaciales. Ambos funcionan bien para enviar bits de datos en la internet de hoy, pero si queremos enviar datos en cúbits en el futuro, será mucho más complicado.

Para enviar partículas de luz (fotones) podemos usar cables de fibra óptica, pero la señal se deteriora con distancias largas porque a veces estos cables absorben fotones.

Se podrían construir "estaciones repetidoras" cada 50km que funcionen como laboratorios cuánticos en miniatura para reparar la señal.

También hay redes basadas en el espacio, a través de satélites que transmiten las señales.



LA INTERNET CUÁNTICA PERMITIRÁ ENVIAR MENSAJES A UNA VELOCIDAD NUNCA ANTES EXPERIMENTADA. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.



LA ENCRYPTACIÓN CUÁNTICA HARÁ QUE LAS COMUNICACIONES SEAN MUCHO MÁS SEGURAS. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.



LOS SISTEMAS ESPACIALES FUNCIONAN MEJOR QUE LOS TERRESTRES PERO SON MÁS CAROS. CRÉDITO IMAGEN: JOHANNES HANDSTEINER / ÖAW.

"Como no hay aire entre satélites, no hay nada que pueda degradar la señal", le dijo a la BBC Jamie Vicary, investigador de ciencia computacional de la Universidad de Oxford, en Reino Unido.

"Si queremos internet cuántica a escala global, la solución basada en el espacio es la única forma en la que podrá trabajar, pero es la más costosa".

Ya se llevó a cabo con éxito la teletransportación cuántica a través del espacio. Los científicos están compitiendo para hacerlo a distancias cada vez más largas.

Rupert Ursin, del Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica de la Academia Austríaca de Ciencias, cree que la internet cuántica requerirá redes tanto espaciales como terrestres que operen en paralelo.

"En las ciudades, necesitamos una red de fibra, pero las conexiones de larga distancia quedarán cubiertas por redes satelitales", explicó.



¿LLEGARÁ A SER GLOBAL LA COMUNICACIÓN CUÁNTICA? LOS CIENTÍFICOS DICEN QUE SU DESARROLLO SERÁ COSTOSO. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES.

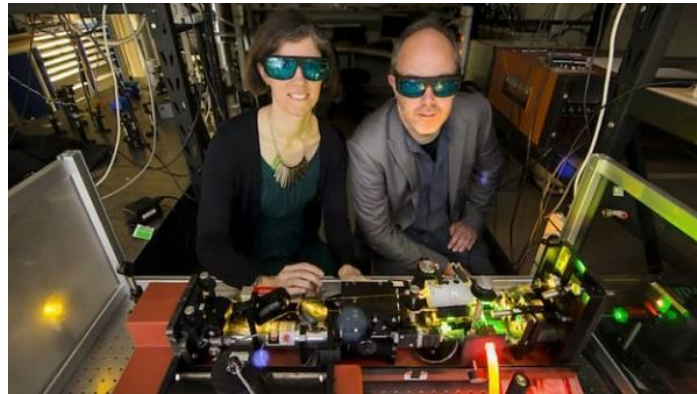
### MENSAJES, NODOS Y MEMORIA CUÁNTICA

Las "estaciones repetidoras" -conectadas por cables de fibra óptica- que están desarrollando algunos científicos se llaman también "nodos cuánticos" y cada uno de ellos repara y lanza de nuevo la señal para que llegue al receptor.

Es como usar una vieja máquina de fax para enviar un documento, página por página, a otra persona. Siempre se pierde una parte del mensaje.

Habrán muchas personas en la red tratando de comunicarse, así que el nodo deberá averiguar cómo distribuir su potencia para enviar esos mensajes.

Además, tendrá que enviar mensajes por internet cuántico y clásico. Cuanto mayor sea la máquina, más nodos habrá que añadir.



ROSE AHLEFELDT Y MATTHEW SELLARS OPERANDO UN LÁSER DE ALTA RESOLUCIÓN PARA CREAR CHIPS DE MEMORIA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUSTRALIANA (ANU). CRÉDITO IMAGEN: STUART HAY, ANU.

"Queremos hacer que sean pequeños para que no haya incoherencia, aunque entonces no podrán soportar muchos cúbits", dice Vicary.

"Si conectamos los nodos a una red, todavía podemos tener una computadora cuántica sin limitar el número de cúbits", añade.

Esas estaciones deberán tener chips de memoria cuántica. Los nodos crean "links", entrelazando pares de partículas de luz y las almacenan en un lugar seguro (esos chips).

Investigadores de la Universidad Nacional Australiana (ANU) han desarrollado un chip de memoria cuántica que puede usarse en telecomunicaciones.

Es capaz de almacenar luz durante más de un segundo y es 10.000 veces más duradero que otros intentos que se hicieron hasta ahora.

"El mayor reto ahora es probar una memoria cuántica con mayor capacidad de almacenamiento de datos", le dice a la BBC Matthew Sellars, del Centro para Computación Cuántica y Tecnologías de la Comunicación, del ANU.

"Será la capacidad de almacenaje lo que limitará la transmisión de datos en la red. Creo que harán falta unos cinco años para que la tecnología que haga posible la internet cuántica se ponga en práctica".

# Investigadores descubren un nuevo tipo de ordenador cuántico basado en ondas de sonido.

Por CAROLINA GONZÁLEZ VALENZUELA

TOMADO DE: Computer Hoy – 6 de julio de 2023



Investigadores han descubierto que los fonones, partículas cuánticas indivisibles del sonido, muestran propiedades cuánticas como la superposición y el entrelazamiento, lo que facilita el camino para el desarrollo de una nueva generación de ordenadores cuánticos.

Investigadores de la Escuela Pritzker de Ingeniería Molecular de la Universidad de Chicago han hecho **un descubrimiento clave que podría llevar al desarrollo de un nuevo tipo de ordenador cuántico**. Utilizando la física de las ondas del sonido, están explorando las propiedades cuánticas de los fonones, partículas cuánticas indivisibles que forman un haz de sonido.

En un experimento publicado en la revista *Science*, el equipo utilizó divisores de haz acústicos para dividir los fonones y entrelazarlos, demostrando su capacidad de entrar en un estado de superposición.

Esta capacidad es similar a la observada en los fotones de la luz, donde un fotón puede estar simultáneamente en 2 lugares diferentes. Para entenderlo mejor, **la investigación reveló que los fonones poseen la misma propiedad de superposición cuántica que los fotones**.

Con esto, el equipo planteó una pregunta: ¿qué sucedería si se enviaran 2 fonones idénticos al divisor de haz desde direcciones opuestas? Descubrieron que los fonones se entrelazaban mecánicamente cuánticamente, creando un estado de superposición en el que los fonones están bloqueados en una dirección específica.

## UN GRAN DESCUBRIMIENTO EN EL CAMPO DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

Esto se conoce como efecto Hong-Ou-Mandel y también se ha observado previamente en fotones. Ahora, se ha demostrado con éxito con el sonido.

Estos hallazgos **abren la puerta a la posibilidad de construir una nueva forma de ordenador cuántico**, llamada ordenador cuántico mecánico, que aproveche los fonones en lugar de los fotones o los qubits electrónicos utilizados en las convencionales.

Su implementación tendría un gran impacto en el campo de la computación cuántica y podría ofrecer capacidades computacionales únicas. Además, la integración de tecnologías basadas en fonones con ordenadores cuánticos convencionales podría abrir nuevas puertas en el sector.

Aunque la tecnología para generar y detectar fonones individuales aún está en desarrollo, este avance en la comprensión de las propiedades cuánticas del sonido es un paso realmente importante hacia la construcción de un ordenador cuántico mecánico funcional.

# Pasado, presente y futuro de la fusión nuclear: Un experto nos habla sobre este hito de la ciencia.

*Rafael Juárez Mañas, profesor del departamento de ingeniería energética de la UNED, experto en fusión nuclear e investigador del proyecto ITER ha hablado con Hipertextual sobre el último hito de la ciencia.*

Versión del artículo original de AZUCENA MARTÍN  
TOMADO DE: Hipertextual - 17 de diciembre de 2022



RAFAEL JUÁREZ MAÑAS

Recientemente, hemos conocido una de las grandes noticias científicas que nos dejó el 2022. Desde Estados Unidos anunciaron que habían conseguido por primera vez un **balance positivo de energía mediante fusión nuclear**. Es decir, habían logrado extraer más energía de la que se suministró al combustible. Esto es algo que se ha estado intentando **durante más de 60 años** y que era necesario para demostrar que, efectivamente, esta podría ser una nueva forma de obtener electricidad en un futuro.

Es, por lo tanto, un gran hito de la ciencia, pero plantea muchas preguntas. Por eso, para encontrar las respuestas, en *Hipertextual* nos pusimos en contacto con el doctor Rafael Juárez Mañas, **profesor del departamento de ingeniería energética de la UNED, experto en fusión nuclear e investigador del proyecto ITER**.

Hablamos con él sobre **el pasado, el presente y el futuro de la fusión nuclear**. Se trata de una forma de obtención de energía con mucho recorrido por delante, aunque eso no quiere decir que no haya que tomar ciertos mensajes con cautela. Con optimismo, sí, pero también desde la prudencia.

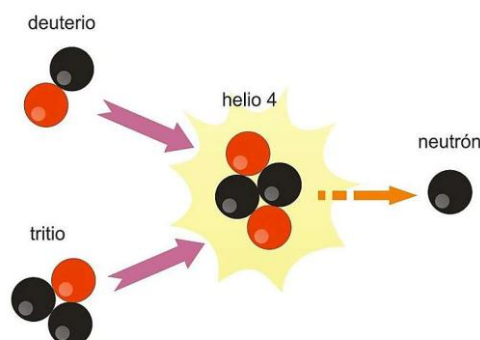
## ¿QUÉ ES LA FUSIÓN NUCLEAR?

La fusión nuclear es la forma que tiene las **estrellas**, como el Sol, de obtener la energía suficiente para mantenerse *encendidas*. Al contrario que la fisión de los reactores nucleares tradicionales, no se dividen los núcleos de átomos pesados en otros más pequeños, sino que **los núcleos de átomos muy ligeros se fusionan** para dar lugar a uno más pesado. Se trata de una reacción que, si se da con unas condiciones adecuadas, **libera muchísima energía**. Sin embargo, si bien en el Sol ocurre fácilmente, gracias a las condiciones extremas de temperatura y confinamiento gravitatorio, en la Tierra no es fácil de conseguir.

Esos átomos ligeros, que normalmente son dos isótopos del hidrógeno, llamados **tritio y deuterio**, se deben mantener en un estado conocido como plasma y se deben confinar de tal manera que se garantice una colisión entre ellos. Y para eso, durante muchos años, se han estado probando diferentes opciones, hasta dar con las que se consideran las dos aproximaciones más eficaces: **la magnética y la inercial**.

“El **confinamiento magnético** consiste en mantener plasmas durante tiempos largos a densidades bajas con campos magnéticos”, explica Juárez Mañas. “En cuanto al **inercial**, consiste en lo opuesto: densidades altísimas, aunque sea durante tiempos muy cortos”. El profesor de la UNED señala también que “eso último se intentó hacer con haces de partículas y de algunas otras formas, pero la manera más exitosa de momento es con láseres”.

Justamente ha sido con láseres como lo han conseguido en el **Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (LLNL)**, de donde han llegado las últimas noticias. Ahora bien, ¿significa eso que la aproximación inercial vaya a ir siempre por delante de la magnética? No tan deprisa.



FUENTE IMAGEN: WIKIMEDIA.

## TENEMOS UNA CHISPA: AHORA HACE FALTA UNA LLAMA

Juárez Mañas incide en que hace 60 años o más que comenzó a intentarse este hito de la fusión nuclear. Hasta el pasado **5 de diciembre de 2022** se han estado desarrollando tecnología que permitan acceder al rango de presión, temperatura y confinamiento que la física nos indica para tener un balance de energía positivo mediante fusión nuclear. Todo este tiempo se han estado mejorando las máquinas (dispositivos formidables) y los científicos que trabajan en ello **se han ido acercando con un éxito creciente**. E identificando nuevos retos tecnológicos en cada paso adelante. Tanto las que emplean la aproximación inercial como las que recurren a la magnética.

Finalmente, se ha logrado con la máquina del LLNL, que usa **aproximación inercial**, con láseres. “Hay que felicitar al laboratorio, al equipo implicado y a los cientos, si no miles, de científicos e ingenieros involucrados”, relató Juárez Mañas. “Han demostrado que no existe una ley física que nos impida **desarrollar la fusión nuclear como fuente de energía** y lo han hecho con contundencia”. Esto supone un espaldarazo definitivo a la investigación en este campo: **es viable**. “En toda la comunidad estamos de celebración”.

No obstante, es importante destacar que la tecnología empleada en este hito **no es muy escalable**. Es decir, no podría llevarse fácilmente a una escala que permita realmente obtener energía suficiente para producir electricidad. “Ha sido una cosa que se puede hacer una vez al día, y con un coste de decenas de miles de dólares, pero con eso no enciendes una bombilla, porque es solo una chispa cara al día”, aclara el experto. “Convertir esta tecnología en una llama constante va a llevar más esfuerzo con la aproximación inercial que con la **magnética**”.

Por otro lado, cabe destacar que con el anuncio hubo cierto “truco de marketing” que mostró cuánto desarrollo falta aún. Y es que, sí, se ha conseguido obtener más energía de la que el láser cedió al combustible que contenía el deuterio y el tritio. Sin embargo, la energía que hubo que suministrar, a su vez, al láser no se considera en esta cuenta, y era muchísimo mayor.

**Tienen una eficiencia en torno al 1%**, por lo que buena parte de esa energía se pierde y no llega a cederse al combustible. “Si calculamos el balance como energía consumida por el experimento respecto de la energía extraída, estaríamos aún muy lejos de que todo esto sea rentable”. Eso no lo convierte en una mala noticia. Lo que se logró es muy importante, pero hay que tomarlo con cautela respecto de la inminencia de la producción de electricidad con esta tecnología.

## DÉCADAS DE INVESTIGACIÓN QUE DAN SUS PRIMEROS RESULTADOS

Podríamos preguntarnos por qué la máquina del LLNL es tan difícil de escalar para la **obtención de electricidad**. Y la respuesta es bastante sencilla; porque, básicamente, esa máquina no se diseñó para demostrar una tecnología escalable de fusión nuclear, sino para estudios relacionados con la defensa. Lo cuenta también el experto consultado por este medio:

“En los años 90, se impulsó el tratado de prohibición completa de ensayos nucleares a nivel internacional. En este contexto, la capacidad de diseño y mantenimiento de armas nucleares queda comprometida. Estados Unidos, y por cierto, también Francia, decidieron construir máquinas en la que llevar a cabo mini detonaciones nucleares. Una mini detonación les ayuda a saber cómo se comporta la materia en las condiciones extremas que les ocupan y apoyar sus programas armamentísticos. Eso son la National Ignition Facility de EEUU, y el Laser MegaJoule de Francia”.

Sin embargo, ya que consiguieron el hito tan deseado de cara a la obtención de electricidad, optaron por anunciarlo, para demostrar que han sido capaces de conseguir eso que se llevan intentando tanto tiempo. “Afortunadamente, y dada la relevancia de la investigación, en Estados Unidos aceptaron que parte del programa de la máquina tuviese **aplicaciones civiles**, así que desclasifican algunas cosas que tienen interés para producir energía”, relata Juárez Mañas. “Esa tecnología sí se puede usar para producir electricidad, pero requiere una serie de desarrollos que están en un punto menos maduro que la parte magnética”.

Pero, aun así, lo que han hecho está muy bien. Y es que la investigación en fusión nuclear **necesita mucha financiación**. Estos y otros muchos científicos llevan décadas investigando. Demostrar a la sociedad que se está en la senda correcta fomenta una relación adecuada para la financiación recibida durante tanto tiempo. Por eso este anuncio es tan relevante, a pesar de que le quede tanto por escalar.



CRÉDITO IMAGEN: UKAEA.

## LA CARRERA POR LA FUSIÓN NUCLEAR

En todo el mundo hay varias máquinas dirigidas a la obtención de energía por fusión nuclear. Unas siguen la aproximación inercial y otras la magnética. Además, mientras unas apuestan por **escalar a máquinas cada vez más grandes**, otras prefieren máquinas más pequeñas que se puedan **reemplazar cada cierto tiempo**. Aún no se sabe cuál será la mejor opción, pero las que vayan dando resultados serán las que empiecen a llamar la atención de los inversores, por lo que hay una gran carrera por presentar nuevos hitos.

Con respecto a escalar hacia máquinas ambiciosas de gran tamaño, o hacia **máquinas más modestas y en mayor número**, cada opción tiene sus pros y sus contras. La primera es la que más se ha intentado hasta el momento. Inicialmente, se crearon máquinas medianas de fusión nuclear por aproximación magnética, que cumplieron hitos diferentes: la mayor presión del plasma, la mayor temperatura, el mayor número de fusiones nucleares...

Después, con la experiencia aprendida de todas estas, se puso en marcha **ITER**. Este es un proyecto con sede en Francia en el que intervienen **35 países**. Entre ellos se encuentran toda la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, India, China y Rusia. El objetivo de esta máquina es **alcanzar el  $Q=10$** . Es decir, extraer 10 veces la energía que se suministra al plasma. Lo que se ha conseguido recientemente ha sido apenas superar el  $Q=1$  y en aproximación inercial. En confinamiento magnético aún no se ha alcanzado  $Q=1$ , por lo que aún les queda mucho trabajo por delante.

Ahora bien, fabricar máquinas cada vez más grandes presenta varios problemas. “Una máquina grande nos da problemas cada vez más grandes, porque **la ingeniería no escala de manera lineal**”, especifica Juárez Mañas. “Una máquina 10 veces más grande, no es 10 veces más compleja, puede serlo 1000 veces más o incluso cualitativamente más compleja, porque aparecen nuevos fenómenos”. Ese, según nos cuenta el científico, es el motivo principal por el que ITER parece que no llega nunca. “No paran de encontrar problemas que no preveían, porque es mucho más complejo hacer una máquina más grande. Estamos trabajando más allá del límite conocido en varios campos de la ingeniería simultáneamente”.

Conscientes de este problema, en el **Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)** han abordado el escalado de otra forma.

“En vez de una máquina gigantesca, que funcione 20 años con un programa científico ambicioso en torno a  $Q=10$ , su objetivo es hacer una suficientemente barata que alcance un  $Q>1$  en confinamiento magnético al menos una vez, sin necesidad de acompañarlo de una vida larga o un gran programa científico. Esto representa un objetivo más modesto, aún muy relevante, y sobre todo: mucho más viable desde el estado actual de la ingeniería. Si funciona, continuarán por la senda de máquinas más modestas, aunque esto implique un mayor número de máquinas para obtener una cantidad relevante de electricidad”.

Para ello, han diseñado un modelo de reactor nuevo, conocido como **tokamak esférico pequeño**. “Tienen una ingeniería más sencilla que ITER en general, lo que va a resultar en una economía más viable, por lo que se puede aplicar **economía de fabricación industrial**”. Pero hay un problema. “Su principal talón de Aquiles es que, al ser pequeños, necesitan mucha más densidad de energía y, por lo tanto, imanes superconductores más potentes”.

Para solucionar ese problema, han desarrollado lo que se conoce como **superconductores de alta temperatura**, la tecnología central de este concepto. Y esto pone las cosas mucho más a su favor. “Han hecho un estudio de mercado y les ha salido muy bien, por lo que han conseguido 2.000 millones de dólares de financiación privada”.

Nunca antes había habido tanta financiación privada en fusión nuclear, en numerosas iniciativas. Inversores tan relevantes como **Bill Gates, Peter Thiel o Alphabet** (matriz de Google) han entrado en la competición. Además de la iniciativa originada en el MIT, han nacido varias startups más con este fin, a las que también se han concedido fondos privados. Existe una carrera para batir a ITER en plazos y alcanzar  $Q>1$  durante esta década. Ahora bien, ¿significa eso que en 10 años tendremos electricidad a partir de fusión nuclear? Dar una respuesta segura sería aventurarse demasiado.

## LA VISTA EN EL FUTURO, PERO CON PRECAUCIÓN

La parte buena de todo esto es que, como ya hemos visto, la aproximación magnética es **más fácil de escalar**. Por lo tanto, con la financiación suficiente, se podría llegar muy lejos. Es importante incidir en la financiación; ya que, como bien señala Juárez Mañas, esos varios miles de **millones de dólares privados en fusión** en EEUU “son solo para empezar a hablar”. Primero deben demostrar de lo que son capaces. Entonces, a su debido tiempo, podrán seguir recibiendo dinero, en una escala mayor. De eso dependerá que tengamos plantas eléctricas por fusión nuclear en **10-20 años** como hemos escuchado tantas veces estos días. No es algo que se pueda asegurar.

“El principal freno para conseguirlo es de ingeniería y la ingeniería se resuelve con recursos. Cuantos más recursos, menos tiempo. Depende de cuánto dinero se disponga. Si se produce una movilización masiva de la comunidad científica, de las que hemos visto muy pocas veces en la humanidad, como pudo ser el proyecto Manhattan o el programa Apolo, en 10 o 20 años quizás sí podamos tener plantas enchufadas a la red eléctrica. Lo que nadie dice es cuánto va a costar eso, porque esa inversión puede no tener relación con la magnitud de los hitos conseguidos hasta la fecha”.

Por eso, la estrategia actual es ir demostrando poco a poco lo que pueden hacer, con pasos como el que se ha anunciado recientemente, y ya pedir más adelante. Eso sí, aunque este primer anuncio se haya hecho con la aproximación inercial, lo esperable, como ya hemos visto, es que se llegue a **obtener electricidad antes con la magnética**. “Eso no quiere decir que la inercial no vaya a llegar”, puntualiza el profesor de la UNED. “Es algo así como la gasolina y el diésel. Primero los coches fueron con gasolina, luego llegó el diésel, luego pareció que solo habría diésel, porque cada una tiene sus ventajas”.

En definitiva, el experto señala que no deberíamos verlo como una competición, porque eso no es positivo a la hora de obtener los necesarios recursos. Y porque verdaderamente, ambas aproximaciones comparten mucha tecnología para la **producción de electricidad**.

## PASO A PASO

El primer paso era llegar a  $Q > 1$ . Eso ya se ha conseguido. El siguiente, debería ser alcanzar  $Q$  mayores para  **cubrir los consumos de la planta** (por ejemplo, el  $Q=10$  propuesto por ITER o mayores). Si eso se lograra, después se construiría una máquina mayor y que integrara las tecnologías que producen la electricidad, aún por consolidar.

Y, aun así, llegados a ese punto, deberíamos tener varias cuestiones en cuenta. La primera es que, al contrario de lo que se suele decir, no se obtendría una energía **ilimitada, limpia y segura**. Bueno, en realidad sí, pero con matices.

Para empezar, la energía sería **virtualmente ilimitada**. Esa aclaración significa que es cierto que llegaría un momento en el que se agotaría, pero hay de sobra para lo que pueda quedar a nuestra civilización. Y es que, si nos centramos en el combustible más sencillo, formado por deuterio y tritio, es bastante fácil de conseguir.

El deuterio se obtiene fácilmente del **agua** y hay una disponibilidad inmensa. En cuanto al tritio, al ser radiactivo y no encontrarse en la naturaleza, habría que generarlo, pero tiene solución. Se obtiene **irradiando el litio** en las propias plantas. Y las reservas de litio, aunque no son tan inmensas como las de deuterio, son bastante elevadas. “Hay litio en la Tierra para cubrir el consumo por fusión nuclear por la civilización actual”, tranquiliza el experto consultado por este medio. Aunque también puntualiza que hace referencia al estilo de vida actual, ya que “si nos volvemos muy locos con las baterías de los coches, ya veremos en qué estado quedan las reservas para la fusión nuclear”.

Sea como sea, sí podemos decir que hay suficiente combustible para tener energía ilimitada durante muchísimo tiempo. ¿Es limpio y seguro? Al igual que la fisión de los reactores nucleares actuales, **no genera dióxido de carbono**, por lo que podemos considerarla una forma de energía limpia. En cuanto a la seguridad, hay que hacer algunas puntualizaciones. La reacción nuclear no se puede descontrolar por definición, por lo que se dice que son intrínsecamente seguros. Pero los reactores de fusión nuclear aun así presentarán campos de radiación que hay que controlar y residuos radioactivos que hay que gestionar.

“Hay residuos y son radiactivos. Como lo son los de un hospital. Un hospital también tiene residuos radiactivos, pero no supone un drama para la sociedad. No tiene ni punto de comparación con la fisión. Un reactor de fusión nuclear se convierte en una fuente de radiación y cuando termines de operar la planta, la vasija del reactor es un residuo radiactivo considerable que hay que gestionar algunos cientos de años tal vez, pero se puede hacer sin drama. No tiene ni punto de comparación con una central de fisión en la que el combustible tarda millones de años en dejar de ser peligroso. La diferencia es muy importante porque en pocos cientos de años te puedes hacer una idea de cómo cambia una civilización, pero en millones de años no. No es tan fácil dejar unas instrucciones sobre cómo actuar”.

Por lo tanto, la fusión nuclear sí que puede ser segura, siempre y cuando se diseñen adecuadamente los reactores. Esto es importante, ya que hay que mostrar todo para que, en un futuro, nadie se extrañe cuando se pida financiación para el correcto tratamiento de los **desechos radiactivos**, por ejemplo.



## ¿ACABARÁ LA FUSIÓN NUCLEAR CON LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?

Los últimos avances en fusión nuclear nos llevan a coquetear con la idea de **un futuro sin combustibles fósiles**. Sería un gran futuro, sin duda. Ahora bien, ¿es esto viable?

Para Juárez Mañas, la fusión nuclear tiene el potencial para sustituir a los combustibles en la generación de electricidad. Ahora bien, de nuevo, todo **depende de la financiación** que se ponga sobre la mesa.

No obstante, el científico nos recuerda que hay otro detalle que debemos tener en cuenta y es que buena parte de los combustibles fósiles hoy en día se usan en transportes y calefacción. Ahí, por mucho que se consiga usar la fusión nuclear para obtener electricidad, sería todo más complicado. “Para poder sustituir los combustibles fósiles no necesitas solo fuentes de electricidad nuevas, necesitas **electrificar el transporte** y eso es otro cantar”, recuerda. “El objetivo es llegar a desarrollar tecnologías que nos permitan electrificar el transporte, una vez que lo tengas electrificado, ahí ya verás cómo obtienes la electricidad”.

Por lo tanto, el anuncio sobre fusión nuclear que nos ha llegado estos días es una buena noticia, sí. Es una prueba de que se está trabajando en un futuro en el que la fusión nuclear tendrá mucho que decir sobre energía. Pero es solo **un primer paso** de un camino muy largo, en el que, como en casi todo en la vida, los pasos se dan a golpe de talonario. Hay grandes científicos y máquinas magníficas implicadas. Pero los científicos no viven del aire y las máquinas son caras. Con la financiación suficiente y la investigación adecuada, ese futuro llegará. El camino ya ha empezado, ahora solo queda seguir caminando. No sabemos hasta cuándo.

## El hito de la fusión nuclear:

“Con la batería de un teléfono móvil tendremos toda la energía que consumirá una persona durante 30 años”.

Versión del artículo original de JACOBO ALCUTÉN

TOMADO DE: 20 MINUTOS – 14 de diciembre de 2022

- Los científicos la consideran la fuente de energía del futuro, pero “faltan todavía décadas” para que sea una realidad.
- El experimento anunciado por EEUU tiene su ‘truco’: “Se necesitaron 300 megajulios para alimentar los láser”.
- EEUU logra el “Santo Grial” de la energía ilimitada y limpia al replicar una fusión nuclear sin desechos radiactivos.

Considerada el “Santo Grial” de la energía, la fusión nuclear está destinada a ser la fuente de electricidad que alimentará a la humanidad en el futuro. El hito anunciado por EEUU, **que ha logrado una ganancia neta de energía mediante fusión nuclear**, es un paso más hacia ese sueño de encontrar una energía limpia, ilimitada y segura. Pero para que el sueño se convierta en realidad tendrán que pasar muchos años.

“Faltan todavía varias décadas para que podamos crear una central eléctrica que produzca energía a partir de fusión nuclear”, asegura Óscar Moreno Díaz, profesor titular del departamento de Estructura de la Materia e investigador en el grupo de Física Nuclear de la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

Moreno reconoce la importancia del hito anunciado por EEUU, pero lo pone en perspectiva porque tiene su truco: “Es un avance importante porque es un experimento en el que por primera vez se ha producido más energía de la que se ha introducido en el sistema mediante láseres. Pero lo que no dicen tan claro es que esos láseres han necesitado electricidad y ahí se ha gastado mucha más energía de la que ha liberado la fusión. En realidad, no ha habido una ganancia de energía neta”.

En la misma línea se expresa Joaquín Sánchez, director de Coordinación Científico Técnica del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas): “Es un éxito científico porque han metido dos megajulios de energía con el láser y han sacado tres de la fusión, pero para alimentar el láser han hecho falta 300 megajulios. Si echamos las cuentas de todo el ciclo, no nos salen. Es una ganancia como sistema físico, pero no es una ganancia neta de energía”.

No obstante, Moreno sí acepta el término “santo grial” para hablar de la fusión nuclear porque entiende que “aunque falten décadas” para su uso comercial, puede ser la energía del futuro: “Tiene muchísimas ventajas, como el combustible prácticamente ilimitado, ya que se utiliza hidrógeno, que forma parte del agua”.

Esos láseres han necesitado electricidad y ahí se ha gastado mucha más energía de la que ha liberado la fusión. En realidad, no ha habido una ganancia de energía neta

Esos sí, matiza que no se trata de agua corriente: “En los experimentos que se están llevando a cabo se utilizan dos isótopos del hidrógeno, que son el deuterio y el tritio, que no son los más abundantes en la naturaleza, no estamos hablando de agua normal, sino de agua pesada. En la naturaleza, de cada 7.000 átomos de hidrógeno, solo uno es de deuterio, pero aun así la cantidad de deuterio es enorme. Habría que separarlo, pero no es demasiado costoso”.

El tritio, que es radiactivo, sí habría que fabricarlo porque “tiene una vida media de poco más de 12 años y en la naturaleza no dura, pero es relativamente sencillo de fabricar”, subraya Moreno, quien recuerda que en las centrales nucleares actuales se genera como residuo. Es más, algunos proyectos de fusión nuclear, como el Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), prevén generar el propio tritio que necesitan como combustible.

Para generar ese tritio hace falta litio, una de las materias primas más demandadas en la actualidad, pero solo en cantidades muy pequeñas, por lo que no habría problemas de abastecimiento. “Si toda la energía que consume la humanidad fuera por fusión nuclear, bastaría con un gramo de litio por habitante y año. Es decir, que con la batería de un teléfono móvil tendríamos toda la energía que consumiría una persona durante 30 años”, detalla Joaquín Sánchez, que fue presidente del Comité Científico Asesor del ITER.

### “EL RESIDUO PRINCIPAL ES EL HELIO, UN GAS MARAVILLOSO”

La otra gran ventaja de la fusión nuclear es que apenas contamina. “No hay ninguna energía que sea totalmente limpia, pero en el caso de la fusión nuclear el residuo principal es el helio, que es maravilloso porque es un gas limpio, el mismo que se utiliza en los globos de las ferias. No contamina ni provoca efecto invernadero”, explica Sánchez, aunque añade que “siempre hay un pero”.

“Los neutrones que producen la radiación de fusión tienen mucha energía. Cuando esos neutrones colisionan, por ejemplo, con la pared de acero del reactor, lo convierten en acero radiactivo”, afirma.

Sin embargo, esos residuos radiactivos son mucho menos peligrosos que los generados por las centrales nucleares de fisión de la actualidad: “No podemos olvidarnos de ellos y tendrán que ser custodiados, pero no son residuos calientes que haya que vigilar con tecnologías complicadas y tampoco duran miles de años, sino un centenar. Y seguro que más adelante se podrán desarrollar tecnologías de fusión aún más limpias basadas, por ejemplo, en la relación protón-boro, pero a día de hoy están fuera de escenario”.

También estamos hablando de una tecnología segura que evitaría graves accidentes como los de Chernóbil o Fukushima: “Es imposible que se produzcan. En la fisión nuclear se trabaja con un combustible que tiene tendencia a acelerar la reacción y hay que mantenerlo bajo control, pero en la fusión ocurre todo lo contrario. La reacción es extremadamente perezosa. Solo se consigue cuando todos los sistemas funcionan a la perfección. Cuando algo falla, la reacción se viene abajo y todo se apaga”.

Pero insiste en que “el riesgo cero” no existe: “Aunque no podemos tener un accidente nuclear, en el caso de un gran incendio o un terremoto, se podría escapar el tritio, que es un material radiactivo y, por lo tanto, peligroso. Pero tendríamos un incidente muchísimo menor que el de Fukushima, sería como un accidente en una industria petroquímica o en otras industrias que trabajen con materiales peligrosos”.

Las ventajas de la fusión nuclear son indiscutibles, pero su desarrollo plantea retos inmensos, especialmente para la ingeniería: “Uno de los principales problemas está en los materiales que hay que utilizar para construir estos reactores porque se alcanzan temperaturas muy altas y la fusión emite neutrones de muy alta energía que chocan continuamente con los materiales. Actualmente no hay material que lo resista. El gran reto no es tanto de física nuclear, sino de física de materiales”, expone el profesor de la Complutense.

Para ilustrar las dificultades, destaca que tanto **en el experimento anunciado por EEUU**, como en el proyecto ITER, se alcanzan temperaturas mucho más altas que las del Sol: “La temperatura en el interior del Sol es de unos 15 millones de grados mientras que en el laboratorio Lawrence de California, la bolita de hidrógeno que se utilizó para el experimento alcanzó unos 100 millones de grados. Y en el ITER, el plasma se calienta incluso más, hasta 300 millones de grados. Las temperaturas más altas de todo el sistema solar y de muchas otras regiones del universo se están alcanzando ¡en un laboratorio!”.

Faltan décadas para que los reactores de fusión nuclear sean una realidad, pero, como recuerda Moreno, los plazos se pueden acortar con más recursos por parte de los gobiernos: “Todo depende del dinero. La historia ha demostrado que con dinero se pueden conseguir hitos de la ciencia en menos tiempo. Las bombas atómicas se desarrollaron en solo tres años desde que se estudió su mecanismo físico; y otro hito comparable fue la llegada del hombre a la Luna. Pero entonces se dedicaron cantidades ingentes de recursos, EEUU prácticamente puso su economía al servicio de esos proyectos, y eso es algo que ahora no se está haciendo. A menos que se multipliquen los recursos, tardaremos décadas en lograr que la fusión nuclear tenga un uso comercial”.



PRESENTACIÓN DEL EXPERIMENTO DE FUSIÓN NUCLEAR LOGRADO CON ÉXITO EN EEUU. FUENTE IMAGEN: EFE.



REACCIÓN DE FUSIÓN INERCIAL POR IGNICIÓN.

# Chicxulub, el cráter bajo el Golfo de México: Esconde las claves sobre el origen de la vida.

Versión del artículo original de PAUL RINCÓN (Editor de Ciencia de la BBC)

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



UNA PARTE DEL CRÁTER ESTÁ ENTERRADO EN LAS AGUAS Y OTRA EN LA COSTA, EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO. CRÉDITO IMAGEN: TIM PEAKE/ESA.

- Hace 66 millones de años, un objeto de más de 15 km de ancho creó un hoyo en la corteza terrestre de 100 km de ancho y 30 km de profundidad.
- Este orificio colapsó sobre sí mismo, dejando un cráter de 200 km de ancho y unos pocos kilómetros de profundidad.
- La zona central del cráter rebotó y colapsó otra vez, dejando en el interior un "anillo de pico".
- Hoy en día, la mayor parte del cráter de Chicxulub está sepultada en el litoral del Golfo de México, bajo 600 metros de sedimentos.
- En tierra firme, el cráter está cubierto de depósitos de piedra caliza, pero su borde exterior es visible.

El cráter creado por el asteroide que borró a los dinosaurios del planeta alberga claves sobre el origen de la vida en la Tierra.

Según los investigadores que perforaron el cráter de Chicxulub, enterrado en parte bajo las aguas del Golfo de México, sus rocas muestran evidencias de que allí hubo un gran "sistema hidrotermal", en el que fluidos calientes circulaban a través de grietas y fisuras.

Sistemas similares, generados por impactos en las edades tempranas del planeta, podrían haber ayudado a dar origen a las primeras formas de vida.

El sistema en Chicxulub, señalan los científicos, pudo haberse mantenido activo por más de dos millones de años.

"El impacto (del asteroide) generó un sistema hidrotermal subterráneo muy grande", le dijo a la BBC David King, uno de los investigadores que descubrió la ubicación del cráter, del Instituto Lunar y Planetario (LPSC, por sus siglas en inglés) en Houston, Estados Unidos.

"Eso es muy emocionante porque estamos usando Chicxulub para entender otros grandes impactos que ocurrieron en la historia muy temprana de la Tierra, cuando pensamos que estos sistemas podrían haber sido crisoles para la química prebiótica y los hábitats que permitieron la evolución de la vida más temprana en nuestro planeta".

El proyecto se centró en un área llamada anillo de pico, que contiene las rocas que se alejaron a una mayor distancia a causa del impacto.

## LA INFORMACIÓN OBTENIDA GRACIAS AL CAMPO MAGNÉTICO

En la conferencia del LPSC en Texas, EE.UU., Sonia Tikoo, especialista en paleomagnetismo, explicó que las muestras de rocas le permitieron a los investigadores fijar el límite más bajo de la duración de este sistema hidrotermal.



ENTRE MAYO Y JUNIO DE 2016, LOS INVESTIGADORES PERFORARON 829 M DEL NÚCLEO ROCOSO. DESDE ENTONCES, HAN ESTADO INVESTIGANDO LAS ROCAS DE ESTE INMENSO CRÁTER DE 200 KM DE DIÁMETRO CREADO POR EL IMPACTO DE UN OBJETO ESPACIAL DE 15 KM DE ANCHO, HACÉ UNOS 66 MILLONES DE AÑOS. CRÉDITO IMAGEN: NASA.

La dirección del campo magnético de la Tierra se invierte cada cientos de miles de años. Cuando se produjo el impacto en Chicxulub, el campo magnético tenía una polaridad inversa a la de hoy día.

"Algo muy curioso es que varias de las muestras de brecha (roca sedimentaria) tenían lo que ahora es la polaridad normal, es decir, con la misma dirección de ahora", señaló la científica de la Universidad Rutgers, en EE.UU.

"300.000 años después del impacto, el campo magnético de la Tierra se invierte y asume la polaridad 'normal', que tiene la dirección contraria (a la que tenía en el momento del impacto). Estas rocas debieron haber adquirido su magnetización durante una de estas polaridades normales que se produjo más tarde".

"Dado que la primera ocurrió 300.000 años después, esto nos permite establecer un límite inferior para el sistema hidrotermal, y determinar por cuánto tiempo los fluidos calientes circularon por el cráter".

Es posible que el sistema pueda haber sido muy caliente en un principio incluso para los microorganismos con gran resistencia a las altas temperaturas.

Sin embargo, a medida que fue pasando el tiempo, el anillo de pico se habría ido enfriado y creando un entorno ideal para que formas de vida diminutas puedan alimentarse de las sustancias químicas disueltas en los fluidos calientes.

"En cuanto al sistema hidrotermal, hemos logrado deducir la mineralogía producida por los fluidos", añadió Tikoo.

### VIDA DIMINUTA

Ahora, los investigadores están analizando la evolución termal: ¿qué temperatura alcanzaron las aguas y cómo se fueron enfriando?



LA PERFORACIÓN SE HIZO ENTRE MAYO Y JUNIO DE 2016. CRÉDITO IMAGEN: PAUL RINCON.



ESTOS POZOS CON AGUA LLAMADOS CENOTES SE FORMARON EN LAS ROCAS CALIZAS QUE CUBREN EL CRÁTER.  
CRÉDITO IMAGEN: MAX ALEXANDER/B612/ASTEROID DAY.

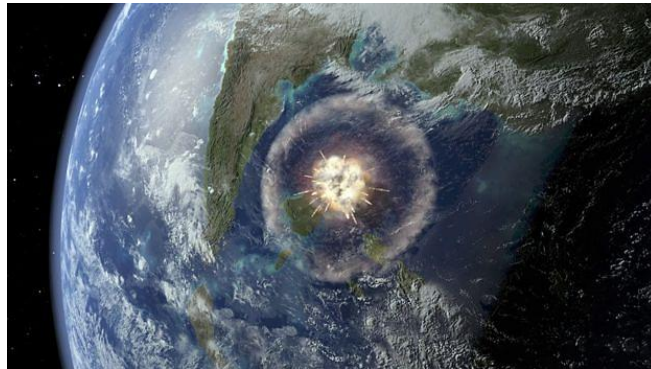
"Eventualmente se enfriaron lo suficiente como para albergar organismos termofílicos e hipertermofílicos, la misma clase de biota que habita las aguas termales volcánicas".

"Estos organismos habrían vivido en las grietas y venas de este cráter subterráneo".

Lo que aún los investigadores no saben es cuán diversa fue esta población. "¿Son dos especies que persistieron por millones de años? ¿O veremos una explosión de repentina de vida que plasmó en 15 o 30 especies?"

### SOBREVIVIENTES

El impacto del asteroide mató al 75% de las especies en la Tierra, incluyendo a los dinosaurios.



EL IMPACTO PROVOCÓ UN ENFRIAMIENTO EN EL CLIMA GLOBAL DEL PLANETA. CRÉDITO IMAGEN: SCIENCE PHOTO LIBRARY.

El material que el impacto propagó por la atmósfera probablemente oscureció el cielo y el clima en todo el planeta se enfrió.

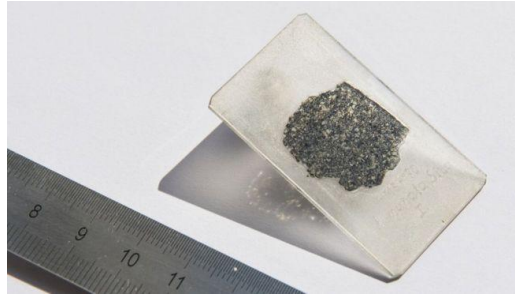
Puede que también haya provocado incendios voraces. Pero por qué este cataclismo mató a ciertos grupos como los dinosaurios, mientras que las aves y los mamíferos sobrevivieron- está aún por verse.

"No sabemos por qué las aves sobrevivieron o por qué lo hicieron también las tortugas y algunos tipos de reptiles", dijo Tikoo.

"Pero basándonos en el material extraído, podremos obtener información sobre parámetros importantes como la energía o la trayectoria. Y todo esto nos conducirá las respuestas (que nos faltan)".

## El meteorito que trajo a la Tierra diamantes de un planeta perdido.

FUENTE: **BBC NEWS | MUNDO**



**EL ASTEROIDE EXPLOTÓ EN 2008 A UNOS 37 KILÓMETROS DE LA TIERRA Y SUS RESTOS CAYERON EN SUDÁN.  
CRÉDITO IMAGEN: EPFL / HILLARY SANCTUARY.**

El 7 de octubre de 2008, un asteroide entró en la atmósfera de la Tierra y explotó a una altura de 37 kilómetros, sobre el desierto de Nubia en el norte de Sudán: traía diamantes.

Un estudio de un equipo de la Escuela Politécnica Federal de la ciudad suiza de Lausana (EPFL) que publica la revista *Nature Communications*, concluye que la roca espacial era parte de un planeta perdido que existió en los albores del Sistema Solar.

Se estima que el "protoplaneta" al que perteneció debe haber existido hace miles de millones de años, antes de que se partiera por una colisión. Era tan grande como Mercurio o Marte.

Los científicos sostienen que la presión necesaria para producir diamantes de ese tipo podría ocurrir solamente en un planeta de gran tamaño.

### CAÍDO DEL CIELO

El asteroide, denominado 2008 TC3, tenía poco más de cuatro metros de diámetro.

Fueron recolectadas unas 50 piezas de esa roca, de un tamaño de entre 1 y 10 centímetros.

Los fragmentos son popularmente conocidos como partes del meteorito *Alamata Sitta*, término árabe que significa *Estación Seis*, por el nombre de una estación de tren cercana al lugar donde cayó.

Utilizando tres tipos de microscopios, los investigadores caracterizaron el mineral y la cobertura química de la roca.

Parte del material atrapado en los diamantes desde su formación sólo puede formarse a una presión superior a los 20 gigapascales, informaron los científicos.

Esas condiciones "sólo pueden lograrse en un gran cuerpo planetario", precisaron.

### EL ORIGEN DE LOS PLANETAS

El investigador Farhang Nabiei, de la EPFL, dijo que esos datos constituyen la "primera evidencia convincente de la existencia de un planeta tan grande", perteneciente a una primera generación que ha desaparecido.

Este hallazgo refuerza la teoría de que los planetas del actual Sistema Solar se forjaron con los restos de decenas de grandes "protoplanetas" o "planetas embrionarios".

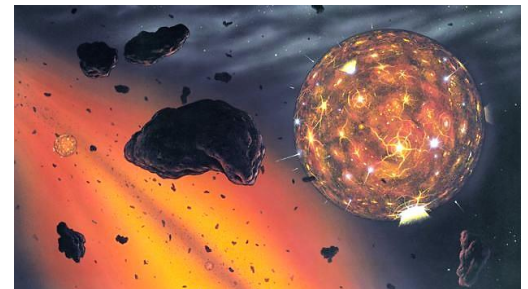
Estiman que el cuerpo principal del 2008 TC3 se formó en el Sistema Solar en sus primeros 10 millones de años.

Los meteoritos de esa colisión fueron catalogados en la categoría de rocas espaciales llamadas ureilitas, que representan menos del 1% de los objetos que chocan con la Tierra.

Los investigadores sugieren que todos los asteroides de ureilitas son restos del mismo protoplaneta.

"Cuerpos del tamaño de Marte (como el que impactó formando la Luna) eran comunes y se unieron para formar planetas más grandes o chocaron con el Sol o fueron eyectados del Sistema Solar.

"Este estudio aporta una evidencia convincente de que el cuerpo principal de ureilita era uno de esos grandes 'planetas perdidos' antes de que fueran destruidos por diversas colisiones", concluyeron los científicos en el estudio.



**LOS CIENTÍFICOS AFIRMAN QUE EL ASTEROIDE ES UN FRAGMENTO DE UN PROTOPLANETA QUE SE FORMÓ EN EL SISTEMA SOLAR EN SUS PRIMEROS 10 MILLONES DE AÑOS. CRÉDITO IMAGEN: SPL.**



**UNAS 50 PIEZAS FUERON RECOLECTADAS Y ANALIZADAS POR CIENTÍFICOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA FEDERAL DE LAUSANA, SUIZA. CRÉDITO IMAGEN: NASA.**

# La inagotable riqueza de los volcanes.

Versión del artículo original de LAURA CHAPARRO - @laura\_chaparro

Elaborado por Materia para OpenMind



En el siglo pasado, solo cuatro erupciones –tres en el Caribe y una en Colombia– acabaron con la vida de unas 67.000 personas. El potencial destructivo de los volcanes es indiscutible, pero estos gigantes de la naturaleza tienen también una cara mucho más amable que pasa desapercibida.

Su actividad geológica y bioquímica genera los ingredientes necesarios para la vida y favorece el desarrollo de diferentes especies animales. Además, esta fuente de energía resulta útil para el hombre, pues es la base de energía geotérmica.

Los romanos ya utilizaron las propiedades ignífugas y resistentes de los productos volcánicos para construir hormigón y hoy los seguimos empleando en un sinfín de materiales, desde ladrillos hasta dispositivos de litio.

## FUENTE DE VIDA

“Actualmente tenemos pruebas sólidas que demuestran que los volcanes pueden apoyar la vida e incluso hay quienes piensan que la vida en la Tierra probablemente se originó a su alrededor”, explicó Ceridwen Fraser, profesora de la Escuela Fenner de Medioambiente y Sociedad de la Universidad Nacional Australiana.

La docente se refiere a la actividad de las chimeneas hidrotermales submarinas, donde se baraja que pudo comenzar la vida. Aunque a esa profundidad apenas llegue la luz solar, hoy en día diferentes especies, como cangrejos o anémonas, utilizan las sustancias químicas generadas por los respiraderos como fuente de energía.



**ERUPCIÓN VOLCÁNICA CON EL MATERIAL MAGMÁTICO SALIENDO POR EL CRÁTER.  
CRÉDITO IMAGEN: MATTHEW BEDNARIK.**

“Esta energía química proviene del sulfuro de hidrógeno, hierro, metano, hidrógeno y otros elementos y moléculas, lo que provoca que los microbios y animales asociados a los volcanes submarinos sean muy diferentes a los del resto del océano, que obtienen su energía de la luz solar o se alimentan de organismos cuya energía deriva del sol”, señaló Joseph Resing, investigador del Instituto Joint para el Estudio de la Atmósfera y el Océano de la Universidad de Washington (EEUU).

El científico y su equipo han demostrado cómo el hierro emitido por los volcanes submarinos de la dorsal del Pacífico Oriental, en lugar de depositarse en las inmediaciones, como se pensaba, es transportado por las corrientes marinas y nutre al fitoplancton del que, a su vez, se alimentan cientos de especies.

Fuera del agua, pero en un ambiente igual de inhóspito como es la Antártida, Fraser ha descubierto que los volcanes, con su vapor y su calor, permitieron que muchas plantas y animales sobrevivieran a diferentes períodos glaciales.

## DEL HORMIGÓN ROMANO A LAS BATERÍAS DE LITIO

Además de ser fuente de vida, el material magmático y los minerales expulsados durante las erupciones tienen aplicaciones directas para el ser humano. Los romanos, por ejemplo, empleaban cenizas y rocas volcánicas para elaborar su indestructible hormigón, con el que construyeron el Panteón de Roma (Italia), entre otros edificios.

Hoy en día, las cenizas de basalto se usan como relleno de cemento y también para fabricar ladrillos, baldosas y paneles, ya que la roca volcánica es un material ignífugo, resistente a la corrosión y al aplastamiento. La fibra de basalto, al ser elástica y con propiedades aislantes, es muy utilizada en la lucha contra incendios y también en aviación, en la industria armamentística o en la automovilística.

Junto a estas aplicaciones, un tiempo atrás, un equipo de investigadores señalaba el potencial de los supervolcanes para desarrollar baterías y otros productos basados en litio. Sería otra forma de conseguir este elemento químico descubierto en el siglo XIX y cuyos principales depósitos se encuentran en diferentes salares de Bolivia, Chile y Argentina.



**LOS ROMANOS UTILIZARON CENIZAS Y ROCAS VOLCÁNICAS PARA ELABORAR EL HORMIGÓN CON EL QUE CONSTRUYERON EL PANTEÓN DE ROMA. CRÉDITO FOTO: ROBERTA DRAGAN.**

Los supervolcanes se caracterizan por sus enormes agujeros, fruto del colapso de la cámara magmática tras la violenta erupción. Esta cavidad se llena de agua y forma un lago donde el litio se acumula en una especie de arcilla.

Para identificar qué supervolcanes cuentan con las mejores fuentes de litio, los científicos analizaron pequeños fragmentos de magma atrapados en cristales durante el crecimiento dentro de la cámara. El equipo analizó entornos tectónicos de Estados Unidos, México e Italia y descubrió que las concentraciones de litio variaban mucho.

Su presencia depende de que el supervolcán sea lo suficientemente grande, tenga un lago de enormes dimensiones sobre su caldera y se haya formado a partir de la gruesa corteza continental, rica en litio.

“También necesita contar con algún sistema geotérmico de temperatura relativamente baja (como los géiseres) para formar arcillas que incorporen litio en sus estructuras”, subrayó Thomas R. Benson, investigador del departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad Stanford (EEUU) y autor principal de la investigación, que se publicó en la revista *Nature Communications*.

### **MOTOR DE ENERGÍA GEOTÉRMICA**

Esta misma actividad geotérmica es muy útil como fuente de energía. Las áreas cercanas a los bordes de las placas tectónicas, donde se producen la mayoría de las erupciones y los terremotos, son ricas en energía geotérmica y un lugar idóneo para ubicar centrales de este tipo.



**EL AGUA SUBTERRÁNEA DE LAS ÁREAS CERCANAS A LAS PLACAS TECTÓNICAS SE CALIENTA Y SALE A LA SUPERFICIE EN FORMA DE FUENTES TERMALES O GÉISERES. CRÉDITO FOTO: JAMES ST. JOHN.**

La actividad se origina a partir del magma fundido y de la desintegración de las sustancias radiactivas. El agua subterránea se calienta y sale a la superficie en forma de fuentes termales, manantiales o géiseres. “Los centros volcánicos se han utilizado para la energía geotérmica durante siglos, incluso antes que para baños termales”, destaca Benson.

Además del sector energético, los volcanes también son importantes para otra industria que mueve millones: la de las joyas. Piedras preciosas como el zafiro, el rubí y los diamantes emergen a la superficie gracias a las erupciones volcánicas. Por algo son una inagotable fuente de riqueza.

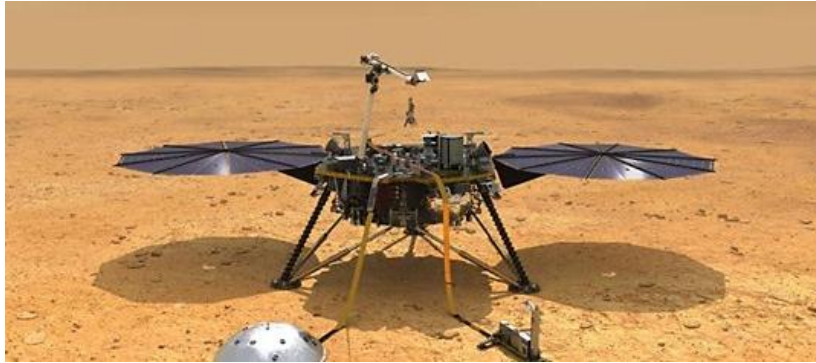
## La sonda 'InSight' detecta 174 terremotos en Marte en un año.

Los investigadores creen que en algún lugar del planeta puede haber fuentes de radiación que generen vulcanismo y estén detrás de los movimientos sísmicos.

La magnitud de los terremotos marcianos no es suficiente para que un humano los sintiese si se encontrase allí.

Versión del artículo original de DANIEL MEDIAVILLA

TOMADO DE: El País -España



RECREACIÓN ARTÍSTICA DE LA SONDA 'INSIGHT' SOBRE LA SUPERFICIE DE MARTE. CRÉDITO IMAGEN: NASA/JPL.

Marte tiene actividad sísmica, aunque su origen no es el mismo que el de los terremotos terrestres y su intensidad es mucho menor. La sonda *InSight*, que aterrizó en un cráter de la Planicie Elísea del planeta rojo el 26 de noviembre de 2018, ha registrado los temblores de aquel mundo durante cerca de un año. En ese periodo, según se publicó en la revista *Nature Geoscience*, se registraron 174 sacudidas, 20 de ellas alcanzaron una magnitud de 3 o 4.

Según ha explicado Suzanne Smrekar, investigadora del Jet Propulsion Laboratory de la NASA y número dos de la misión *InSight*, si estuviésemos en la superficie de Marte en el momento de uno de estos terremotos, es improbable que sintiéramos algo. “Estos mismos terremotos en la Tierra a veces son más superficiales, pueden producirse a menos de cinco kilómetros de profundidad, pero los que hemos detectado en Marte están a 50”, he ejemplificado.

El estudio de la sismicidad marciana es una forma de conocer la historia del planeta y también de estudiar su interior a través de las ondas que llegan desde el epicentro hasta los sensores de *InSight*. “Estamos empezando a delinear mejor la estructura de la corteza, pero esperamos ver terremotos más grandes que nos servirán como sondas para introducirnos a más profundidad dentro del planeta”, ha dicho Smrekar.

Los terremotos marcianos son distintos de los terrestres. “En la Tierra, la tectónica está dominada por la tectónica de placas, es casi sinónimo”, apunta Philippe Lognonné, investigador de la Universidad de París Diderot y colaborador en el proyecto. “Aquí, la tectónica es una deformación de la corteza. Hay una falla que se está moviendo y cuando se rompe la corteza se produce un movimiento. Las placas son la fuerza dominante, pero en otros planetas, especialmente en Marte, no hay placas tectónicas y son otros procesos los que causan las fallas”, continúa. En el caso de aquel planeta se ha detectado vulcanismo en al menos un lugar durante los últimos 10 millones de años, “así que es posible que exista magma a cierta profundidad”. Ese magma se enfría y la contracción de la cámara en la que se encuentra provoca una deformación de la litosfera que podría estar causando los movimientos sísmicos.

“Es sorprendente que haya vulcanismo reciente en Marte”, indica Bruce Banerdt, líder de la misión *InSight*. “Si tomases un modelo simple de Marte, no cabría esperar que estuviese lo suficientemente caliente en su interior para contener magma. No hay evidencia de que haya emisiones volcánicas, como sucede bajo Hawái, en las profundidades de Marte, pero es posible que estén ahí”, prosigue Banerdt. Quizá, especula el investigador del Jet Propulsion Laboratory de la NASA, “haya áreas con más material radiactivo, uranio, torio, potasio, que provoque un calentamiento localizado y permita la existencia de bolsas de vulcanismo”.

En el pasado, Marte tuvo una intensa actividad volcánica que permitió la aparición de los mayores volcanes del sistema solar. Allí se encuentra el monte Olimpo, que con más de 20 kilómetros de altitud supera en más del doble la elevación del Everest. Sin embargo, dado su menor tamaño, Marte se enfrió mucho más rápido que la Tierra y su actividad geológica fue desapareciendo, aunque por lo que sugieren los resultados de *InSight*, no del todo.

El trabajo de esta sonda continuará al menos durante un tiempo más. En ese periodo, seguirá recogiendo información con dos instrumentos con capacidades y sensibilidad inéditas. Por un lado, un sismómetro capaz de detectar movimientos de una cien mil millonésima parte de un metro que, además de los terremotos, puede sentir el impacto de un meteorito a kilómetros de distancia. El segundo instrumento es un percutor que ha perforado el suelo marciano para colocar sensores de temperatura con los que comprobar cuánta vida geológica queda en Marte. Otros detectores han comprobado también que en el lugar de aterrizaje la fuerza del campo magnético es diez veces superior de lo calculado a partir de los datos que recogen las sondas orbitales. En una década que muchos plantean como la de preparación para la primera llegada humana al planeta más parecido a la Tierra, trabajos como el de *InSight* son esenciales para conocer el mundo al que llegaremos.

# Crónica del día del apocalipsis: Así murieron los dinosaurios.

Todos creemos saber qué provocó la extinción de los dinosaurios: un meteorito.

Pero, ¿cómo podemos estar tan seguros? Revivimos el largo camino que llevó a la ciencia a esta conclusión (y descartó otras ideas).

Versión del artículo original de JAVIER YANES - @yanes68

Elaborado por Materia para OpenMind

Hace 66.038.000 años, 11.000 años más o menos, un asteroide o un cometa errante de al menos 12 kilómetros de diámetro encontró casualmente en su trayectoria un planeta fértil y rebosante de vida, aún sin nadie para darle nombre. El objeto cósmico se estrelló de forma brutal contra el planeta, desencadenando una serie de catastróficos sucesos que llevarían a la extinción del linaje de criaturas que en ese momento reinaban en su superficie, los reptiles que hoy conocemos como dinosaurios.

Datos precisos aparte, esta es una historia que los niños aprenden en la escuela y que forma parte de la cultura general. Por supuesto, se trata de un resumen simple que omite aspectos esenciales. En primer lugar y más evidente, no todos los dinosaurios perecieron, ya que las aproximadamente diez mil especie de aves que hoy pueblan el mundo pertenecen también a este grupo. Tampoco los grandes dinosaurios fueron ni mucho menos las únicas víctimas de aquella gran extinción que marcó la transición del Cretácico al Paleógeno (K-Pg); el 75% de la vida terrestre desapareció. Pero sobre todo, durante años los científicos han debatido si el impacto del asteroide fue el principal factor detonante de la extinción global o si pudo pesar más el efecto sobre el clima y la atmósfera de un monstruoso episodio de erupciones volcánicas en las llamadas Traps del Decán —en la actual India— que se prolongó durante casi 30.000 años.



UN MAPA QUE MUESTRA LA UBICACIÓN DEL CRÁTER CHICXULUB, QUE SE FORMÓ POR EL IMPACTO QUE ANIQUILÓ A LOS DINOSAURIOS.  
CRÉDITO IMAGEN: GOOGLE EARTH / LA UNIVERSIDAD DE TEXAS EN AUSTIN JACKSON SCHOOL OF GEOSCIENCES.

En busca de respuestas, en 2016 un equipo internacional de científicos liderado por la Universidad de Texas en Austin emprendió un gran proyecto de perforación del cráter de Chicxulub en Yucatán (México), el gran agujero de casi 200 kilómetros de diámetro que la colisión del asteroide abrió en la faz de la Tierra. Con este fin, los investigadores instalaron una plataforma oceánica para extraer muestras de roca de entre 500 y 1.300 metros por debajo del fondo marino, donde hoy se encuentra el anillo de picos que rodea el cráter.

## EL PRIMER DÍA DEL CENOZOICO

El análisis de las rocas del cráter ha revelado tal cantidad de datos que los científicos han podido reconstruir con minucioso detalle lo ocurrido después del impacto del asteroide en Chicxulub. En su estudio titulado *The first day of the Cenozoic* (El primer día del cenozoico), publicado en la revista *PNAS*, no solo presentan nuevas claves sobre el catastrófico suceso que pueden ayudar a zanjar el debate sobre las causas primarias de la extinción K-Pg, sino que además ofrecen una crónica de cómo fue aquel día del apocalipsis.

Si alguien hubiera estado allí para presenciar uno de los mayores cataclismos en la historia de la Tierra, habría contemplado cómo una inmensa roca del tamaño de una isla caía al mar. Según contó a OpenMind el geofísico de la Universidad de Texas Sean Gulick, autor principal del estudio, la energía del impacto fue equivalente a la de diez mil millones de bombas atómicas. En apenas un minuto, el objeto abrió un cráter transitorio de 100 kilómetros que penetró en la corteza terrestre hasta más de 20 kilómetros, casi llegando hasta el manto de la Tierra, y cuyos bordes se elevaron a unos 10 kilómetros, levantando un espectacular penacho de roca vaporizada y fragmentada.



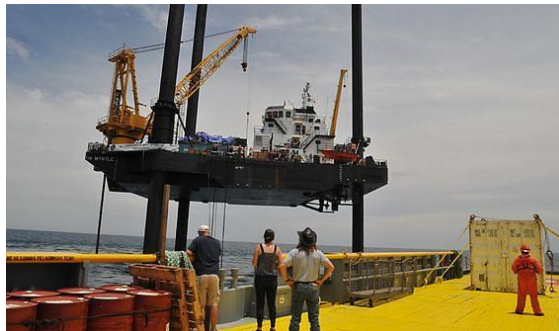
**LA INTERPRETACIÓN DE UN ARTISTA DEL IMPACTO DEL ASTEROIDE QUE ANIQUILÓ A LOS DINOSAURIOS.  
CRÉDITO IMAGEN: NASA / DON DAVIS.**

Tres minutos después del impacto, el cráter temporal desapareció debido al rebote de la corteza terrestre, de modo parecido al pequeño brote que asciende cuando una gota cae sobre el agua. Así, el agujero quedó sustituido por una montaña coronada por un copete de roca fundida. Media hora después, también esta gran ampolla se desmoronó, comenzando a formarse un cráter definitivo de entre 600 y 1.000 metros de profundidad, rodeado por una cordillera anular que a su vez quedó rápidamente cubierta por una capa de unos 40 metros de sedimentos y roca fundida.

### **DESCOMUNALES INCENDIOS Y UN MEGATSUNAMI**

Ni mucho menos eso fue todo. Según Gulick, “el impacto del asteroide causó una serie de fenómenos superpuestos”. En las tierras continentales, el aumento de la temperatura atmosférica provocado por el impacto prendió descomunales incendios que lo envolvieron todo en llamas hasta miles de kilómetros de distancia. Por su parte, el océano también reaccionaba a la gigantesca colisión. En una hora, las aguas que fluyeron para rellenar el cráter cubrieron los picos con 10 metros de roca, que en unas horas crecerían hasta los 80 metros. Al mismo tiempo, el megatsunami creado por la sacudida formaba una muralla de cientos de metros de agua que barría el mar en todas direcciones a velocidad vertiginosa, penetrando tierra adentro hasta el actual estado de Illinois.

Pero cuando el mar se marcha, debe después regresar. Veinticuatro horas después del impacto, las aguas que volvían se vertieron de nuevo en el cráter, arrastrando una avalancha de materiales traídos desde tierras lejanas, desde fragmentos del terreno y su vegetación hasta carbón procedente de los troncos calcinados. Todo ello preservó para siempre la letal herida del planeta bajo una capa de 130 metros de roca.



**EL LIFTBOAT MYRTLE, EL BARCO DONDE TUVO LUGAR LA EXPEDICIÓN DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE 2016.  
CRÉDITO IMAGEN: UNIVERSIDAD DE TEXAS EN AUSTIN JACKSON SCHOOL OF GEOSCIENCES.**

“No todos los dinosaurios murieron ese día, pero muchos lo hicieron”, dice Gulick. En realidad, aquel no era el fin de la catástrofe, sino solo el comienzo. Al analizar las rocas, el geofísico y sus colaboradores se sorprendieron por algo que no encontraron: azufre. En las muestras extraídas del cráter había una notable ausencia de minerales de azufre, lo que sugiere que estas rocas quedaron vaporizadas: hasta 325.000 millones de toneladas de azufre se volatilizaron a la atmósfera. El azufre, el polvo y el hollín “probablemente oscurecieron el cielo durante meses, quizá más”, provocando “un desplome global de las temperaturas que congeló amplias regiones del mundo durante buena parte del año”, explica Gulick. A su vez, la reducción de la fotosíntesis destruyó las cadenas alimentarias tanto en el mar como en tierra, conduciendo a la gran extinción global que hoy conocemos.

“Yo argumentaría que los datos apoyan muy fuertemente el impacto de Chicxulub como la causa de la extinción Cretácico-Paleógeno”, sugiere Gulick. “No está claro si las primeras erupciones en el Decán ocurrieron antes o después del evento de Chicxulub, pero las erupciones a gran escala continuaron ya avanzado el Paleógeno, mientras que el registro muestra un pico de extinción agudo, sin antecedentes y con una pronta recuperación”; en concreto, y según un estudio anterior de los científicos de la Universidad de Texas, en menos de una década la vida marina ya había vuelto a colonizar el cráter, y 30.000 años después era como si nada hubiera ocurrido. Solo que aquel cataclismo lo cambió todo; sin él, quién sabe si los humanos hoy estaríamos aquí.

# Lactómeda: el futuro de la humanidad.

## ¿Hasta dónde podemos llegar en nuestra exploración del espacio?

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

Publicado en El País – España en la sección *Vacío Cósmico*



**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 los días festivos muchos planifican irse de viaje y escapar así unos días de la ciudad. Hoy les proponemos salir de casa y hacer este viaje. De hecho, no solo salir de la ciudad, sino del país, del planeta e incluso de nuestro sistema solar. Elijan el destino: playas paradisíacas con atardeceres dobles, montañas infinitas o selvas de vegetación frondosa. Es un viaje con la imaginación, así que pueden soñar a su antojo.

La idea de salir de nuestro planeta, sin embargo, no es únicamente un ejercicio de imaginación. La agencia espacial europea (ESA), por ejemplo, ha creado un consorcio de empresas, incluyendo la del británico Norman Foster, para estudiar la viabilidad de construir ciudades en la Luna y en Marte usando impresoras 3D. Sin embargo, estos proyectos son solo el principio. En última instancia, la supervivencia de la especie humana va a depender de la capacidad de viajar mucho más allá de Marte, fuera del sistema solar. No solo por la vida limitada del Sol, sino por otros muchos peligros que nos acechan en nuestra galaxia.

Fuera del sistema solar, el destino más cercano con el que podemos soñar es el planeta Próxima b, descubierto en el 2016 por el equipo del español Guillem Anglada-Escudé. A pesar de ser el más cercano, la distancia a este planeta es de unos 40.000.000.000.000 km, por lo que usando cohetes de propulsión tardaríamos unos 75.000 años en llegar. Sin embargo, la tecnología para crear cohetes que se acerquen a la velocidad de la luz (límite máximo alcanzable según las leyes de la física) está dejando de ser ciencia ficción y de aquí a un siglo es posible que podamos alcanzar estos destinos en un tiempo más razonable.

Ahora, sin embargo, vamos a ser todavía mucho más ambiciosos. No vamos a pensar que podremos hacer en cientos, sino en miles o millones años y nos vamos a escapar, no de nuestro sistema solar, sino de nuestra galaxia. La imaginación no nos la confina nadie. Dentro de millones de años estaremos rozando la inmortalidad, podremos aguantar la radiación del espacio exterior y viajar a velocidades próximas a la de la luz. ¿Existe algún límite a nuestra exploración del Universo? La respuesta es que sí.

Las galaxias, como los humanos, son gregarias y muy raramente están solas. Nuestra Vía Láctea, junto con la galaxia de Andrómeda y unas decenas de galaxias más pequeñas, forma parte de un grupo de galaxias que llamamos el Grupo Local. El Grupo Local tiene un tamaño de unos 10 millones de años luz que, aunque pueda parecer muy grande (ciertamente lo es), representa únicamente el 0,00000000001% ( $1 \times 10^{-11}$  %) del universo que podemos observar actualmente. El Grupo

Local es uno de los cientos de grupos que forman parte del supercúmulo de Laniakea ("cielo inmenso" en hawaiano) que, a su vez, es uno de los millones de supercúmulos observables. Pues bien, por mucho que avance la tecnología, si nuestro modelo del Universo no se demuestra erróneo, este es nuestro límite. Nunca podremos salir del Grupo Local. Dentro de miles de millones de años seguiremos confinados. El responsable en este caso, es también invisible, pero al menos tiene un nombre más sugerente, la energía oscura.

El grupo de galaxias más cercano a nosotros se encuentra ya a millones de años luz. Sin embargo, como el resto de grupos del Universo, se está alejando de nosotros y, debido a la energía oscura, lo hace cada vez más rápido. En unos miles de millones de años estos grupos se estarán alejando a velocidades que difícilmente podremos alcanzar con nuestras naves, así que por mucho que nos dirijamos hacia ellos, nunca lograremos acercarnos. El grupo Local, sin embargo, se mantendrá unido gracias a la gravedad. De hecho, estará cada vez más y más unido hasta el punto de que todas las galaxias se fusionarán en una sola, la galaxia de Lactómeda.

Los habitantes de Lactómeda, muchos de los cuales serán seres humanos pero no vivirán ya en la Tierra, estarán libres de epidemias y vivirán mucho más años que nosotros. Sin embargo, tendrán mucho que envidiarnos. En Lactómeda no se formarán ya nuevas estrellas, así que no podrán contemplar las bellas formas y colores de las regiones donde esto ocurre. Tampoco tendrán la oportunidad de conocer los detalles del Big Bang, ya que la radiación que nos ha permitido estudiar los primeros instantes del Universo no será visible para ellos. No podrán observar tampoco las primeras galaxias formadas o los cuásares, por lo que no podrán aprender acerca de la expansión del Universo. De hecho, incluso la luz proveniente de las galaxias más cercanas se irá haciendo cada vez más débil y llegará un momento en el que estos humanos solo vean una única galaxia, la suya. Pensarán que el Universo es estático y eterno, regresando así a las primeras visiones del universo aristotélico.

A pesar del confinamiento galáctico, no se agobien. El Grupo Local es muy grande y todavía no hemos sido capaces de salir del sistema solar. Además, tenemos todavía miles de millones de estrellas que explorar en la Vía Láctea. Es importante recordar, sin embargo, lo inmensamente afortunados que somos de estar viviendo en el momento adecuado para poder ver, no solo nuestro futuro, sino también nuestro pasado más lejano. Desde nuestro rinconcito pequeño del Universo podemos observar toda su grandiosidad y extrema belleza, incluso sin salir de casa. ■

# Robots más humanos y sociales.

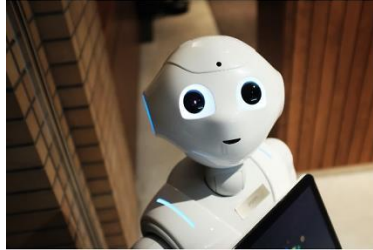
## El gran reto de la inteligencia artificial.

Más allá de las mejoras en el desarrollo de la inteligencia artificial, el perfeccionamiento de su aspecto humanoide o de las habilidades de movimiento, la robótica tiene hoy día el reto de conseguir robots capaces de ganarse la confianza de las personas.

Versión del artículo original de FRANCESCO RODELLA

Publicado por TUNGSTENO INNOVACIÓN – 08/04/2020

TOMADO DEL BLOG:



LA ROBÓTICA SE ENFRENTA A LA NECESIDAD DE CREAR SISTEMAS ARTIFICIALES QUE SEAN CAPACES DE PRACTICAR LA EMPATÍA CON LAS PERSONAS, CLAVE PARA UNA FUTURA CONVIVENCIA CON LAS MÁQUINAS. CRÉDITO IMAGEN: ALEX KNIGHT.

Tungsteno es un laboratorio periodístico que explora la esencia de la innovación. Ideado por Materia Publicaciones Científicas para el blog Sacyr.

Nuestra confianza en los robots aumenta si de vez en cuando cometen fallos o, incluso, tratan de engañarnos, según un reciente estudio. Precisamente, uno de los obstáculos tradicionales que han encontrado estas máquinas en su implantación ha sido su capacidad de relacionarse con las personas. En un contexto donde su presencia se multiplica, necesitamos aprender a convivir con ellas y, por tanto, encontrar soluciones sorprendentes a un gran problema: ¿Cómo hacer que tengan empatía con nosotros?

En la web es fácil encontrar artículos y vídeos descriptivos de *NAO*, un robotito de la altura de un niño que se ríe y puede contar cuentos o tirarse a una piscina de bolitas. Desarrollado en la década del 2000 por la compañía francesa Aldebaran Robotics, suele destinarse al apoyo de tareas educativas y de salud. También lo utilizan investigadores de distintas áreas del conocimiento para explorar la esfera de las interacciones entre máquinas y seres humanos: eso nos deja intuir que crear sistemas artificiales capaces de relacionarse con nosotros no es solo cosa de ingenieros.

De hecho, la robótica se enfrenta a un nuevo reto, tanto o más complicado que los espectaculares avances que se han alcanzado en las últimas décadas en inteligencia artificial, habilidades de movimiento o incluso en el aspecto humanoide. Miguel A. Salichs, catedrático de la Universidad Carlos III de Madrid especializado en robótica social, el área que estudia y desarrolla robots para servicios como en el caso de *NAO*, explica que la idea es crear máquinas que puedan interactuar con cualquier persona. El robot, agrega, tiene que ser capaz de hacerlo de forma natural, y para nosotros lo que es natural es interactuar como lo hacemos entre humanos. “Para desarrollar robots sociales, hace falta involucrar en las pruebas con usuarios y en la siguiente valoración de los resultados a psicólogos, psiquiatras, terapeutas, geriatras, cuidadores”, según explica.



ESTUDIOS CON ROBOTS COMO *NAO*, EN LA IMAGEN, MUESTRAN QUE LA EXPRESIÓN DE EMOCIONES O EL RECONOCIMIENTO DE ERRORES MEJORA LA INTERACCIÓN CON LAS PERSONAS. CRÉDITO IMAGEN: HRI GROUP.

### DOS VISIONES ENFRENTADAS

En este sentido, más allá de su eficiencia, nuestra confianza en los autómatas depende de que sepan relacionarse con nosotros, de sus habilidades sociales. Sin embargo, cuando interactuamos con los robots, nuestras actitudes varían en función de las expectativas que tenemos, como señala Joffrey Becker, antropólogo del Collège de France: algunas personas pueden sentirse muy decepcionadas por su falta de autonomía. Otras, en cambio, no quieren interactuar con ellos en absoluto. Pero en general, agrega, los robots despiertan curiosidad.

Así, en nuestra interacción con los robots, hemos desarrollado tradicionalmente dos visiones: *o son una ayuda, o representan una amenaza*. Si la oportunidad de tener un asistente electrónico que nos facilite la vida al encargarse de tareas aburridas, desagradables o agotadoras es uno de los aspectos que más nos atrae hacia ellas, “el miedo a que algún día los robots sean mejores que nosotros, nos superen y luego nos reemplacen en nuestros trabajos o tal vez incluso se conviertan en la población dominante en la tierra, es un elemento que puede generar escepticismo o repulsión”, afirma Aike Horstmann, especialista en Psicología Social de la universidad alemana de Duisburg-Essen.

Otra dificultad añadida son las expectativas. Muchos esperan que los robots sean más avanzados... y sus limitaciones les generan rechazo, pero al mismo tiempo, “sus temores que probablemente estaban altamente condicionados por escenarios de ciencia ficción como en *Terminator* o *Yo, Robot*, parecen disiparse”, concluye Horstmann. Esas limitaciones tecnológicas hacen que tareas aparentemente muy sencillas, como manipular un objeto, sean todavía para los robots retos de una complejidad enorme, apunta Salichs. “Tenemos la idea de que lo que es fácil de hacer para los seres humanos lo es también para una máquina”, afirma. Sin embargo, en su opinión, la robótica en general está en los orígenes, tiene todavía muchísimos problemas que solucionar.



MÁS ALLÁ DE SU APARIENCIA O HABILIDADES, EL RETO ESTÁ EN CREAR ROBOTS QUE NO TENGAN UN COMPORTAMIENTO ESTÁNDAR SINO QUE SEAN CAPACES DE ADAPTARSE A CADA PERSONA.  
CRÉDITO IMAGEN: WIKIMEDIA COMMONS.

## UNA CUESTIÓN DE CONFIANZA... Y DE ADAPTACIÓN

Hacer robots más humanos, capaces de comprendernos y dialogar, es uno de esos obstáculos más evidente. Aún estamos lejos del escenario que se dibujaba en la película *Her*, dominado por las conversaciones entre *Theodore* y su asistente de voz, *Samantha*. Pero poner en contacto directo a las personas con la dimensión real de los robots actuales es clave para generar más confianza por parte de los usuarios, según Horstmann. Después de interactuar con *NAO*, según observa la investigadora, por lo general la gente se muestra bastante entusiasta.

Becker pone en evidencia otra perspectiva: “Yo no creo que no nos fiemos de las máquinas”, afirma, “prefiero pensar más bien que, a veces, no confiamos de manera ciega en quienes las crean, lo que es una buena reacción”. En su opinión, uno de los problemas que se presentan a la hora de interactuar con las máquinas es evaluar sus objetivos. Por ello, señala que cuando se experimenta un contacto con ellas es importante preguntarse: ¿Para qué se crearon? ¿Cómo las podemos usar? Y probar su uso en consecuencia.

También hay que tener en cuenta, de acuerdo con Horstmann, que “el tamaño y la apariencia general de los robots, junto a cómo se comportan y qué les dicen a las personas, marcan una gran diferencia en la percepción que podemos tener al interactuar con ellos”. De ahí que la forma de crear robots sociales útiles para todos, como asegura Salichs, será lograr que, lejos de un comportamiento estándar, consigan adaptarse al usuario particular, a sus gustos y necesidades.

---

## ACOTACIONES DEL EDITOR CON INFORMACIÓN OBTENIDA DE WIKIPEDIA:

Una película muy pertinente con este artículo es “*El hombre bicentenario* (título original en inglés: *Bicentennial Man*). Es una película de ciencia ficción estadounidense de 1999, con un reparto encabezado por Robin Williams, Sam Neill y Embeth Davidtz.

Está basada en el cuento homónimo de Isaac Asimov y en la novela basada en el mismo cuento, *El hombre positrónico* de Asimov y Robert Silverberg.

La trama explora cuestiones de la humanidad, la esclavitud, los prejuicios, la madurez, la libertad intelectual, la conformidad, el sexo, el amor y la muerte.

### El Argumento:

El robot NDR "Andrew" es adquirido por la familia Martin para realizar todas las tareas importantes de la casa. Las reacciones de la familia van desde la aceptación y la curiosidad hasta el rechazo total. El acto terrible de tirar a Andrew por la ventana por su hija mayor, Grace (Lindze Letherman), le conduce al descubrimiento de que Andrew puede identificar las emociones y la reciprocidad en especie a pesar que ningún robot está diseñado para poseer tales características. Cuando Andrew rompe accidentalmente una figura que pertenece a la "damita" Amanda (Hallie Kate Eisenberg), hija menor de la familia, talla una sustitución de madera. La familia se sorprende por su creatividad y el señor Richard Martin (Sam Neill) lleva a Andrew a NorthAm Robotics, su fabricante, para preguntar si todos los robots son como él. El director ejecutivo de la compañía ve este desarrollo como un problema, por lo que desea destruir a Andrew y sobornar a Richard para que guarde silencio. Cuando este se niega, el empresario le advierte que eventualmente Andrew necesitará reparaciones y se verá obligado a llevarlo con ellos, situación que aprovechará para destruirlo. Enfurecido, Martin se lleva a casa a Andrew y le permite seguir su propio desarrollo, fomentando que se eduque y desarrolle su humanidad. Con el tiempo, Andrew ha perfeccionado su habilidad como artesano hasta convertirse en un cotizado relojero y artista que se ha hecho famoso y ha acumulado una gran fortuna, ya que Richard lo considera un individuo, jamás ha querido apropiarse de este dinero, así que todo este capital es totalmente propiedad de Andrew. Años más tarde, Amanda, ahora ya una joven, le comenta que su novio le ha pedido matrimonio y le insinúa que a quien ama es a él, explicándole que a quien realmente ama es a un amigo muy cercano. Sin embargo, tras ver que Andrew no reacciona ni comprende lo que intenta decir acepta la boda con su novio como lo más acertado. Tras un accidente en el que Andrew se corta un pulgar, Martin lo lleva a NorthAm Robotics para reparaciones, advirtiéndole al director que ha instalado una alarma en su cerebro positrónico que se activará en caso que intenten manipularlo, ya que la destrucción de su personalidad significaría la pérdida de los exorbitantes ingresos que las artesanías supuestamente aportan a la familia, amenazando así con una multimillonaria demanda a la empresa en caso de manipulaciones no autorizadas. Andrew pide que mientras lo reparan, su rostro se modifique para poder gesticular y transmitir así las emociones que siente y no puede expresar plenamente. Tras la boda, Richard se siente algo deprimido, ya que ahora que sus dos hijas se han casado siente algo de soledad, sin embargo, Andrew lo reconforta prometiendo estar siempre ahí para él. Con el paso de los años, Amanda y su esposo tienen hijos y, Andrew, a través de lo que ha aprendido y los valores que le ha enseñado Richard, se siente intrigado por el concepto de la libertad, por lo que finalmente ofrece a su dueño toda su fortuna a cambio de ser declarado libre, para gran consternación de Richard, quien se siente traicionado, creyendo que su último "hijo" también desea abandonarlo, a pesar que Andrew había prometido seguir a su lado aun siendo libre. Finalmente, el hombre le concede la libertad, pero guiado por su dolor destierra a Andrew para que pueda ser "totalmente" libre. Andrew llega a una playa, donde construye una casa y donde vive solo. En 2048 es llamado nuevamente al hogar de los Martin, donde ve por última vez en su lecho de muerte a su ex dueño. Richard se disculpa por desterrarlo, mientras Andrew se despedía de él diciéndole que "era un honor servirle". Andrew inicia un viaje para localizar más robots de la serie NDR y descubrir si los demás han desarrollado sensibilidad.

Después de años de fracasos descubre que no solo él es el único NDR con emociones, sino que es uno de los pocos que aún está operativo; sin embargo, un día en una ciudad se encuentra a Galatea (Kiersten Warren), un robot NDR que ha sido modificado con anatomía, atributos y personalidad femenina. Sin embargo, estos son simplemente simulaciones de su programación y no emociones reales como las que ha desarrollado Andrew. Galatea es propiedad de Rupert Burns (Oliver Platt), hijo del diseñador original del robot NDR. Burns, posee un pequeño y humilde taller donde trabaja para crear una apariencia más humana para los robots, pero es incapaz de finalizar su investigación por falta de fondos. Andrew se compromete a financiar la investigación y los dos unen sus fuerzas para revolucionar la robótica. Tras investigar y trabajar juntos Rupert reemplaza la cubierta exterior de Andrew por un tejido sintético que imita la piel a la perfección. Finalmente, Andrew regresa a visitar a la damita, pero descubre que ella no lo reconoce; en realidad a quien ha visto es su nieta Portia, quien es idéntica a ella en su juventud. Un poco confundido, la verdadera Amanda le explica que han pasado veinte años desde que se marchó, por lo que ella ha envejecido y sus nietos ya son adultos. A pesar de que Portia posee un carácter muy diferente al de Amanda y en un comienzo solo discuten, con el tiempo ella y Andrew traban amistad y una relación muy cercana. Un día Andrew es llamado al hospital a ver a la damita en su lecho de muerte, y ve que ella lleva consigo el caballo que le había tallado años atrás. Ella muere en silencio y Andrew se enfurece al no ser capaz de llorar y expresar el sufrimiento que le produce el perder a la persona que más quiere, comprendiendo así que a pesar de todas sus mejoras, aún está lejos de ser genuinamente humano. Andrew se dedica por entero al estudio de la robótica y biología, logrando tras algún tiempo crear nuevos diseños de prótesis de órganos biomecánicos para robots que también pueden ser utilizados por los seres humanos gracias a lo cual abre la posibilidad de tener un cuerpo más humano que nunca; Rupert le advierte que tras esta transformación su cerebro procesaría estímulos y sensaciones que harán aún más intensas sus emociones. A la par que inicia sus cambios, Andrew descubre que Portia tiene un pretendiente, cosa que descubre le molesta y despierta por primera vez en su vida celos. Tras acabar su conversión se ve que las palabras de Rupert eran verdad y ahora Andrew es un individuo más emotivo y con menos compostura, sin embargo y a pesar de confesar a Portia su amor, esta confiesa que no lo puede ver como a un hombre y decide seguir adelante con sus planes de boda.

Al ver a su amigo deprimido, Rupert le revela que ha estado desarrollando una nueva versión de los órganos creados por Andrew y con las mejoras que ha hecho podrá, entre otras cosas, sentir sabores e incluso tener relaciones sexuales y sentir placer, aunque no podrá reproducirse. Una vez actualizado, Andrew se presenta ante Portia y logra que ella no solo reconozca que lo ama sino que acepte estar con él iniciando así una relación de muchos años.

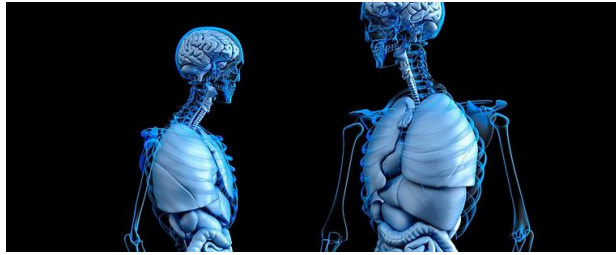
Pasadas las décadas y mientras Andrew permanece joven, Portia ya es una mujer mayor que se niega a extender su vida por medio de los inventos de su pareja y Rupert. Esto hace que en Andrew despierte el deseo de ser reconocido legalmente como miembro de la humanidad; por ello solicita al Congreso Mundial que se le declare como ser humano con la intención de estar legalmente casado con Portia, pero es rechazada; el presidente del Congreso explica que la sociedad puede tolerar a un robot inmortal, pero no a un humano inmortal, dado que crearía demasiados celos y envidia, por lo que se confirma su condición de robot. Andrew trabaja con Rupert y contamina su sistema con un compuesto que degradará lentamente su cuerpo en un proceso que tomará décadas, lo que le permitirá envejecer y morir sin tener una real certeza de cuánto tiempo tardará, así Rupert oficialmente le da la bienvenida a la condición humana y comienza a envejecer junto a Portia. Andrew otra vez asiste al Congreso Mundial, ya como un hombre viejo, con la intención de nuevo de que se le declare un ser humano. Y tiene el siguiente debate con la presidente del Congreso Mundial: - *Siempre he intentado dar sentido a las cosas. Debe de haber alguna razón para ser como soy. Como puede ver, señora presidenta ahora ya no soy inmortal.* - *¿Lo ha dispuesto todo para morir?* - *En cierto sentido, sí. Estoy envejeciendo y mi cuerpo se está deteriorando y al igual que el de ustedes, al final dejará de funcionar. Como robot, podría haber vivido siempre. Pero hoy les digo a ustedes, que prefiero morir como hombre que vivir toda la eternidad como máquina.* - *¿Por qué lo desea?* - *Para que se me reconozca. Solo por quien soy y por lo que soy. Ni más, ni menos. No busco la aclamación ni la aprobación. Sino la simple verdad de dicho reconocimiento. Este ha sido el objetivo elemental de mi existencia y debo conseguirlo tanto si quiero vivir, como morir con dignidad.* - *Señor Martin. Lo que está usted solicitando es tremendamente complejo y controvertido, no será una decisión fácil. Le pido que sea usted paciente, voy a necesitar cierto tiempo para tomar una determinación en esta comprometida y delicada materia.* - *Entonces esperaré su decisión, Sra. presidenta. Gracias por su paciencia. Lo hemos intentado (a Portia).* [Seca una lágrima de su ojo]. En su lecho de muerte, con Portia a su lado, Andrew alcanza a ver la decisión del Congreso Mundial en la televisión: - *Según el informe cedido por la compañía Northam Robotics, el robot, también conocido como Andrew Martín, fue activado a las 17 horas y 15 minutos del 3 de abril de 2005. Dentro de unas horas tendrá 200 años (en este momento, Andrew muere sin poder oír lo demás). Lo que significa que, a excepción de Matusalén y de otros personajes bíblicos, Andrew es el ser humano viviente más viejo en los anales de la historia. Pues por medio de esta proclamación: doy validez a su matrimonio con Portia Charney y reconozco su humanidad. Portia ordena a su enfermera, Galatea (ahora como humana), desconectar su máquina de soporte vital. La película termina con Portia en su lecho de muerte junto a Andrew, Galatea lo hace y Portia le agradece, a lo cual Galatea responde: "Como el gran Andrew Martin solía decir, a uno le agrada estar a su servicio".*



POSTER DE LA PELÍCULA "EL HOMBRE BICENTENARIO (BICENTENNIAL MAN)".

# Science Matters: cuestiones de ciencia y humanidades.

Versión del artículo original de ARANTXA SERANTES  
Investigadora en la Universidad de Santiago de Compostela (España)  
Elaborado por Materia para OpenMind



Fue en mayo de 1959 cuando C.P. Snow, físico y novelista inglés, pronunciaba en la Universidad de Cambridge una conferencia denominada “Las dos culturas” que posteriormente se editaría bajo el título “Las dos culturas y la revolución científica”. El debate iniciado por Snow se intensificó, desde aquel entonces, debido a los efectos negativos que iban surgiendo de la separación entre Ciencia y Humanidades.

Posteriormente, John Brockman hablaba de la tercera cultura y de la importancia de la divulgación científica, en la que los propios científicos debían comunicar sus avances a la sociedad mediante ensayos, artículos en prensa o conferencias accesibles al público interesado, derivando en una popularización y estandarización de nuevos conceptos.



C.P. Snow vivió siempre entre dos mundos: el científico y el literario. Dos mundos separados por “un abismo de mutua incompreensión”, denunció en su famoso discurso “Las dos culturas”. Medio siglo después, aún buscamos una fórmula para que ciencias y humanidades caminen juntas.

## ¿SIN CAPACIDAD PREDICTIVA?

De las Ciencias Humanas se ha dicho que no tienen capacidad predictiva y que el resultado de sus investigaciones realizadas en este ámbito, tienen mayor reconocimiento social, pero no tanto por parte de la comunidad científica, que debería avalar sus descubrimientos.

Sin embargo, profesores como María Burguete o Lui Lam en su libro “*Science Matters: Humanities as a complex system*”, proponen un nuevo marco científico, centrado en una aproximación holística que podría fundamentar el carácter científico de las Humanidades (*Science Matters*), pues la división no viene dada por la propia Ciencia sino por aquellos que la practican. La ausencia de un lenguaje común y de unos principios compartidos entre sus profesionales hacen difícil hallar departamentos multidisciplinares tanto en las instituciones académicas como en centros de investigación.

## ESENCIA DE LO HUMANO

Esta idea de Ciencia, tiene un carácter muy restringido y es irreal porque todas las áreas de conocimiento persiguen un mismo objetivo: conocer la esencia de lo humano en toda su complejidad. La única diferencia es que las Humanidades dependen de la sociedad para elaborar sistemas generados por el propio entorno, mientras que la Ciencia recurre a la abstracción y a la experimentación, ajena a este factor, que no es determinante para la obtención de resultados.

Pero el progreso de las Ciencias Humanas no es sólo empírico, también es teórico-conceptual. Terminología como *Popsci* o *Scicomm* atribuida al diálogo ciencia-sociedad son algunos de estos neologismos. Por no hablar de los nuevos campos de estudio que se están abriendo como fruto de la interacción entre Ciencia y Humanidades.

## LA CIENCIA COMO ARTE

Buen ejemplo de ello sería la neuroteología que, según Alfredo Dinis, estudia la base neuronal de la espiritualidad, desarrollada conforme a las recientes investigaciones en neurofisiología o la fisonomía que, según **Brigitte Hope**, se aplica tanto en la Ciencia como en el Arte. Otra de las soluciones que se propone desde la *Science Matters* es introducir la Filosofía en la Ciencia. Nigel Sanitt considera que esto permitiría incorporar una dimensión ética y una mejora significativa en la comunicación intersectorial, pues no sólo debe objetivarse el conocimiento, también es necesario interiorizarlo.

Alex Burns, en uno de sus artículos, habla sobre los estudios futuros y su legitimación profesional, así como la dicotomía entre la tradición europea y americana en materia científica. Esta última se rige por escenarios tecnocráticos y análisis macroeconómicos donde la productividad es lo relevante. Sin embargo, la cultura europea es capaz de detectar las limitaciones de la práctica científica debido a su herencia histórica y esa es, sin duda, su grandeza.

## INTERDISCIPLINARIEDAD

Los nuevos estudios derivados de una posible interdisciplinariedad vendrán dados por una evolución cultural, una cultura 3.0, donde la objetividad no podrá separarse de sus orígenes sociopolíticos derivados de un amplio contexto: la cultura normativa, el lenguaje y la tradición. El debate, para Jerry Ravetz, estará entre aquellos científicos para los que la Ciencia debe seguir asumiendo el control y los que prefieren una Ciencia crítica, consciente de las necesidades del entorno, aunque eso suponga aportar certezas y no verdades absolutas o leyes.

## NUEVAS HIPÓTESIS

La *Science Matters* no pretende la fusión de métodos científicos. Se trata de una labor conciliadora que permite la integración de resultados con el objetivo de hallar nuevas hipótesis, analizar descubrimientos desde perspectivas diferentes y conseguir una mayor profundidad de campo que evitaría cometer errores, en algunos casos, irreversibles.

Todavía sigue existiendo una dicotomía entre Ciencia básica y Ciencia aplicada. La *scientia* (como forma de conocimiento) y el *ars* (como habilidad). Mientras la Ciencia básica predice, prescribe y explica con el objetivo de descubrir hechos nuevos, proyectar el futuro y analizar el pasado para encontrar vestigios o regularidades que permitan anticipar la trayectoria del progreso, la Ciencia aplicada construye nuevos escenarios y se nutre de la imaginación artística para crear artefactos y diseñarlos para solucionar un problema determinado o mejorar lo existente, lo cual suele tener un impacto social o incluso ético. No hay que olvidar que los artefactos se crean mediante la acción humana, por lo que están sujetos a unos valores. Para Ilkka Niiniluoto, se trata de una forma de 'tecnología social' sujeta a unos fines concretos.

En un libro de reciente publicación, "*Arts: a science matter*", editado por María Burguete y Lui Lam, se consigue dar un paso más hacia una perspectiva unificada de la Ciencia. Humanistas, artistas y científicos escriben juntos para dar una visión teórica y práctica de un tema común a partir de la creación y el desarrollo del Arte en sus diferentes vertientes que sugieren nuevas disciplinas como: *bioart*, *chemart* o *neuroarthistory*.

## SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Gracias a la tecnología, el Arte se difunde cada vez más a través de los sistemas audiovisuales y digitales (fotografía, vídeo, cine, internet, e-book, etc.). La integración de Arte y Ciencia ha sido muy productiva. Constituye un vínculo más del que habría que partir para ir consolidando nuestro punto de vista, teniendo en cuenta que es el hombre el que produce el conocimiento, constituyéndose como elemento consustancial al mismo.

La cultura es el universo de la complejidad informativa, no se vale únicamente de aquello que dicen los expertos. El humanismo no es una recreación del pasado, debe entenderse como una apertura a nuevas realidades y espacios que se abren ante la humanidad.

Existen nuevos desafíos que diseñan las inquietudes del hombre contemporáneo. Desafíos, que se convierten en retos inexcusables para la tradición humanista, que debe adquirir un papel relevante en la sociedad actual, porque si no estaremos poniendo en juego nuestra propia trascendencia.

## WEBS DE INTERÉS SOBRE ESTE TEMA:

- <http://www.sjsu.edu/people/lui.lam/scimat/101204-ARTS%20book%20summary.pdf>
- <http://flyvbjerg.plan.aau.dk/Publications2006/ForesightNo2PRINT.pdf>
- <http://eaglemanlab.ne/pape/Eagleman%20Why%20Public%20Science%20Matters%20JNeurosci.pdf>

---

# La ciencia ante un par de "contrabandos ideológicos".

Por Dr. ALEXANDER MORENO (UCV - UPEL Barquisimeto) - alexandermoreno2017@yahoo.com



Fuente Imágenes:

<https://pixabay.com/es/illustrations/profesor-pizarra-formaci%C3%B3n-escuela-4459288/>  
<https://pixabay.com/es/photos/conocimiento-libro-la-colecci%C3%B3n-de-1052011/>  
<https://pixabay.com/es/illustrations/pirata-pirater%C3%ADa-hacker-hacking-4444490/>

Como sabemos, el riguroso mundo de la ciencia hace suyos en su hacer dos grandes campos. El primer gran campo es la realidad objetiva, es decir, los fenómenos naturales y las relaciones que de manera formal (ahumana) desarrolla el ser humano para hacer posible su vida. (No hay duda que el acto usual de compra-venta en algún centro mercantil es el prototipo de esta puntual realidad socio-relacional en tanto campo objetivo del trabajo científico). El segundo gran campo es la hominidad la cual está constituida fundamentalmente por la unidad pensamiento-lenguaje-emocionalidad (psisemia) y por el proceso objetivo de conformación de la personalidad (vale decir... de la individualidad). Bien. Aun siendo respetable y, como dijimos, riguroso este mundo de la ciencia, los "contrabandos ideológicos" siempre están al acecho. Sí. Los "contrabandos ideológicos" siempre están al acecho, no por azar, sino porque conspiran (casi siempre con habilidad) en contra de los dos grandes y preciosos diamantes de ese medio de verdad y de razón que es el mundo de la ciencia. El diamante llamado verdad está harto asociado a la verificación en los hechos que se tratan en la investigación; y el diamante llamado razón está harto asociado a la honra a una lógica asumida y que se expresa rigurosamente en el discurso expositivo.

Al parecer esos contrabandos ideológicos que gustan hacer vida contaminando (casi sin dejar huellas) tanto el producto de la comprobación (el diamante de la verdad) como el producto de la razón (el diamante de la lógica), poco declaran vacaciones.

Nada estorba que en este artículo ratifiquemos que la epistemología es una específica rama filosófica de una que es mucho más amplia, la gnoseología. La gnoseología es la filosofía del conocimiento en general. La epistemología asume un aspecto puntual del conocimiento, la ciencia. Es el brazo que usa la gnoseología para asumir (con todo el sentido reflexivo, amplio, plural y crítico de la filosofía) la problemática de la ciencia. Claro, esto no para hacer una tal "ciencia de la ciencia"; no, no, no. Esto para hacer teoría crítica del trabajo investigativo (práctico) de la ciencia y del trabajo expositivo (discursivo, teórico) de la ciencia.

Tomando en cuenta, pues, las sabias líneas epistemológicas, sabemos bien que son diferentes los niveles de calificación que en la ciencia ocupan las nociones y las categorías. En tanto que las categorías son interpretaciones transhistóricamente (es decir provisionalmente) inequívocas que se tienen de un determinado objeto de la realidad objetiva o de la hominidad, las nociones -en cambio- son interpretaciones que en un momento dado del devenir científico, se caracterizan en el recién aludido contexto de estudio, por la borrosidad, el claroscuro, la duda significativa. En física, por ejemplo, son categorías (considerando adecuadamente a Newton y a Einstein): Tiempo, espacio, velocidad. En economía política, salario, fuerza de trabajo, trabajo, dinero, son asimismo categorías. En psicología, ideas como temperamento, carácter, para citar solo dos, son flagrantemente nociones; no categorías; sin embargo, ideas como acto, motivación, capacidad de ejecución del acto y otras son sin duda categorías.

Ya que estamos hablando de epistemología, viene al caso decir que tanto en el referido contexto de las nociones y categorías como en el más delicado y riguroso contexto de las leyes científicas (las cuales son conjuntos ordenados de categorías que le dan contenido significativo a la ciencia), los contrabandos ideológicos no cesan. No cesan.

## UN CONTRABANDO IDEOLÓGICO... EL USO LATO (DESPARRAMADO) DE LA PALABRA "CIENCIA":

Quienes usan el significante "ciencia" obviando que el asunto en referencia es un tipo muy especial de conocimiento el cual, como ya dijimos, transhistóricamente encarna verdad (a punta de verificación en el trabajo investigativo) y razón (a punta de lógica en el trabajo expositivo -discursivo-), al tiempo en el cual connotan que la palabra en cuestión es gruesamente "teoría", "doctrina", "corriente de pensamiento", "sabiduría", etc., pues militan en un desvarío deplorable. Quienes connotan la palabra "ciencia" de manera lata, plana, genérica, rasa, incurrn en un error tóxico.

Probablemente no haya un ejemplo más palmario que el uso de la expresión "ciencias del espíritu". Por fortuna el devenir viene cada vez dejando más atrás tan absurda e incoherente expresión. Aun así no hace demasiado tiempo advertimos que en un país de Iberoamérica una universidad publicó una oferta de carrera la cual identificó dentro de un rubro que denominó "ciencias religiosas". Es que ni la llamada "espiritualidad" ni la religión (factores tan asociados entre sí) tienen que ver con el hacer científico. Tienen que ver, sí, con el hacer ideológico y en ocasiones con el hacer filosófico, todo lo cual es respetable; pero harto distante a la ciencia.

## OTRO CONTRABANDO IDEOLÓGICO... LA PALABRA "VIRTUAL" ES HOY POR HOY COMO DECIR MIOPEMENTE "EN LÍNEA", "ELECTRÓNICO", "INFORMÁTICO"...

Arrollados quizá por la contemporánea vorágine de los ordenadores y mil expresiones del desarrollo de la electrónica, la informática y, en fin, la tecnología computacional, a alguien curiosamente se le ocurrió tomar una de las propiedades que ese mundo lleva consigo, vale decir la posibilidad de gestar y manejar a voluntad expresiones sígnicas de virtualidad, y lograr -entonces- con precisamente esa palabra (virtualidad) se identificara todo lo referido a ese saber de sistemas, subsistemas, isomorfismos, lenguaje formal, *software*, etc.

Quizá el asunto no sea un disparate extremo toda vez que en mucho, tal rasgo de jugar con inusitada destreza con las probabilidades y ver graficada la cosa en una pantalla (vale decir la virtualidad), no es una tontería. Ah, pero simplificar tal significante asociando lineal y sincrónicamente el asunto con cualquier cosa que tenga que ver con las computadoras, es, sin más, una ceguera cognitiva sin perdón.

Es que la virtualidad es una de las capacidades superiores del ser humano. Es la fortaleza que tenemos de intuir el curso de las probabilidades a punta de imaginarlas; ello sin dejar de contemplar hasta las situaciones sobrevenidas (serendipias) y todo lo que tiene que ver con el principio lógico-dialéctico del nuevo incluido. Como sabemos, esta ontoguitura dialéctica del nuevo incluido niega el elemental principio lógico aristotélico del tercer excluido el cual sostenía que ninguna cosa puede ser concebida correctamente si se desconoce que *es idéntica a sí misma* y que -al mismo tiempo y condiciones- *no puede ser ella y su contrario*. A través de la ley dialéctica del nuevo incluido podemos -en cambio- hacer virtualidad con manos libres abriendo siempre el paso (¡y percibiendo el asunto!) a que lo nuevo aflore y se haga concreto.

Virtualidad entonces es mucho más que estar en otro lugar y con un ordenador cercano. Virtual es mucho más que electrónico. Pedro o Josefina pueden estar ahorita haciendo un curso electrónico de cocina sin que lo virtual sea significativo... Antes de que ellos se enamoraran desarrollaron virtualidad y entonces no contaban con ordenadores...

Virtualidad es un fenómeno hominal tan bello como aquel al que a punta de corazón hacen alusión estos románticos de la canción iberoamericana,...

- José María Napoleón con aquello de... "Déjame encender la luz, no quiero nada. Si esto hubiera sido ayer lo tomaría; la primera vez te ofresces para que yo aquí me quede, pero sin amarte ya, ¡iqué ganaría!".

- Consuelo Velázquez con aquello de... "Qué importa si después me ven llorando un día. Si acaso me preguntan diré que te quiero mucho todavía (...) No quiero arrepentirme después de lo que pudo haber sido y no fue; quiero gozar esta vida teniéndote cerca de mí hasta que muera".

Recomendamos considerar:

- Artículo sobre PSISEMIA:  
[https://es.everipedia.org/wiki/lang\\_es/psisemia](https://es.everipedia.org/wiki/lang_es/psisemia)
- Artículo sobre las ONTOGUIATURAS DIALÉCTICAS:  
[https://everipedia.org/wiki/lang\\_en/las-ontoguituras-dialecticas](https://everipedia.org/wiki/lang_en/las-ontoguituras-dialecticas)
- LIBRO "DIALÉCTICA, CIENCIA Y MENTALIDAD DE TALADROS":  
<https://drive.google.com/file/d/1Ej4tcxYmPgRAW3q2rvaHzBfctUvbUY6Z/view?usp=sharing>

# Cuidado con aprender la desesperanza...

Por: HERNANI ZAMBRANO GIMENEZ, Ph.D.  
TOMADO DE: El carabobeño.com – 12 de abril 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

“Donde una puerta se cierra, otra se abre”. Famoso comentario que hace Don Quijote de la Mancha a su compañero de andanzas, Sancho Panza, en la obra cumbre de Miguel de Cervantes Saavedra (1547-1616).

La ‘esperanza’ es una cualidad, un potencial y un factor motivacional, de los más deseados y apreciados emprendidos por los seres humanos. Es tan poderoso el empuje de la ‘esperanza’ que cuando nos encontramos en situaciones depresivas, derrotistas y carenciales extremas, no faltará alguien que se asuma como crítico y gran maestro, y nos comente la conseja de que: “La esperanza es lo último que se pierde”.

Eso quiere decir que la esperanza puede perderse, aun con facilidad, cuando son fuertes y extremas las presiones políticas, económicas y sociales que nos acosan. Aprender la desesperanza es algo real, y frecuente en los momentos de fuertes tensiones sobre nuestra persona. Decimos, entonces, que hay una “desesperanza aprendida”, que hemos asumido por participación nuestra, propia y activa: ¡Que hemos aprendido, en otras palabras!

Otra variante de la pérdida es aquella que llamamos “desesperanza inducida”, que se presenta cuando se nos lleva, con mayor o menor presión, a perder nuestra fe, nuestra esperanza. Esto ocurre cuando somos parte de un grupo, sociedad o colectivo. En cualquiera de los casos, ocurre una “indefensión aprendida”, porque nos vemos afectados, y en un estado de penosa indefensión o carencia, ante las fuerzas sociales, económica y políticas.

Estos tres conceptos de reducción o pérdida de la esperanza, disminuyen la eficiencia integral (individual y colectiva) de miles de personas en las sociedades actuales. No hablamos de ideas novedosas del todo, ni recién descubiertas. Ya son conocidos los profundos daños que sufren la *autoestima* y la *estabilidad emocional* de mucha gente en el mundo. Son suficientes las represiones y humillaciones contra las personas, y una sostenida dominación social en cualquier grupo o sociedad, para que se desarrollen estos síndromes incapacitantes que acabamos de señalar.

Para mucha gente, a estos conceptos se les ve simples como tecnicismos científicos confusos. Pero, esto no es verdad. Los efectos de la ‘desesperanza’, en todas sus variantes, están presentes en amplias masas de la población, con escasa consciencia de los perjuicios psicológicos y sociales. No son inventos de agitadores indignados o contestatarios de ocasión, ni de machistas o feministas, ni de rebeldes sin causas, ni de exhibiciones políticas izquierdosas, que busquen saciar frustraciones y movilizar a las personas.

A diario, mucha gente habla de haber perdido las esperanzas y el ánimo. Pero la mayoría de las personas desconocen que la señalada “pérdida de esperanzas” comienza con un proceso acumulativo de fracasos y resignaciones que dependen, mayormente, de la propia voluntad de los sufrientes, y de aceptar las evasivas para escaparnos de importantes responsabilidades, momentos y retos, con que nos topamos en nuestra vida. Es ésta la manera como hacemos costumbre dejar de lado nuestras esperanzas y oportunidades. Dicho en palabras sencillas, *poco a poco abandonamos esperanzas y aprendemos “desesperanzas”*.

Frente a tanta desesperanza que aprendemos (inducida, enseñada) socialmente, nos sentimos más indefensos, sin el impulso motivador que pudiese llegarnos con cada nueva esperanza. Esta pérdida permanente de esperanzas nos sumerge en un estado de “indefensión adquirida” (desesperanza aprendida). Entramos en indefensión cuando se produce una condición psicológica dominante, mediante la cual las personas aprenden a creer que están indefensas, que no tienen control motivante sobre la situación que se viva

¡Cuidado con el desarrollo de la desesperanza; en particular la aprendida, como forma defensiva, común, de “adaptación psicológica” en cualquier persona! Es una evasiva posible de las víctimas amenazadas, para sobre llevar el dolor psíquico y estrés. Con tantos fracasos rudos y acciones de violencia, la persona llegará a no encontrar “salidas”; entonces, agotada, sin energías ni voluntad para las acciones exitosas, se hunde en la desesperanza total con la convicción de que nada puede hacerse para superar la dolorosa realidad...

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



### EDGAR REDONDO

Nació en Caracas, Venezuela. Actualmente residiendo 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.

## ... Tendemos a creer que el futuro se parecerá al pasado...



Los cisnes son hermosas aves acuáticas de gran tamaño... Si te pido que te imagines uno hermoso y luego te pregunto... ¿De qué color es el que se te vino a la mente?... seguro que todos coincidiremos en su maravillosa blancura... Pero, ¿Cómo podemos saber de qué color son los cisnes?

La forma tradicional consistiría en ver un inmenso número de cisnes (en vivo, fotos, películas, etc.). Si todos son blancos, podemos confiar en que los demás, incluidos los que están por nacer, serán también blancos.

Esta forma de razonar, llamada Inducción, tiene un problema... Realmente NO podemos afirmar que todos los cisnes son blancos, sino que todos los cisnes que hemos observado lo son. A lo mejor hay un cisne negro que aún no hemos descubierto.

Gran parte de nuestro conocimiento se basa en la inducción, incluyendo el científico, por lo que es válido afirmar que la ciencia experimental está partiendo de un supuesto no muy racional: la tendencia a pensar que el futuro ha de parecerse al pasado.

Este es uno de los problemas con los que topa el método científico en su incansable búsqueda de su meta: Ofrecer una descripción objetiva de la realidad... Por lo cual es muy válido cuestionar si nuestras creencias están tan fundamentadas como creemos.

Ahora bien la inducción es el método básico de las ciencias empíricas: cada nuevo cisne blanco corrobora la "teoría" de que todos los cisnes son blancos. La recogida de datos empíricos permite comprobar las hipótesis, explicar los fenómenos que se observan y predecir el futuro, al menos con cierto grado de seguridad, hasta que aparece un dato que contradice esas teorías y las refuta, dando paso a nuevas hipótesis. Como pasó con los cisnes: en 1697 cuando se descubrió un cisne negro en Australia.

Karl Popper, tal vez el más influyente filósofo de la ciencia del siglo XX, no estaba de acuerdo. En su obra "La Lógica de la Investigación Científica", publicado en 1935, apunta que no podemos demostrar si una hipótesis es verdadera mediante la inducción. A ver, ¿Cuántos cisnes blancos bastan para corroborar una conjetura? ¿Cien? ¿Mil? ¿Un millón? Realmente no importa el número, por muy grande que sea, siempre podría ocurrir que el siguiente que consiguiéramos no fuese blanco... Tal y como escribe, "las teorías no son nunca verificables empíricamente".

Para Popper, el criterio a utilizar es precisamente el contrario: Un juicio es científico si es falsable. Es decir, si puede demostrarse, con datos empíricos, que es falso, es decir, podemos encontrar una forma (ensayos o pruebas) de refutarlo, independientemente de que salgan airosos, o no, de dichos ensayos.

Es importante señalar que el criterio de demarcación no decide sobre la veracidad o falsedad de una afirmación, sino sólo sobre si tal afirmación ha de ser estudiada y discutida dentro de la ciencia o, por el contrario, se sitúa en el campo especulativo.

La ciencia debe proponer este tipo de hipótesis y hacer todo lo posible por refutarlas, no por confirmarlas. Según Popper, las mejores teorías son las que más intentos de refutación aguantan. Así, el que una conjetura falle no es un problema, ya que nos permite darnos cuenta de que la hipótesis es falsa y la ciencia puede seguir así evolucionando, con nuevas teorías que expliquen más datos, o que los expliquen mejor.

De esta forma, las teorías científicas dejan de verse como verdades cerradas, y pasan a ser ideas constantemente abiertas a su refutación en favor de teorías mejores. Indudablemente que siempre habrá incertidumbre, pero también la posibilidad de un progreso constante en el desarrollo del conocimiento. De tal forma que los científicos ponen a prueba sus propias teorías, sabiendo que una refutación puede ser más útil que una corroboración para solidificar las "Verdades Vigentes" de la ciencia. Venga, lo que caracteriza a la ciencia actual no es la pretensión de alcanzar un "saber verdadero" sino, como afirma Popper, la obtención de un "saber riguroso y contrastable".

¡Aaah!, y como la ciencia no se trata de memorizar... Se trata, más bien, de pensar, pongámonos a prueba: A continuación te daré 3 enunciados. Sólo uno de ellos es "científico", es decir cumple con los cánones según Popper... Venga, debes decir cuál es y por qué.

- 1) Existe vida extraterrestre.
- 2) La luna está hecha de queso Emmental.
- 3) Albert Einstein fue el hombre más inteligente del siglo XX.

\*\*\*

## Michio Kaku: Alucinantes predicciones sobre el futuro.

¿Qué le espera a la humanidad? El físico teórico Michio Kaku explica lo diferente que será la vida de tus descendientes, y tal vez la tuya, en un futuro cercano.

MICHIO KAKU: Estamos entrando en lo que yo llamo 'La próxima era dorada de la exploración espacial'. No solo tenemos nueva energía y nueva financiación y dinero procedente de Silicon Valley, también tenemos una nueva visión emergente. Para Elon Musk de SpaceX, es crear una especie multiplanetaria. Quiere poner hasta un millón, un millón de colonos en el planeta Marte, enviados a Marte por sus cohetes, financiados por una combinación de financiación pública y privada. Sin embargo, para Jeff Bezos de Amazon, quiere convertir la Tierra en un parque para que todas las industrias pesadas, toda la contaminación, vayan al espacio exterior, estableciendo así, un sistema de entrega tipo Amazon que conecte la Tierra con la luna para hacer de la Tierra un paraíso y poner todas las industrias pesadas en el espacio exterior.

Las leyes de la física hacen posible enviar chips del tamaño de un sello de correos a las estrellas cercanas. Así que piense en un chip, quizás así de grande, en un paracaídas, y envíe miles de ellos al espacio exterior, energizados por quizás 800 megavatios de potencia láser. Al disparar este gigantesco banco de energía láser al espacio exterior, al energizar todos estos mini paracaídas, podría comenzar a acelerarlos a aproximadamente un 20% de la velocidad de la luz. Esto es con tecnología factible hoy. Es solo una cuestión de ingeniería. Es una cuestión de voluntad política y de economía, pero no hay trabas para la física. No existe ninguna ley de la física que te impida disparar estos chips al 20 % de la velocidad de la luz. Eso significa que Proximus Centauri, parte del sistema de triple estrella Alpha Centauri, podría estar dentro del alcance de dicho dispositivo. Ahora piense en eso, eso significa que dentro de 20 años, después de 20 años del lanzamiento, podríamos tener la primera nave estelar que vaya a un planeta cercano. Y resulta que Proximus Centauri B es un planeta similar a la Tierra que gira alrededor de la estrella más cercana al planeta Tierra. Qué casualidad. Entonces significa que ya hemos marcado nuestro primer destino para la visita de una nave estelar interestelar. Y ese es Proximus Centauri B. Y este podría ser el primero de muchos tipos diferentes de diseños de naves estelares, pero recuerda, estamos hablando del futuro de la humanidad.

Si Elon Musk quiere poner un millón de colonos en Marte, debe tener flotas de trabajadores para comenzar el proceso de construcción de cosas a menos que cree el primer robot autorreplicante. Con un robot autorreplicante, obtienes dos, luego cuatro, luego ocho, 16, 32, 64, hasta que tienes un ejército de estos robots que pueden construir ciudades en Marte. Y ese es el eslabón débil. Todo el mundo sueña con tener estas gigantes cascos-ciudades-domo en Marte como parte de nuestro patrimonio de ciencia ficción, pero ¿quién va a construir estas ciudades domo? Digo, van a ser construidos por robots autorreplicantes, robots que pueden hacer copias de sí mismos extrayendo los minerales que ya están en Marte. Y luego más allá de eso, ¿quién sabe? Tal vez nuestro destino realmente se encuentre en el espacio exterior.

Recuerde que en la Tierra, el 99,9% de todas las especies eventualmente se extinguen. La extinción es la norma. Pensamos que la Madre Naturaleza es cálida y cariñosa, y en su mayor parte lo es, pero a veces se revela el salvajismo de la Madre Naturaleza, y si no me crees, cava debajo de tus pies. Justo debajo de tus pies en este momento están los huesos de todos los diferentes organismos y fósiles, el 99,9% que fueron condenados por las leyes de la naturaleza. Y las leyes de la física también condenaron a todo el planeta Tierra, y por eso digo, dado que la Madre Naturaleza y las leyes de la física tienen una sentencia de muerte para la humanidad, que en última instancia nuestro destino estará en el espacio exterior.

En la historia de la ciencia, hemos tenido algunos grandes proyectos que involucraron a naciones enteras. Primero, tuvimos el Proyecto Manhattan, que nos dio la bomba atómica. Luego tuvimos el Proyecto Genoma, que nos permitió mapear los genes del cuerpo. Y el presidente Barack Obama inició el Proyecto "Conectoma Humano", un proyecto para mapear todo el cerebro humano. Ahora es posible conectar el cerebro directamente a una computadora. Stephen Hawking, el difunto físico, mi colega, si mira cintas de video de él y observa su marco derecho, se dará cuenta de que había un chip en su anteojo derecho que se comunicaba, correcto, por radio con su cerebro; el chip, a su vez, se comunicó con una computadora portátil y le permitió escribir mentalmente. Entonces ahora podemos tener telepatía, ahora podemos combinar mentes con Internet, enviar recuerdos, enviar emociones fuera de Internet. El Pentágono de los Estados Unidos ya ha puesto más de \$150 millones para ayudar a los soldados combatientes en Irak y Afganistán que tienen lesiones en la médula espinal. Ahora podemos pasar por alto la médula espinal y conectar el cerebro directamente a los músculos de nuestro cuerpo. Y, de hecho, es posible crear a IronMan, un 'exoesqueleto de IronMan'. En los juegos de la Copa del Mundo en San Paulo, Brasil, en el juego inaugural un invitado pateó el balón y así comenzaron los juegos del mundial de fútbol. Ahora, ¿qué tiene eso de importante? Ese hombre estaba paralizado. No podía moverse. En la Universidad de Duke, lo equiparon con un exoesqueleto conectado a su cerebro, y mentalmente pudo caminar y luego patear la pelota de fútbol, iniciando así los juegos de la Copa Mundial.

Puedes imaginar cómo será en el futuro ahora cuando tengamos una interfaz directa cerebro-computadora. Eventualmente, los chips de computadora costarán

un centavo, que es el costo del papel de desecho. Estarán en todas partes y en ninguna, incluido el globo ocular y en los lentes de contacto. Parpadearás y estarás en línea. ¿Y quiénes serán posiblemente las primeras personas en buscar y comprar lentes de contacto con Internet? Pues estudiantes universitarios antes de sus exámenes finales. Ellos parpadearán y verán todas las respuestas de mi examen allí mismo en sus lentes de contacto, y esto podría ser muy útil si estás en un cóctel y hay algunas personas muy importantes allí que podrían influir en tu futuro, pero tú no sabes quiénes son. En el futuro, sabrá exactamente a quién adular en cualquier cóctel. En una cita a ciegas, podrían ser geniales, porque, por supuesto, Tu cita a ciegas podría decir que él es soltero, es rico y tiene éxito, pero tu lente de contacto dice que paga la manutención de los hijos, que se ha divorciado tres veces y que el tipo es un completo perdedor. Así que vamos a tener un conocimiento casi infinito. Y luego más allá de eso, nos comunicaremos mentalmente. Es decir, podremos pensar en correos electrónicos, pensar en imágenes, recuerdos y enviarlos por Internet.

Ya podemos grabar recuerdos. Hemos podido registrar memoria pequeña, memorias cortas en ratones. Ahora se está haciendo en monos. A continuación, los pacientes de Alzheimer. Presionarán un botón y los recuerdos inundarán su hipocampo, y tal vez algún día, presiones un botón y tengas esas vacaciones que nunca has tenido. Así que estamos entrando en una nueva era en la que Internet podría convertirse en 'BrainNet'. BrainNet podría reemplazar a internet digital. En lugar de ceros y unos, enviarás emociones, sentimientos, recuerdos por Internet y, por supuesto, a los adolescentes les encantará. En lugar de poner una carita feliz al final de cada oración, pondrán toda la emoción. Su primer baile, su primera cita, su primer beso... todo allí mismo en Internet. Y eso va a revolucionar el entretenimiento. Porque ¿recuerdas las películas sonoras? Cuando llegaron las películas sonoras, las películas mudas quebraron. Nadie quería ver a Charlie Chaplin cuando se podía oír hablar a los actores. Desde ese momento las películas no son más que sonido y una pantalla. Piensa en lo que sucederá cuando puedas sentir emociones, sensaciones, sentir lo que siente el actor. Entonces las películas te parecerán tan bárbaras. Parecerán una tecnología propia de los dinosaurios una vez que tengamos BrainNet capaz de enviar emociones, sentimientos por Internet.

Creo que estamos entrando en la cuarta ola de innovación científica. La primera era fue la energía de vapor, cuando los físicos resolvimos las leyes de la termodinámica, podíamos calcular cuánta energía se obtiene de un trozo de carbón para energizar una locomotora, una máquina de vapor o una fábrica. Ese fue el primer gran avance. La segunda ola de innovación en la generación de riqueza fue la electricidad y el magnetismo. Cuando los físicos elaboramos las leyes del electromagnetismo que nos dio la bombilla, nos dio la televisión, la radio, nos dio la era eléctrica. La tercera revolución tuvo lugar cuando los físicos elaboramos el transistor y el láser, abriendo el mundo de la alta tecnología. La cuarta ola está a nivel molecular, y es la inteligencia artificial, la nanotecnología y la biotecnología.

En primer lugar, el mercado laboral va a explotar en esa área, porque la generación de los nacidos del 46 al 70 (baby boomers) están envejeciendo y tienen ingresos disponibles, quieren respuestas a sus problemas ahora, por lo que habrá mucho dinero involucrado con gente que quiere encontrar curas para enfermedades horribles como el Alzheimer, el Parkinson. En la actualidad no tenemos cura para ellas, pero ahora se está redirigiendo una enorme cantidad de esfuerzo hacia las enfermedades de la vejez. Por otra parte, eche un vistazo a la investigación del cáncer. Vamos a tener una bala mágica contra el cáncer usando nanomedicina, es decir, moléculas individuales en las células que pueden atacar células cancerosas individuales usando nanotecnología. Y la próxima gran cosa es cuando su inodoro se vuelve inteligente. En el futuro, su inodoro será su primera línea de defensa contra el cáncer, analizando sus fluidos corporales.

Piensa un momento en ello. Hay personas leyendo estas líneas ahora mismo que tienen cáncer creciendo en su cuerpo. Tal vez unos pocos cientos de células cancerosas en una colonia, pero no lo sabrán quizás hasta dentro de 10 años, cuando tenga 10 mil millones de células cancerosas creciendo en su cuerpo formando un tumor. Tendremos lo que se llama 'biopsias líquidas', chips de ADN que nos permiten buscar las firmas de colonias de cáncer de un centenar de células. Genes del cáncer, enzimas del cáncer, proteínas del cáncer que circulan en nuestra sangre y fluidos corporales. Entonces, un día, su inodoro le dirá que tiene cáncer. Tienes que hacer algo... pero, tendrás 10 años para hacerlo. En otras palabras, lo que estoy tratando de decirles es que, en el futuro, la palabra tumor desaparecerá del idioma. Tendremos años de aviso de que hay una colonia de células cancerosas creciendo en nuestro cuerpo, y nuestros descendientes se preguntarán ¿Cómo podían temer tanto al cáncer? El cáncer se volverá como el resfriado común, es decir, vivimos con el resfriado común, en realidad no mata a nadie, excepto tal vez si tienes neumonía, pero en su mayor parte, toleramos el resfriado común, porque es demasiado difícil de curar las 300 variedades diferentes de rinovirus. En el futuro, es posible que veamos el cáncer de la misma manera. Probablemente hay miles de diferentes variedades de cáncer. No podemos curarlos todos, pero viviremos con ellos, los toleraremos y los erradicaremos de la misma manera que vivimos con un resfriado común.

¡¡¡Estamos hablando del futuro de la humanidad!!!

*Elementos de psicología que influenciaron el modo de pensar en el siglo XX.*

## ¿ES EL AMOR UN ARTE?

Por: ERICH FROMM

*Texto del psicoanalista, sociólogo, filósofo humanista y socialista democrático alemán Erich Fromm, publicado por primera vez en su libro "The Art of Loving" del año 1956.*

TOMADO DE: Bloghemia - 13 de febrero de 2021



*“Justo significa no recurrir al fraude y al engaño a cambio de comodidades y servicios ni a cambio de sentimientos”.*

**Erich Fromm**

¿Es el amor un arte? En tal caso, requiere conocimiento y esfuerzo. ¿O es el amor una sensación placentera, cuya experiencia es una cuestión de azar, algo con lo que uno «tropieza» si tiene suerte? Este libro se basa en la primera premisa, si bien es indudable que la mayoría de la gente de hoy cree en la segunda.

No se trata de que la gente piense que el amor carece de importancia. En realidad, todos están sedientos de amor; ven innumerables películas basadas en historias de amor felices y desgraciadas, escuchan centenares de canciones triviales que hablan del amor, y, sin embargo, casi nadie piensa que hay algo que aprender acerca del amor.

Esa peculiar actitud se basa en varias premisas que, individualmente o combinadas, tienden a sustentarla. Para la mayoría de la gente, el problema del amor consiste fundamentalmente en ser amado, y no en amar, no en la propia capacidad de amar. De ahí que para ellos el problema sea cómo lograr que se los ame, cómo ser dignos de amor. Para alcanzar ese objetivo, siguen varios caminos. Uno de ellos, utilizado en especial por los hombres, es tener éxito, ser tan poderoso y rico como lo permita el margen social de la propia posición. Otro, usado particularmente por las mujeres, consiste en ser atractivas, por medio del cuidado del cuerpo, la ropa, etc. Existen otras formas de hacerse atractivo, que utilizan tanto los hombres como las mujeres, tales como tener modales agradables y conversación interesante, ser útil, modesto, inofensivo. Muchas de las formas de hacerse querer son iguales a las que se utilizan para alcanzar el éxito, para «ganar amigos e influir sobre la gente». En realidad, lo que para la mayoría de la gente de nuestra cultura equivale a digno de ser amado es, en esencia, una mezcla de popularidad y sex-appeal.

La segunda premisa que sustenta la actitud de que no hay nada que aprender sobre el amor, es la suposición de que el problema del amor es el de un objeto y no de una facultad. La gente cree que amar es sencillo y lo difícil encontrar un objeto apropiado para amar —o para ser amado por él—. Tal actitud tiene varias causas, arraigadas en el desarrollo de la sociedad moderna. Una de ellas es la profunda transformación que se produjo en el siglo veinte con respecto a la elección del «objeto amoroso». En la era victoriana, así como en muchas culturas tradicionales, el amor no era generalmente una experiencia personal espontánea que podía llevar al matrimonio. Por el contrario, el matrimonio se efectuaba por un convenio —entre las respectivas familias o por medio de un agente matrimonial, o también sin la ayuda de tales intermediarios; se realizaba sobre la base de consideraciones sociales, partiendo de la premisa de que el amor surgiría después de concertado el matrimonio—. En las últimas generaciones el concepto de amor romántico se ha hecho casi universal en el mundo occidental. En los Estados Unidos de Norteamérica, si bien no faltan consideraciones de índole convencional, la mayoría de la gente aspira a encontrar un «amor romántico», a tener una experiencia personal del amor que lleve luego al matrimonio. Ese nuevo concepto de la libertad en el amor debe haber acrecentado enormemente la importancia del objeto frente a la de la función.

Hay en la cultura contemporánea otro rasgo característico, estrechamente vinculado con ese factor. Toda nuestra cultura está basada en el deseo de comprar, en la idea de un intercambio mutuamente favorable. La felicidad del hombre moderno consiste en la excitación de contemplar las vidrieras de los negocios, y en comprar todo lo que pueda, ya sea al contado o a plazos. El hombre (o la mujer) considera a la gente en una forma similar. Una mujer o un hombre atractivos son los premios que se quiere conseguir. «Atractivo» significa habitualmente un buen conjunto de cualidades que son populares y por las cuales hay demanda en el mercado de la personalidad. Las características específicas que hacen atractiva a una persona dependen de la moda de la época, tanto física como mentalmente. Durante los años que siguieron a la Primera Guerra Mundial, una joven que bebía y fumaba, emprendedora y sexualmente provocadora, resultaba atractiva; hoy en día la moda exige más domesticidad y recato. A fines del siglo XIX y comienzos de éste, un hombre debía ser agresivo y ambicioso —hoy tiene que ser sociable y tolerante— para resultar atractivo. De cualquier manera, la sensación de enamorarse sólo se desarrolla con respecto a las mercaderías humanas que están dentro de nuestras posibilidades de intercambio. Quiero hacer un buen negocio; el objeto debe ser deseable desde el punto de vista de su valor social y, al mismo tiempo, debo resultarle deseable, teniendo en cuenta mis valores y potencialidades manifiestas y ocultas. De ese modo, dos personas se enamoran cuando sienten que han encontrado el mejor objeto disponible en el mercado, dentro de los límites impuestos por sus propios valores de intercambio. Lo mismo que cuando se compran bienes raíces, suele ocurrir que las potencialidades ocultas susceptibles de desarrollo desempeñan un papel de considerable importancia en tal transacción. En una cultura en la que prevalece la orientación mercantil y en la que el éxito material constituye el valor predominante, no hay en realidad motivos para sorprenderse de que las relaciones amorosas humanas sigan el mismo esquema de intercambio que gobierna el mercado de bienes y de trabajo.

El tercer error que lleva a suponer que no hay nada que aprender sobre el amor, radica en la confusión entre la experiencia inicial del «enamorarse» y la situación permanente de «estar» enamorado, o, mejor dicho, de «permanecer» enamorado. Si dos personas que son desconocidas la una para la otra, como lo somos todos, dejan caer de pronto la barrera que las separa, y se sienten cercanas, se sienten uno, ese momento de unidad constituye uno de los más estimulantes y excitantes de la vida. Y resulta aún más maravilloso y milagroso para aquellas personas que han vivido encerradas, aisladas, sin amor. Ese milagro de súbita intimidad suele verse facilitado si se combina o inicia con la atracción sexual y su consumación. Sin embargo, tal tipo de amor es, por su misma naturaleza, poco duradero. Las dos personas llegan a conocerse bien, su intimidad pierde cada vez más su carácter milagroso, hasta que su antagonismo, sus desilusiones, su aburrimiento mutuo, terminan por matar lo que pueda quedar de la excitación inicial. No obstante, al comienzo no saben todo esto: en realidad, consideran la intensidad del apasionamiento, ese estar «locos» el uno por el otro, como una prueba de la intensidad de su amor, cuando sólo muestra el grado de su soledad anterior.

Esa actitud —que no hay nada más fácil que amar— sigue siendo la idea prevaleciente sobre el amor, a pesar de las abrumadoras pruebas de lo contrario. Prácticamente no existe ninguna otra actividad o empresa que se inicie con tan tremendas esperanzas y expectativas, y que, no obstante, fracase tan a menudo como el amor. Si ello ocurriera con cualquier otra actividad, la gente estaría ansiosa por conocer los motivos del fracaso y por corregir sus errores —o renunciaría a la actividad—. Puesto que lo último es imposible en el caso del amor, sólo parece haber una forma adecuada de superar el fracaso del amor, y es examinar las causas de tal fracaso y estudiar el significado del amor.

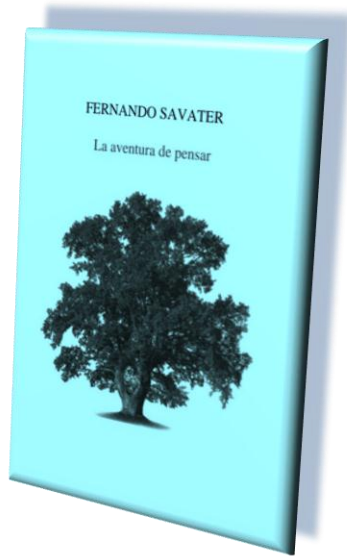
El primer paso a dar es tomar conciencia de que el amor es un arte, tal como es un arte el vivir. Si deseamos aprender a amar debemos proceder en la misma forma en que lo haríamos si quisiéramos aprender cualquier otro arte, música, pintura, carpintería o el arte de la medicina o la ingeniería.

¿Cuáles son los pasos necesarios para aprender cualquier arte?

El proceso de aprender un arte puede dividirse convenientemente en dos partes: una, el dominio de la teoría; la otra, el dominio de la práctica. Si quiero aprender el arte de la medicina, primero debo conocer los hechos relativos al cuerpo humano y a las diversas enfermedades. Una vez adquirido todo ese conocimiento teórico, aún no soy en modo alguno competente en el arte de la medicina. Sólo llegaré a dominarlo después de mucha práctica, hasta que eventualmente los resultados de mi conocimiento teórico y los de mi práctica se fundan en uno, mi intuición, que es la esencia del dominio de cualquier arte. Pero aparte del aprendizaje de la teoría y la práctica, un tercer factor es necesario para llegar a dominar cualquier arte —el dominio de ese arte debe ser un asunto de fundamental importancia; nada en el mundo debe ser más importante que el arte. Esto es válido para la música, la medicina, la carpintería y el amor—. Y quizá radique ahí el motivo de que la gente de nuestra cultura, a pesar de sus evidentes fracasos, sólo en tan contadas ocasiones trata de aprender ese arte. No obstante el profundo anhelo de amor, casi todo lo demás tiene más importancia que el amor: éxito, prestigio, dinero, poder; dedicamos casi toda nuestra energía a descubrir la forma de alcanzar esos objetivos y muy poca a aprender el arte del amor.

¿Sucede acaso que sólo se consideran dignas de ser aprendidas las cosas que pueden proporcionarnos dinero o prestigio, y que el amor, que «sólo» beneficia al alma, pero que no proporciona ventajas en el sentido moderno, sea un lujo por el cual no tenemos derecho a gastar muchas energías? Sea como fuere, este estudio ha de referirse al arte de amar en el sentido de las divisiones antes mencionadas: primero, examinaré la teoría del amor —lo cual abarcará la mayor parte del libro—, y luego analizaré la práctica del amor, si bien es muy poco lo que puede decirse sobre la práctica de éste como en cualquier otro campo.

---

**ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (XXX).****Obra: La aventura de pensar.****AUTOR: Fernando Savater (2008). Editorial: Random House Mondadori, S. A. Barcelona, España. ISBN: 978-84-8306-795-6.****Presentado por: Colectivo transdisciplinario de ciencias sociales.****Enviado vía Facebook por Dr. VÍCTOR HERMOSO AGUILAR**

Nada hay más confortable para el hombre, ni más peligroso, que las certezas. Nuestra mejor defensa es la filosofía, que consiste en gran medida en el arte de cuestionarlas, de atreverse a pensar, de interpelar las verdades establecidas y ver qué esconden.

En este paseo por la historia de la filosofía, Fernando Savater nos presenta a los grandes personajes que con sus preguntas, y en ocasiones con sus respuestas, han marcado el pensamiento occidental.

Platón, Aristóteles, Hobbes, Tomás de Aquino, Nietzsche, Marx, Ortega y Gasset, Wittgenstein y hasta dieciocho filósofos más desfilan por estas páginas de la mano de Savater, que con su habitual estilo lúcido, ameno e inteligente explica sus ideas más importantes y resume sus trayectorias.

Un canto al irrenunciable ejercicio de la libertad intelectual, este libro es en realidad una invitación a huir de los tópicos y a compartir con los grandes filósofos la maravillosa aventura de pensar.

---

Venezuela, personajes, anécdotas e historia.

# Braulio Salazar

ARTISTA PLÁSTICO Y DOCENTE



(1917-2008)

**Braulio José Salazar Sánchez.** Nació, el 23 de diciembre de 1917 y falleció el 26 de diciembre de 2008; ambos momentos en Valencia, estado Carabobo. Fue un artista plástico y docente. Entusiasta de su ciudad natal, llegó a declarar que: “He tratado, en mi obra, de universalizar a mi ciudad, a Valencia; primero con su río Cabriales y después con sus personajes y su paisaje que me es tan afecto y tan querido”.<sup>1</sup> En 1976 obtuvo el Premio Nacional de Artes Plásticas y en 1985, la Galería de Arte Nacional de Venezuela presentó una antología de sus obras.

Hijo de Braulio Antonio Salazar y de María Matilde Sánchez, ambos nativos de Valencia, fue el mayor de cinco hermanos. Le siguen en el mismo orden: Vicenta Matilde, José Ramón, Josefina Esperanza e Ignacio Rafael. En 1928 inició estudios de dibujo y pintura con Enma Silveira y organizó su primera exposición en la botillería La Tropical en 1935. Como padecía de hemotitis, los médicos le prohibieron pintar con químicos. Esto lo motivó a crear sus propios colores con vegetales, tierras, onoto y otras sustancias naturales. También realizó frecuentes viajes a Caracas, donde recibe orientación de Antonio Edmundo Monsanto, Rafael Monasterios y Rafael Ramón González, además de estudiar a los maestros venezolanos del siglo XIX. Después de su primera exposición, envió la obra *La vela del alma* al I Salón Oficial de Arte Venezolano y el jurado la rechazó por no estar acorde con el resto de las obras admitidas.

Para 1937 asistía informalmente a los cursos de Monsanto y Pedro Ángel González, en la Escuela de Artes Plásticas de Caracas. En 1945 fundó en Valencia el Taller de Dibujo y Pintura del Rotary Club, el cual se convirtió, a partir de 1948, en la actual Escuela de Artes Plásticas Arturo Michelena. La dirigió hasta su jubilación en 1970.

Salazar fue profesor de educación artística en el Liceo Pedro Gual, en la Escuela Simón Rodríguez y Jefe del Taller de arte del Departamento de Humanidades de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo. En 1947 viaja a México becado por la Gobernación del Estado Carabobo para estudiar pintura mural; frecuenta la Academia de San Carlos y visita el estudio de Diego Rivera, así como los talleres de Galván, Siqueiros y José Bardasano, con quienes aprendió la técnica de la pintura al fresco, al duco y la encáustica. Durante su estadía en México se interesa por la pintura cubista y asimila los procesos de síntesis de la forma de esta tendencia. Al año siguiente visitó los Estados Unidos.

En 1948 recibió el Premio Arturo Michelena, con la obra figurativa *Manantial*, cuya beca, le permitió viajar a Europa. En París tiene contacto con los artistas que luego formarán el grupo Los disidentes, rechazando sus tendencias abstractas.

## CONSOLIDACIÓN Y EXPOSICIONES



“LA EVOLUCIÓN DE LA TIERRA” (1964), MURAL UBICADO EN EL EDIFICIO DE LA CÁMARA DE COMERCIO DE VALENCIA, ESTADO CARABOBO.

Salazar regresa a Venezuela en 1949 y retoma sus actividades docentes en Valencia. En 1953 es invitado por el arquitecto Carlos Raúl Villanueva para realizar un vitral en la Escuela de Enfermería de la Ciudad Universitaria de Caracas, su única obra de contenido abstracto-simbólico.



VITRAL DE BRAULIO SALAZAR.

TÍTULO: SIN TÍTULO

AÑO: 1956.

UBICACIÓN: AULA GARCÍA MALDONADO DE LA ESCUELA DE MEDICINA LUIS RAZETTI. ERA EL ANTIGUO AUDITORIO DE LA ESCUELA DE ENFERMERÍA. ESTÁ DETRÁS DEL EDIFICIO DE ODONTOLOGÍA.

Entre 1953 y 1964 realizó cinco murales para diversos edificios de Valencia. En 1956 gana por segunda vez el Premio Arturo Michelena con la obra *Constructor de Sueños*; este galardón lo obtendrá nuevamente en 1963 con *Recogedoras de Chamizas*.

A partir de 1959 su preocupación por el realismo simbólico pasa a un segundo plano al aumentar su interés por el color y el dinamismo de la pincelada. Esta nueva inquietud plástica, sumada a su preocupación por la figura humana, lo encamina en la década de los sesenta a tratar el tema de la figura en el paisaje. En 1960 es elegido presidente de la Primera Convención de Directores de las Escuelas de Artes Plásticas de Venezuela y en 1967, nombrado jefe del Taller de Plástica del Departamento de Humanidades de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Carabobo.

En 1981 viajó nuevamente a París por invitación de la Embajada de Venezuela en Francia, allí exhibió algunos de sus paisajes y figuras. Durante su estadía aprovecha para visitar museos y exposiciones. Al año siguiente realizó un mural-vitral para el Museo de Arte La Rinconada (en la actualidad Museo Alejandro Otero) y en 1989 el mural-vitral *Raíces* para la Plaza Bicentenario del Palacio de Miraflores, ambos en Caracas.

El 26 de septiembre de 1980 aparece en circulación la “Estampilla Naciones Unidas”, como parte del premio que la Unicef entregó al artista por la obra *Ritmos maternales*. En ese mismo año se inauguró la sala de exposiciones de la Universidad de Carabobo que lleva su nombre. En 1985, Armitano Editores publicó un libro acerca de su carrera artística, escrito por el poeta y crítico de arte Juan Calzadilla.

Para 1986 presenta en Valencia su exposición *Obras Recientes* con motivo del XXVIII Aniversario de la reapertura de la Universidad de Carabobo. Al año siguiente el Museo de la Cultura Braulio Salazar le rinde homenaje con la exposición *Personajes y vivencias en la plástica de Braulio Salazar*, con motivo de la celebración de los 432 años de la fundación de Valencia.

Al comenzar la década de los noventa, presentó *Obras Recientes* en la Galería de Arte Ascaso de Valencia. En 1992 la Universidad de Carabobo le confirió su máximo reconocimiento, el Doctorado Honoris Causa.

### ÚLTIMA DÉCADA

En 1997 se inaugura la exposición *13 artistas – Homenaje al Maestro en sus 80 años* en la Galería Universitaria Braulio Salazar de la Universidad de Carabobo. Participaron: Oswaldo Vigas, Luis Guevara Moreno, Ramón Vásquez Brito, Mauro Mejías, Armando Pérez, Rafael Pérez, Rafael Martínez, Alirio Palacios, Wladimir Zabaleta, Felipe Herrera, Carlos Zerpa, Alexis Mujica y Francisco Bugallo. En 2006 la Universidad de Carabobo, a través de su galería universitaria, rinde homenaje al artista con la exposición *Braulio, el constructor de sueños*.

Los últimos diez años de su vida padeció de alzheimer y se cobijó en su familia. Falleció el 26 de diciembre de 2008, recién cumplidos los 91 años.

### LEGADO

Salazar es el fundador de la Escuela Armando Reverón de Barcelona, Anzoátegui y de la Escuela Rafael Monasterio en Maracay. Participó en exposiciones colectivas en Cuba, México, Estados Unidos, Francia, Colombia y Venezuela.

La Galería de Arte Nacional adquirió tres óleos sobre tela de Salazar: *Paisaje* (1967); *Motivación N° 1* (1968) y *Entre Breñas* (1976).

Edgar González realizó en 1990 un corto documental sobre la obra de Salazar: *Constructores de Sueños*.

### EXPOSICIONES INDIVIDUALES

- 1935: Óleo, Dibujos y Pasteles, Botillería La Tropical, Valencia, estado Carabobo.
- 1937: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1938: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1939: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1940: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1942: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1943: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1945: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1963: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1964: CEPRO-Aragua, Maracay, estado Aragua.
- 1965: Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1966: Universidad de Los Andes, Mérida, estado Mérida. Galería Mendoza, Caracas.
- 1967: Universidad de Los Andes, Mérida, estado Mérida.
- 1970: Galería Li, Caracas. Galería Bon Art, Valencia, estado Carabobo.
- 1971: Galería Li, Caracas. Galería S, Valencia, estado Carabobo.
- 1975: Pro-Venezuela, Caracas.
- 1976: Sala de Exposiciones, Universidad de Carabobo, Valencia, estado Carabobo.
- 1979: Galería UCO, Barquisimeto, Edo. Lara. Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- 1980: Sala de Exposiciones de la Universidad de Carabobo, Valencia, estado Carabobo.
- 1984: Obras Recientes, Taller Estudio Braulio Salazar, Valencia, estado Carabobo.
- 1985: Exposición Antológica, Galería de Arte Nacional, Caracas.
- 1986: Galería Braulio Salazar, Universidad de Carabobo, Valencia, estado Carabobo. Galería Municipal de Arte, Maracay, Edo. Aragua.
- 1987: Personajes y Vivencias en la Plástica de Braulio Salazar, Museo de la Cultura Braulio Salazar, Valencia, estado Carabobo. AVAP, Valencia, Edo. Carabobo. Galería Mundo del Arte, Maracaibo, estado Zulia.
- 1988: Galería Gala, Valencia, estado Carabobo.
- 1989: Galería MTD, Caracas.
- 1990: Obras Recientes, Galería de Arte Ascaso, Valencia, estado Carabobo.
- 2000: Galería Tokio, Japón.



**GALERÍA UNIVERSITARIA BRAULIO SALAZAR – VISTA FRONTAL.  
URBANIZACIÓN PREBO, VALENCIA, EDO. CARABOBO.**

## RECONOCIMIENTOS

- 1943: Premio Andrés Pérez Mujica, I Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1947: Premio Emilio Boggio, V Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1948: Premio Arturo Michelena, VI Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1950: Premio Andrés Pérez Mujica, VIII Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1951: Premio Club de Leones, IX Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1955: Premio Consejo Municipal del Distrito Torres, Salón Oficial de Arte Julio T. Arze, Barquisimeto, Edo. Lara.
- 1955: Premio Andrés Pérez Mujica XIII Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia. Mención honorífica, Exposición Internacional de Pintura, Valencia, estado Carabobo.
- 1956: Premio Arturo Michelena, XIV Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1959: Premio Andrés Pérez Mujica, XVII Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia.
- 1963: Premio Arturo Michelena, XXI Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia. Medalla de honor XXI, Salón de Artes Plásticas Arturo Michelena, Valencia, Edo. Carabobo.
- 1965: Premio Arístides Rojas, XXVI Salón Oficial Anual de Arte Venezolano, Ministerio de Educación, Caracas.
- 1973: Orden Miguel José Sanz, Valencia.
- 1976: Premio Nacional de Artes Plásticas, Caracas.

## COLECCIONES

- Ateneo de Valencia, estado Carabobo.
- Concejo Municipal de Valencia, estado Carabobo.
- Fundación Galería de Arte Nacional, Caracas.
- Museo de Arte Contemporáneo, Bogotá.
- Museo de Arte Moderno de Mérida, estado Mérida.
- Museo de Arte Moderno Jesús Soto, estado Bolívar.
- Residencia Presidencial La Casona, Caracas.
- Universidad Central de Venezuela, Caracas.



**INTERIOR DE LA GALERÍA UNIVERSITARIA BRAULIO SALAZAR  
URBANIZACIÓN PREBO, VALENCIA, EDO. CARABOBO.**

## REFERENCIAS

1. Galería Universitaria Braulio Salazar. (2006): Biografía de Braulio Salazar (Línea de Tiempo: 1990-1997). <http://galeria.uc.edu.ve/biografia08.php>
2. Biografía de Braulio Salazar - Banco Central de Venezuela.
3. Biografía y foto del vitral en la Universidad Central de Venezuela.
4. Homenaje a Braulio Salazar en su natalicio - YouTube.

## BIBLIOGRAFÍA AUXILIAR:

Páez, Yasmira. (Octubre, 2012). *La Escuela de Artes Plásticas Arturo Michelena. Su historia 1948-2000*. Primera Edición. ISBN: 978-980-12-6097-4. Depósito Legal: If04120129003644. Valencia-Venezuela: Signos Ediciones y Comunicaciones, C. A.

# GALERÍA



## Magnus Joseph Wenninger

Nació el 31 de Octubre de 1919 en Park Falls, Wisconsin, y falleció el 17 de Febrero de 2017 en Collegeville Minnesota; ambas localidades en EE. UU.

**Magnus Wenninger** fue nombrado *Joseph Wenninger*, tomando el nombre monástico, *Magnus*, después de convertirse en monje. Sus padres nacieron en Alemania y emigraron a los Estados Unidos, estableciéndose en Wisconsin. Magnus era el segundo de los siete hijos. Su padre fue panadero en Park Falls, una ciudad a unos 70 km al sur de la orilla sur del lago Superior. Magnus asistió a la Escuela Primaria Saint Anthony en Park Falls de 1925 a 1933. Sus padres esperaban que el mayor de sus hijos se convirtiera en panadero como su padre, y Magnus en sacerdote. Cuando Magnus tenía unos trece años, sus padres vieron un anuncio para la Escuela Preparatoria de Saint John, Collegeville, Minnesota, en un periódico en alemán, el *Der Wanderer*. Los monjes y sacerdotes de la Abadía de San Juan, una comunidad benedictina, habían fundado la escuela en 1857. La razón de la conexión alemana fue que los primeros benedictinos que llegaron a Minnesota en 1856 vinieron originalmente de la abadía bávara de Metten en el sureste de Alemania. La escuela preparaba a los niños para la universidad benedictina, la Universidad Saint John, por lo que los padres de Magnus pensaron que este sería el lugar adecuado para que Magnus recibiera su educación. Ingresó en la Escuela Preparatoria de Saint John en 1933 (referencia [1]):

*Yo al principio estaba nostálgico de estar lejos, pero al final del primer año había hecho tantos amigos y me gustó tanto que nunca me fui.*

Después de graduarse en 1937, Wenninger ingresó en la Universidad de Saint John, en Collegeville. Se graduó con una licenciatura en filosofía en 1942, habiendo tomado la educación como su asignatura menor. Sin embargo, paralelamente a esto había entrado en la abadía de Saint John y profesó votos monásticos benedictinos el 11 de julio de 1940. Asistió al Seminario de Saint John y fue ordenado sacerdote católico el 2 de septiembre de 1945. Cuando entró en la Orden de San Benito se le dio el nombre *Magnus* por lo que a partir de este momento se le conocerá como el *Padre Magnus*. En esta etapa, la educación del Padre Magnus no había contenido muchas matemáticas. Explicó en la referencia [1] cómo fue llevado hacia las matemáticas:

*Después de los cursos habituales de secundaria, sólo tenía un semestre de álgebra universitaria en todos mis estudios en Saint John. Un día, después que me ordenaran sacerdote, el Abad me llamó para decirme que la Orden estaba estableciendo una escuela en las Bahamas, y quería que fuera allí y enseñara. “¿Qué voy a enseñar?”, pregunté. “Te lo dirán cuando llegues allí”. Pero dijo que antes de ir allí, debería ir a la Universidad de Ottawa y obtener una Maestría.*

El Abad sugirió que estudiara psicología educativa. Sin embargo (referencia [1]):

*Cuando llegué allí me di cuenta de que casi todos los cursos que me interesaban se enseñaban en francés, que nunca había aprendido. Afortunadamente había un hombre allí, Thomas Greenwood, en el departamento de filosofía, que estaba dispuesto a darme un curso en inglés, en lógica simbólica. Hice mi tesis de Maestría sobre “El concepto de número según Roger Bacon y Albertus Magnus”. Tenía que hacerse rápidamente, porque tenía que prepararme para viajar a las Bahamas.*

Después de obtener una Maestría en Filosofía de la Universidad de Ottawa en 1946, el Padre Magnus fue enviado al Colegio de Saint Augustine, en Nassau, Bahamas. El director de la escuela dijo que necesitaba un profesor de inglés y un profesor de matemáticas y le dio al Padre Magnus la opción de tomar una de las dos. Debido a las matemáticas que había estudiado durante sus estudios de maestría, eligió estas que, dijo, resultó ser la decisión más significativa en su vida después de decidir convertirse en un monje benedictino. Su enseñanza era sólo a nivel elemental, pero, después de diez años, se sintió bastante rancio y su director sugirió que tomara un curso de verano. Decidió obtener una Maestría en el Colegio de Profesores de la Universidad de Columbia en Nueva York estudiando allí para cuatro sesiones de verano. Obtuvo su Maestría en Educación Matemática en 1961.

Fue mientras estudiaba en el Colegio de Profesores de la Universidad de Columbia que se interesó en los poliedros después de ver modelos en vitrinas a lo largo de las paredes. Leyó *Mathematical Models* (Modelos matemáticos) de H. Martyn Cundy y A. P. Rollett, y luego *The Fifty-nine Icosahedra* (Los Cincuenta y nueve Icosaedros) de H. S. M. Coxeter, P. Du Val, H. T. Flather y J. F. Petrie. Después de leer este libro comenzó a hacer modelos de todos los cincuenta y nueve icosaedros y muchos de los poliedros uniformes. En 1966 el Consejo Nacional de Maestros de Matemáticas publicó *Polyhedron Models for the Classroom* (Modelos de poliedros para el Aula) del Padre Magnus. El folleto original contenía 40 páginas, pero la edición revisada, publicada en 1975, tenía 80 páginas. El Padre Magnus escribe en la Introducción:

*Este folleto, publicado por primera vez en 1966, pasó por su sexta impresión en 1973, formando un total de 35000 copias impresas. Este hecho por sí solo atestigua el continuo interés en este trabajo por parte de profesores y estudiantes por igual.*

Su resumen para esta edición dice lo siguiente:

*Esta segunda edición explica los antecedentes históricos y las técnicas para la construcción de varios tipos de poliedros. Se incluyen siete hojas de plegado central, que contienen dibujos a escala completa a partir de los cuales se pueden hacer redes o plantillas para construir los modelos mostrados y descritos en el texto. Se proporcionan detalles para la construcción de los cinco sólidos platónicos, los trece sólidos de Arquímedes, estelares o compuestos, y otros poliedros diversos. Los modelos se pueden utilizar para ilustrar las ideas de simetría, reflexión, rotación y traslación.*

Después de la publicación de la primera edición del folleto en 1966, el Padre Magnus escribió a Donald Coxeter (referencia [1]):

*Él fue muy servicial. Me envió una copia de la monografía sobre “Uniform Polyhedra” escrita por él mismo, J. C. P. Miller y M. S. Longuet-Higgins. Esa fue la primera vez que vi una lista completa de los setenta y cinco poliedros uniformes. Empecé a hacer los modelos uno tras otro, usando papel de cartulina, llamada tablero de etiqueta. Hice sesenta y cinco de ellos, y estaban en exhibición en mi salón de clases. En ese momento decidí ponerme en contacto con un editor para ver si estarían interesados en un libro. Envié las fotos y el texto a Cambridge University Press.*

Al completar la tarea de construir los diez poliedros uniformes restantes, esto resultó difícil y R. Buckley de la Universidad de Oxford ayudó al Padre Magnus proporcionando las medidas precisas. El padre Magnus publicó *Polyhedron models* (Modelos de poliedros) con Cambridge University Press como editor en 1971. Donald Coxeter escribió en el prólogo del libro:

*En su contagioso estilo entusiasta, el autor da instrucciones claras para hacer modelos de muchos tipos de poliedros. Estas instrucciones se ilustran con fotografías de su propia colección, incluyendo lo que es casi con seguridad el único conjunto completo jamás hecho de los poliedros uniformes conocidos. Pero las fotografías no pueden mostrar a los modelos en todo su esplendor. Los sólidos complicados más “intrincados” no sólo son extremadamente difíciles de hacer, sino también altamente decorativos: un caso perfecto de la conexión entre la verdad y la belleza.*

Uno podría sorprenderse por la frase de Coxeter “poliedros uniformes conocidos”, pero lo utiliza con cuidado ya que en el momento de escribirlo no se sabía si los 75 poliedros uniformes agotaban la lista de tales poliedros. Sin embargo, en 1975, John Skilling de la Universidad de Cambridge demostró, utilizando una búsqueda por computadora, que la lista estaba completa.

Arthur Loeb en la referencia [6] escribe en una reseña sobre *Polyhedron models*:

*El autor describe con amor los escollos o efectos especiales a encontrar con cada modelo, reflejando quince años de experiencia en el montaje de estas fascinantes y hermosas estructuras.*

El libro también fue revisado por D. A. Quadling (referencia [7]) quien escribe:

*... y este es el libro para dar a su ahijado favorito, o tal vez a su jefe de departamento con motivo de su retiro (porque hay material aquí para mantenerse 2000 o más horas felices).*

El padre Magnus enseñó matemáticas en el Colegio de Saint Augustine de Nassau hasta 1971, luego pasó los siguientes diez años como Contador y Contralor del Colegio. En 1981 se devolvió a Minnesota y pasó tres años como Contador en la Prensa Litúrgica, Orden de San Benito, en Collegeville. Luego se retiró, pero continuó viviendo en la Abadía de San Juan en Collegeville.

Notablemente el Padre Magnus publicó más de 25 libros y artículos sobre matemáticas, en su mayoría sobre poliedros. Sus artículos incluyen *Stellated Rhombic Dodecahedron Puzzle* (1963), *The World of Polyhedrons* (1965), *Some Facts About Uniform Polyhedrons* (1966), *Fancy Shapes from Geometric Figures* (1966), *Some Interesting Octahedral Compounds* (1968), *A New Look for the Old Platonic Solids* (1971), (con H. Martyn Cundy) *A Compound of Five Dodecahedra* (1976), *Geodesic Domes by Euclidean Construction* (1978), *Avenues for Polyhedral Research* (1980), *Polyhedrons and the Golden Number* (1990), y *Artistic Tessellation Patterns on the Spherical Surface* (1990).

Para finalizar esta reseña biográfica, se analizan otros dos libros publicados por el Padre Magnus. El primero de ellos son *Spherical models* (Modelos esféricos) (1979), que es descrito por E. Jucovic en un informe de la siguiente manera:

*Este es el segundo libro del autor sobre modelos geométricos inspirados en H. S. M. Coxeter y está escrito en el mismo estilo que los primeros [*Polyhedron models*]. Describe con precisión -con un mínimo de teoría- los procedimientos para la construcción (con papel) de modelos de descomposiciones especiales de la 2-esfera (las regulares y las de Arquímedes) y de cúpulas geodésicas y de algunos modelos relacionados (honey-combs, etc.). Por su contenido el libro debe atraer principalmente a los estudiantes y profesores de matemáticas, pero puede ser de interés para los especialistas en arte, arquitectura e ingeniería. El libro está ilustrado por muchas fotografías y dibujos excelentes, y produce efectos agradables de sentimientos estéticos.*

El libro también fue revisado por John Ede (referencia [4]) quien escribe:

*Esta secuela de los “Polyhedron Models” del autor es todo lo que los devotos del libro anterior esperarían; admirablemente claro, bellamente producido y vivo con el entusiasmo contagioso de Magnus Wenninger. Usted puede, como el crítico, hacer una gran cantidad de modelos e incluso puede ser un sinónimo de paciencia entre sus amigos y sin embargo seguramente se sentirá débil al pensar en la colección de Wenninger. Este libro sin embargo, es más que instrucciones para una serie de modelos: las ideas subyacentes se explican con suficiente detalle para agregar en gran medida a la satisfacción de uno sin tomar el control de lo que se pretende como un libro práctico.*

También David Brisson en la referencia [2] comenta que:

*... un estudio tan hermoso, claro y expositivo de la clase de formas presentado por Wenninger es una delicia.*

El segundo de los dos libros del Padre Magnus a observar es *Dual models* (1983). Fue revisado por Donald Coxeter:

*Este libro contiene una descripción bellamente ilustrada de los poliedros isoedrales cuyos vértices están rodeados como los ápices de pirámides rectas basados en polígonos regulares (incluyendo polígonos estelares como el pentagrama). Comienza con un prólogo entusiasta de Skilling, quien una vez hizo una importante contribución al tema al establecer la integridad de la lista de poliedros uniformes descrita por el autor en su libro anterior [Polyhedron models]. La introducción incluye una descripción cuidadosa del proceso de reciprocidad con respecto a un círculo (en el plano) o una esfera (en el espacio). Esto aclara el principio (atribuido al difunto Dorman Luke) de que la figura de vértice de cada poliedro uniforme produce por reciprocidad la cara del poliedro dual. Otro principio útil, enunciado en la página 3, es que el doble de un poliedro uniforme no convexo dado es una forma estelar de la dual del casco convexo de  $\pi$ . Muchas páginas están dedicadas a fotografías de modelos intrincados e instrucciones bien ilustradas por las que el lector puede tratar de duplicar este logro. Dos sólidos especialmente atractivos, debido a sus esquinas extraordinariamente afiladas, son el gran pentakisdodecahedron y el hexecontahedro pentagonal invertido medial.*

Finalmente se cita la reseña del libro hecha por John Ede (referencia [3]):

*Aquellos fabricantes de modelos que ya valoran “Polyhedron Models” y “Spherical Models” acogerán con beneplácito el nuevo libro de Wenninger. Una vez más es un volumen que es una delicia para manejar, con diagramas claros y buenas fotografías, y es un crédito tanto para el editor como para el autor.*

---

## Referencias.-

### Artículos:

1. T. F. Banchoff, Interview with Fr. Magnus J Wenninger O.S.B., *Symmetry Cult. Sci.* 13 (1-2) (2002), 63-70.
2. David W. Brisson, Review: Spherical Models by Magnus J Wenninger, *Leonardo* 15 (1) (1982), 83.
3. John D. Ede, Review: Dual Models by Magnus J Wenninger, *The Mathematical Gazette* 68 (446) (1984), 307.
4. John D. Ede, Review: Spherical Models by Magnus J Wenninger, *The Mathematical Gazette* 65 (431) (1981), 65.
5. N. Friedman, Magnus Wenninger: Mathematical Models, *Hyperseeing* (November/December 2007). <http://www.isama.org/hyperseeing/07/07-11.pdf>
6. Arthur L. Loeb, Review: Polyhedron Models by Magnus J Wenninger, *Leonardo* 7 (1) (1974), 82-83.
7. D. A. Quadling, Review: Polyhedron Models by Magnus J Wenninger, *The Mathematical Gazette* 56 (397) (1972), 256.
8. M. J. Wenninger, Memoirs of a polyhedronist. *Polyhedra, Symmetry Cult. Sci.* 11 (1-4) (2000), 7-15.

---

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre “Magnus Wenninger” (Julio 2009).

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

---