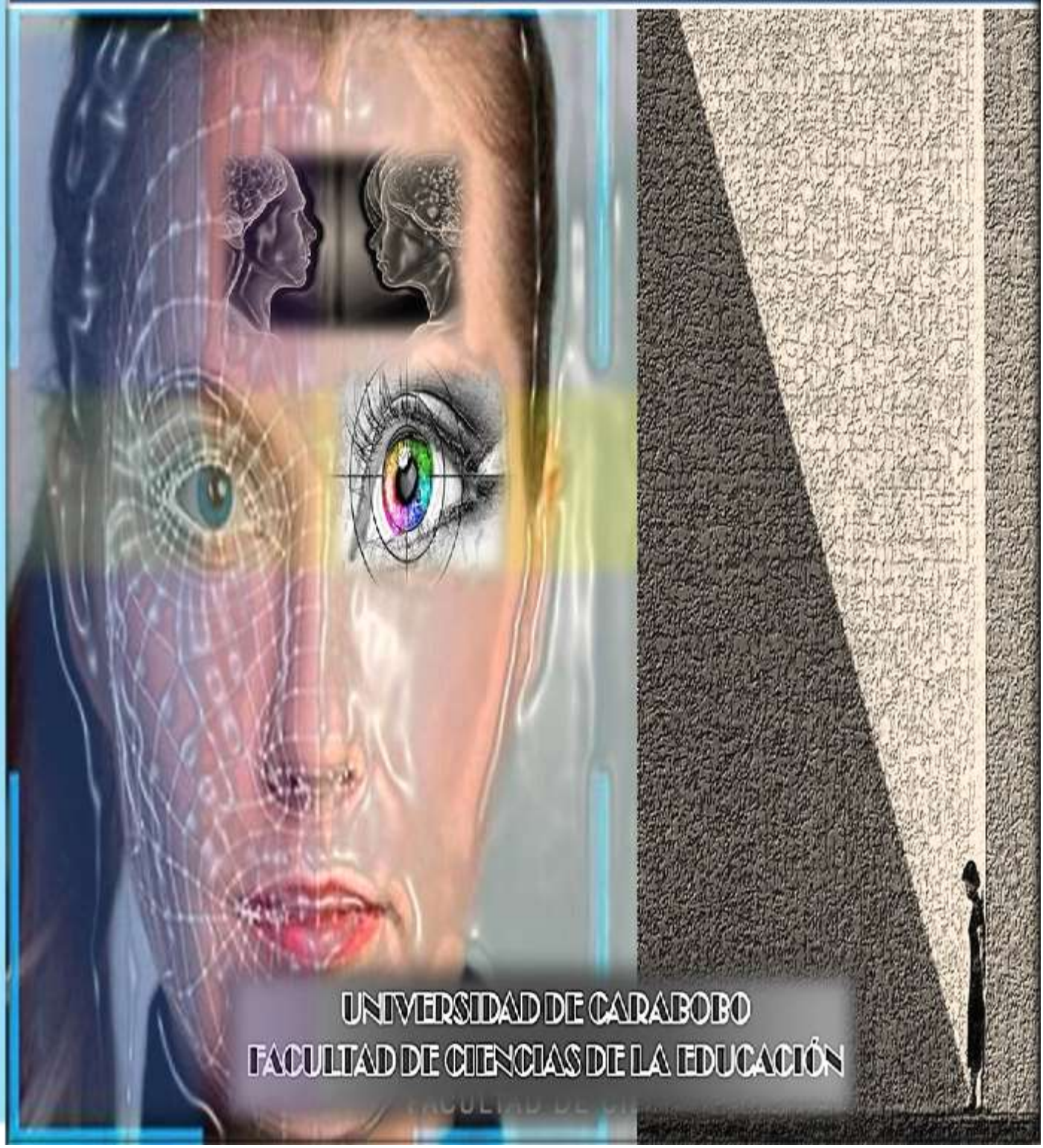
HOMOTECIA

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

© Rafael Ascanio H. – 2009. Hecho el Depósito de Ley. Depósito Legal: PPi2012024055 – I. S. S. N.: 2244-7385

E- mail: homotecia2002@gmail.com - Nº 3 – AÑO 21 Valencia, Miércoles 1º de Marzo de 2023



HOMOTECIA
CÁTEDRA DE CÁLCULO

Índice

Editorial..... 1

Grandes Matemáticos: **REGNIER GEMMA FRISIUS**..... 2-3

Modelo Endocrítico. Aproximaciones teórico-metodológicos del pensamiento matemático. (Parte III). Capítulo II. Estudio referencial. Por: **Dr. PEDRO ANGULO LANDAETA**..... 4-8

Racionalidad conceptual existente entre la geometría fractal y la geometría hiperbólica. (Parte VII). Capítulo VI. Clausura del contraste. Por: **Dr. AHMAD OSMAN C.**..... 9-10

Construcción de representaciones semióticas para la comprensión del concepto matemático de límite. (Parte IV). Capítulo III: Metodología. Por: **Msc. JAVIER BRIZUELA DÍAZ**..... 11-15

Sobre teoría de números. Titanes de las matemáticas en pie de guerra por una prueba monumental de la conjetura *abc*. Versión del artículo original de **ERICA KLARREICH**..... 16-17

Así terminó el sueño de las matemáticas infalibles (y de paso, nació la computación moderna). Versión del artículo original de **NELO MAESTRE Y ÁGATA TIMÓN**..... 18-19

Una joven matemática refuta una conjetura establecida hace más de 30 años. Versión del artículo original de **RAÚL LIMÓN**..... 20

Sin líneas de fractura. Versión del artículo original de **CARLO FRABETTI**..... 21

Descubren cómo el cerebro procesa las matemáticas: varía con la edad. Versión del artículo original de **PABLO JAVIER PIACENTE**..... 22

Jacques Tits, una vida consagrada al edificio de las matemáticas. Versión del artículo original de **YAGO ANTOLÍN y JAVIER ARAMAYONA**..... 23

La teoría cuántica necesita números complejos..... 24-25

Físicos Notables. Ganadores del Premio Nobel en Física 1996: **DAVID MORRIS LEE, ROBERT COLEMAN RICHARDSON y DOUGLAS DEAN OSHEROFF**..... 26-27

Químicos Destacados. Ganadores del Premio Nobel en Química 1998: **WALTER KOHN y JOHN ANTHONY POPLE**..... 28

Kelvin, padre de la termodinámica: cuando la religión inspira a la ciencia. Versión del artículo original de **JAVIER SÁNCHEZ CAÑIZARES**..... 29

Fritz London: cuando la química se hizo cuántica pero no se lo contaron a Pauling. Versión del artículo original de **CÉSAR TOMÉ LÓPEZ**..... 30-31

LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 22): Predicciones, confirmaciones, y reflexiones. Relatividad general: Predicciones y confirmaciones de la teoría. Publicado por: **ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ**..... 32-42

¿Entiendes realmente la ecuación $E=mc^2$? Versión del artículo original de **MIGUEL PEIRÓ**..... 43

Un raudal de materiales topológicos. Versión del artículo original de **MAIA G. VERGNIORY y BARRY BRADLYN**..... 44

Entrevista a: Gioconda Cunto de San Blas. Individuo de número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. Por **NELSON RIVERA**..... 45-47

Olga Alexandrovna Ladyzhenskaya: Matemática rusa desconocida. ¿La más grande de la historia?..... 48

Maria Mitchell: Una científica en la lucha por los derechos de las mujeres. Versión del artículo original de **JOANA OLIVEIRA**..... 49

Sally Ride: La eterna inspiración femenina en el mundo de la ciencia..... 50

Florence Nightingale: La dama de la lámpara que salvó vidas con las matemáticas..... 51-55

La melodía de una hipótesis. Versión del artículo original de **MONTERO GLEZ**..... 56

Científicos descifran por fin el secreto del mecanismo de Anticitera, el «ordenador» más antiguo de la historia..... 57

Lía Schwartz: Filóloga e hispanista argentina. Versión del artículo original de **EDUARDO LUGO**..... 58

Algunos elementos trascendentales en el modo de pensar la filosofía en el siglo XXI. La estética del desastre. Por **BYUNG-CHUL HAN**..... 59-60

ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (III)..... 61

"Si no quisiera tanto a Dios pensaría que esto es un castigo"... Por: **Dr. EDGAR REDONDO**..... 62-63

Descubren el reino perdido de Punt: El hogar de los dioses simios del antiguo Egipto. Versión del artículo original de **ANDREA FISCHER**..... 64

Venezuela, personajes, anécdotas e historia. **12 de junio de 1819: Batalla de Cantaura**. Versión del artículo original de: **Elisa Rojas**..... 65

Galería: **SIXTO RÍOS GARCÍA**..... 66-68

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
Dra. Ivel Páez

COMISIÓN REVISORA DE MATERIAL A PUBLICAR:
Dra. Elda Rosa Talavera de Vallejo
Dra. Omaira Naveda de Fernández
Dr. José Tadeo Morales

Nº 3- AÑO 21 - Valencia, Miércoles 1º de Marzo de 2023

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, AGRADECEMOS NOS HAGA LLEGAR SUS COMENTARIOS A TRAVÉS DE NUESTRA DIRECCIÓN ELECTRÓNICA, homotecia2002@gmail.com.

Diseño de Portada y Montaje Gráfico: R. A. A. H. Tema Imagen: 8 de marzo de 2023, Día Internacional de la Mujer.
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

El periodista y escritor mexicano *Armando Aguirre Fuentes*, también conocido como *"Catón"*, una vez afirmó: *"El misterio de la vida consiste en amarla, aun cuando alguna vez la vamos a perder"*. Coincidimos con su opinión. Pero parece que muchas personas confunden *"amar la vida"* con *"desear vivir mucho tiempo"* pero *"vivir mucho tiempo"* no es solo cuestión de *"desearlo"*. Tampoco *"amar la vida"* es solo y simplemente un sentimiento; es además una acción: amar la vida para lograr vivir por mucho tiempo es trabajar para que esto se haga realidad.

Pero el hecho es que este *"trabajo"* se identifica más con el *"después de"* que con el *"antes de"* porque ajustar la vida al antes sería quitarle la dinámica al proceso de vivir, entiéndase este proceso como el tránsito hacia el crecimiento de la condición de humanidad de cada persona, de su integración a la convivencia en comunidad, de mejorar su aproximación al cúmulo de conocimientos producido por la mente humana hasta la época en que le ha tocado vivir, de cuidar la salud de su estado físico y sobre todo, de disfrutar de lo hermoso de vivir. Esto porque la vida de cada ser humano queda *marcada* y debe ajustarse a las circunstancias y situaciones que el vivir conduce a enfrentar; circunstancias y situaciones antes las cuales se debe reaccionar y tomar decisiones.

Pero entender lo que es vivir se hace difícil porque la más clara cualidad de la vida es que es intrincadamente compleja. Muchas personas ante lo evidente de lo anterior, asumen posiciones muy ligeras. Esto, aunque no con mucha frecuencia, ha ocurrido en el ambiente académico y en contextos relacionados.

Tiempo atrás, un reconocido docente universitario hizo referencia a un hecho en el cual participó. Fue jurado en una asignatura relacionada con la biología, en un Concurso de Oposición realizado en la universidad en la cual se desempeñaba. A una de las profesoras concursantes se le hizo la siguiente pregunta relacionada con su tema a exponer luego que ella había finalizado su exposición oral como parte de las condiciones de evaluación en este tipo de actividad: *"¿Cómo respira usted?"*, que debe entenderse que lo que se le estaba requiriendo era que informara cuanto sabía sobre la respiración de los seres humanos. El jurado esperaba una respuesta similar a: *"respiración es un proceso mediante el cual los seres vivos intercambian gases con el medio externo. Consiste en la entrada de oxígeno al cuerpo de un ser vivo y la salida de dióxido de carbono del mismo. Es indispensable para la vida de los organismos aeróbicos. Dependiendo del tipo de órgano encargado del proceso, la respiración puede ser pulmonar como en los mamíferos…"*. O también: *"La respiración humana se produce en las mitocondrias que son orgánulos celulares encargados de suministrar la mayor parte de la energía necesaria para la actividad celular (respiración celular). Actúan como centrales energéticas de la célula y sintetizan ATP a expensas de los carburantes metabólicos (glucosa, ácidos grasos y aminoácidos)"*. Incompletas o no, el jurado las hubiera aceptado como válidas en el caso de que la concursante respondiera al interrogante propuesto con una de las dos. Pero la concursante, después de cierto tiempo y mostrando como si reflexionara sobre la respuesta a esta pregunta, simplemente respondió: *"Por la nariz"*. La respuesta fue considerada totalmente deficiente por el jurado, evidenciaba una falta de dominio del conocimiento científico relacionado con el tema y como consecuencia de esto, la concursante fue bajamente calificada lo que implicó la pérdida de la oportunidad de obtener el cargo ofertado en el concurso y al cual aspiraba. Esto hubiera ocurrido aun acertara correctamente las siguientes preguntas pues el jurado consideró que hubo *negligencia académica* en su preparación, algo que no se corresponde con el perfil que se aspira de un docente a nivel universitario.

Como conclusión, la concursante irresponsablemente desperdició *disfrutar* la hermosa oportunidad que le daba la vida en una situación importante y trascendental del ambiente académico en el cual había decidido participar.

Reflexiones

"La inteligencia consiste no solo en el conocimiento sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica".

ARISTÓTELES (384 a. C.- 322 a. C.)

Filósofo, polímata y científico nacido en la ciudad de Estagira, al norte de la Antigua Grecia. Es considerado junto a Platón, el padre de la filosofía occidental. Sus ideas han ejercido una enorme influencia sobre la historia intelectual de Occidente por más de dos milenios.

Los Grandes Matemáticos

REGNIER GEMMA FRISIUS

(1508 - 1555)

Nació el 8 de diciembre de 1508 en Dokkum, Frisia, Holanda; y murió el 25 de mayo de 1555 en Lovaina, Brabante, hoy en día en Bélgica.

Matemático holandés que aplicó sus conocimientos matemáticos a la geografía, la astronomía y la elaboración de mapas.

Se convirtió para su época, en el principal matemático teórico de los Países Bajos.

Regnier Gemma Frisius era nativo de Frisia, una provincia costera en el norte de Holanda, lo que explica por qué se hacía llamar Frisius. El nació como Regnier Gemma y sólo adoptó el nombre de Frisaos cuando más tarde se convirtió en un erudito, tal como lo hacían muchos estudiosos de su país, adoptó una versión latina de su nombre. Así, se convirtió en Gemma Frisius. Sus padres eran muy pobres y ambos murieron cuando él era todavía un niño. Quedó huérfano y cojo, fue criado por su madrastra, quien en un día de fiesta especial, cuando Gemma tenía seis años, lo llevó a la capilla de San Bonifacio en Dokkum. Ciertamente, después de esto, sus piernas que no podían soportar su peso se hicieron más fuertes y su familia creyó que había sido curado por un milagro. Verdaderamente, dado el difícil inicio de vida que había tenido,fue un milagro el que él pudo ser capaz de lograr mucho pero, sin embargo, siguió siendo una persona frágil toda su vida.

Gemma entonces, asistió a la escuela en Gröningen; en 1526 ingresó en la Universidad de Lovaina. Por supuesto su madrastra no tenía los medios económicos para sostener financieramente sus estudios universitarios pero a él se le dio un cupo reservado para estudiantespobresen el Colegio Universitariode Lily. Él estudió para graduarse de médico, pero permaneció en la Universidad de Lovaina estudiando matemáticas y astronomía. Logró convertirse en el principal matemático teórico de los Países Bajos y también en convertirse en profesor de medicina y matemáticas en la Universidad de Lovaina. También ejerció como médico en Lovaina.

Gemma Frisius aplicó sus conocimientos matemáticos a la geografía, a la astronomía y a la elaboración de mapas. En Lovaina colaboró con el grabador y orfebre Gaspard Van der Heyden (también conocido como Gaspar à Myrica) en la construcción de mapas, globos e instrumentos astronómicos. Su primera publicación fue en 1529 cuando produjo una versión corregida de la *Cosmographia* de Apianus. El original había sido publicado en 1524 y la nueva versión de Gemma, en la que se podía leer en la página del título que estaba:

... cuidadosamente corregida y con todo el conjunto de errores determinados por Gemma Frisius...

Fue sin duda una impresión totalmente nueva del editor de Amberes, Roeland Bollaert. La edición de Gemma contenía muy pocos cambios al texto original, pero Gemma había hecho algunas alteraciones de algunos de los mapas, especialmente al de "América". Gemma mostró a "América" como dos continentes desconectados, llamando América todo lo que estaba al sur del ecuador mientras que lo que estaba al norte del ecuador lo dejó sin nombre.

Es razonable preguntar por qué Gemma Frisius produciría una nueva edición de *Cosmographia* cinco años después del original con relativamente pocos cambios. *Cosmographia* proporcionaba la introducción a un laico a temas tales como astronomía, geografía, cartografía, topografía, navegación e instrumentos matemáticos. La edición de 1524 publicada por Apianus en sí misma no era muy popular y Gemma Frisius había visto el potencial de convertirla en una obra más popular. Él también había visto el potencial de producción y venta en su taller de los instrumentos matemáticos que se describían en *Cosmographia* lo que entonces sería un destacado anuncio de sus mercancías. Esto de hecho era lo que él quería hacer.

El siguiente proyecto realizado por Gemma fue producir una combinación de globo terrestre con celestial. El globo fue grabado por el orfebre Gaspar Van der Heyden y para finales de 1530 se podía comprar el globoen los talleres de Lovaina. Gemma publicó el libro *De Principiis Astronomiae Cosmographicae* en el mismo año en el cual el completó el globo. En la dedicatoria de este trabajo calificó su globo terrestre y celestial (léase por ejemplo la referencia [7]):

... un globo geográfico con las estrellas más importantes de la octava esfera celeste.

El título completo en latín de este trabajo se traduce como *On the Principles of Astronomy and Cosmography, with Instruction for the Use of Globes, and Information on the World and on Islands and Other Places Recently Discovered* (Sobre los principios de Astronomía y Cosmografía, con instrucciones para el uso de los globos, e información sobre el mundo y sobre las islas y otros lugares descubiertos recientemente). Fue un trabajo de tres partes publicado en Amberes por Johannes Grapheus (el original de Gemma lo publicó Roeland Bollaert cuando hubo muerto). La primera parte describe en términos geográficos y astronómicos tales como latitud, longitud, meridiano, polos, eclipses, signos del zodiaco etcétera. La segunda parte describe cómo el globo podría ser utilizado mientras que la tercera parte describe vívidamente al lector los pueblos, plantas, etc., en lejanas tierras.

El capítulo 19 de esta obra describe, por primera vez, cómo se puede encontrar la longitud de un lugar usando un reloj para determinar la diferencia en tiempos locales y absolutos. Él refiere (leerreferencia [12]):

... es con la ayuda de estos relojes y de los siguientes métodos que la longitud se puede encontrar. ... observar exactamente el tiempo desde el lugar en donde estamos realizando nuestrajornada. ... Cuando hemos completado la jornada... esperar hasta que las manecillas de nuestro reloj marque exactamente una determinada hora, y al mismo momento por medio de un astrolabio... averiguar la hora enel lugar que nos encontramos. ... De esta manera podría ser capaz de encontrar la longitud de los lugares, aunque haya sido arrastrado por las olas miles de millas.

Consciente de las dificultades de conseguir la hora exacta, escribe:

... debe ser un reloj muy finamente hecho, que no varíe con el cambio de aire.

En una segunda edición de la obra tres años más tarde, agregó algunas notas acerca de encontrar la longitud en el mar, la primera vez que alguien había intentado la solución de este problema. Cabe destacar que aunque hubo muchos métodos para encontrar la longitud propuesto en los 250 años que siguieron al trabajo de Gemma Frisius, en última instancia fueron los métodos que él propuso los que sirvieron para dar solución a encontrar la longitud en el mar.

En 1533 Gemma publicó una edición ampliada de *Cosmographia* que se convirtió en un gran éxito comercial. Incluyó en esta obra *Libellus de locurum*, en el cual describió la teoría de la topografía trigonométrica y en particular contiene la primera propuesta para utilizar la triangulación como método de localizar lugarescon precisión. El Embajador de Polonia en Bruselas se dio cuenta de la excepcional labor realizada por Gemma Frisius y lo invitó a venir a reunirse con él en la Corte Imperial en Bruselas. Allí intentó persuadir a Gemma Frisius de ir a Polonia a colaborar con Copérnico. Era una propuesta interesante muy tentadora, pero después de algunas indecisiones, Gemma decidió rechazar la oferta y regresó a Lovaina.

En 1534 Gemma Frisius publicó *Tractatus de AnnuloAstronomicae* en el que describió un instrumento al que llamó *anillo astronómico*, diseñado por él, y que Van der Heyden había hecho en su taller. Gemma dice que el anillo astronómico era (léase por ejemplo la referencia [3]):

> *... no totalmente un descubrimiento mío. [Tengo] mejorado el anillo tanto que muestra simplemente las horas del día y las cuatro direcciones ahora lo que va a rivalizar con susinstrumentos matemáticos. [Muchas ideas de otros] están reunidas en este anillo único.*

Su trabajo en la aplicación de métodos trigonométricos a problemas astronómicos, lo llevó a notar correctamente que los cometas muestran un movimiento propio con respecto a las estrellas de fondo.

Desde 1534 Gemma Frisius comenzó a enseñar a su alumno Gerardus Mercator y durante los años siguientes él cooperó con Gaspard Van der Heyden y Gerardus Mercator. Construyeron un globo terrestre en 1536, y construyeron un globo celestial al año siguiente. Ambos globos habían sido protegidos por derechos de autor por Carlos V con cartas imperiales que Gemma y Van der Heyden hicieron valer desde1535 (leer referencia [7]):

> *... al publicar un globo o esfera de todo el mundo en el que estaban añadidas las recientes islas y tierras descubiertas, que era mejorado y enriquecido y más hermoso que su globo anteriormente presentado. [Sería] hacer las matemáticas más ilustres... mantener viva la memoria de los antiguos reinos y eventos y dar a conocer a las generaciones venideras nuestro tiempo y nuestro reino en el que... muchas islas y áreas desconocidas en siglos anteriores han sido descubiertas... [El globo celeste será] para el uso general de los aficionados.*

Un tercer asistente, cuyo trabajo era hacer el grabado, fue agregado al equipo, siendo éste nada más y nada menos que Gerardus Mercator. Cuando el globo terrestre apareció se informaba que su forma se debía a (léase por ejemplo la referencia [7]):

> *Gemma Frisius, médico y matemático,... a partir de varias observaciones realizadas por geógrafos.*

Después de completar el globo terrestre, los intereses de Gemma se volvieron hacia la medicina. Él se juntócon un estudiante de medicina, Andreas Vesalio, que vino desde París a Lovaina en el otoño de 1536, y juntos encontraron un cadáver humano en las afueras de Lovaina. La pareja, durante varias noches, en forma de contrabando, lo introdujeron en Lovaina y reconstruyeron el esqueleto. Después de algunas semanas durante el cual estuvo totalmente absorto en estos asuntos médicos, Gemma volvió a trabajar en su próximo globo. El globo celeste, el cual finalizó en 1537, fue hecho por (como puede leerse en la referencia [7]):

> *Gemma Frisius, médico y matemático, Gaspard Van der Heyden y Gerard Mercator de Rupelmonde.*

Después de esto, Gemma pasó a producir un mapa del mundo que se describe en la referencia [5] como "influyente" pero lamentablemente no han sobrevivido copias de este; leer referencia [5] para más detalles. En 1542 un ejército barrió a Lovaina y los estudiantes formaron una fuerza para la defensa. Gemma ayudó a los estudiantes, permaneció cuatro días en la muralla vigilando la aproximación de las fuerzas atacantes. Después de un asedio que duró tan sólo unos días, los estudiantes abrieron fuego desde las paredes de Lovaina y, sorprendentemente, el asedio fue levantado.

El trabajo de Gemma sobre instrumentos astronómicos fue descrito en varios de sus libros. Por ejemplo en *De Radio Astronomico* (1545) describía su trabajo construyendo un pentagrama cruzado de unos 1,5 metros de largo con una pieza en cruz de alrededor de 3/4 de un metro de longitud. Tenía las paletas de avistamiento de latón y una paleta deslizante. También inventó un nuevo astrolabio que él describió en *De Astrolabio* el cual fue publicado en 1556, después de su muerte.

John Dee llegó a Lovaina en 1548 y buscó a Gemma Frisius y Gerardus Mercator. Él volvió a Londres con instrumentos matemáticos desde Lovaina como preciadas posesiones. Estos fueron:

> *... el primer astronómetro personal en bronce ideado por Gemma Frisius; los dos grandes globos de Gerardus Mercator; y el anillo astronómico de latón así como lo que Gemma Frisius había recientemente ideado.*

Gemma Frisius hizo muchas observaciones astronómicas. En particular registró cometas en julio de 1533, en enero de 1538 y 30 de abril de 1539. Algunas de estas observaciones de cometas se describen en los trabajos de su hijo, Cornelius Gemma Frisius, que nació en el año 1533 y llegó a ser profesor de medicina y astronomía en Lovaina. Gemma Frisius murió de "cálculos" a la edad de cuarenta y siete años.

Referencias.-

1. G Kish, Biography in *Dictionary of Scientific Biography* (New York 1970-1990)

Libros:

2. N Crane, *Mercator : The Man who mapped the Planet* (London, 2002).
3. K Gesner, *Bibliotheca universalis, Zurich, 1545* (Karrow, 1993).
4. N D Haasbroek, *Gemma Frisius, Tycho Brahe and Snellius and their triangulations* (Delft, 1968).
5. R W Karrow, *Mapmakers of the Sixteenth Century and Their Maps* (Chicago, 1993).
6. G Kish, *Medicina, mensura, mathematica : The Life and Works of Gemma Frisius, 1508-1555* (Minneapolis, 1967).
7. *Production of Globes in the Low Countries* (Utrecht, 1993).

Artículos:

8. B R Goldstein, Remarks on Gemma Frisius's 'De radio astronomico et geometrico', in *From ancient omens to statistical mechanics* (Copenhagen, 1987), 167-180.
9. R Haardt, The globe of Gemma Frisius, *Imago mundi***9** (1952).
10. H D Howse, Navigation and astronomy - I: The first three thousand years, *Journal of the British Astronomical Association***92** (1982), 53-60.
11. G Kish, The life and works of Gemma Frisius, 1508-1555, *James Ford Bell Lecture***4** (University of Minnesota, 1967).
12. A Pogo, Gemma Frisius, his method of determining longitude, *Isis***22** (1935), i-xix, 469-485.
13. F van Ostroy, Biobibliographie de GemmaFrisius, *Mémoires de l'Académieroyale des sciences de Belgique***11** (Brussels, 1920).

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre "RegnierGemmaFrisius" (Agosto 2002).
FUENTE: MacTutor History of Mathematics. [http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Gemma_Frisius.html].

MODELO ENDOCRÍTICO

APROXIMACIONES TEÓRICO-METODOLÓGICOS DEL PENSAMIENTO MATEMÁTICO. (Parte III).
CAPÍTULO II. ESTUDIO REFERENCIAL.

Por: Dr. PEDRO ANGULO LANDAETA
(psjoseangulo@yahoo.com)

Tomado de:
Modelo Endocrítico. Aproximaciones teórico-metodológicos del pensamiento matemático. Capítulo II. Estudio referencial.Pp. 15-33. Tesis Doctoral. Universidad de Carabobo. Valencia, junio de 2012.

Índice:

Capítulo II: Estudio referencial.
Antecedentes.
Bases teóricas.
Referencias.

CAPÍTULO II.
ESTUDIO REFERENCIAL

Antecedentes

En este apartado se revisaron y analizaron referencias teóricas que permitieron documentar la interrogante de la investigación; en virtud de ello, se relataran en forma sucinta algunos registros epistemológicos o reflexiones que proveyeron insumos sensibles para indagar fenómenos relacionados con el proceso de aprendizaje de la Matemática escolar.

Las pistas indagatorias en este estudio de tesis se configuran alrededor de preocupaciones significativas que tiene el investigador con el propósito de ocupar su esfuerzo para interpretar y comprender la génesis del conocimiento lógico-matemático en el contexto educativo y sus circunstancias de cómo se producen y desarrollan. En este sentido, Hadamard (Citado por Tall, 1991) apunta que para comprender el pensamiento matemático es necesaria la conjugación de dos disciplinas: Psicología y Matemática. Tal vez, las razones de estas afirmaciones se deban a que el psicólogo intenta comprender las teorías sobre los procesos cognitivos y metacognitivos del aprendizaje; es decir, cómo se confinan las estructuras de conocimientos en el intelecto.

Mientras que, el matemático busca introspectivamente elementos consistentes dentro del proceso creativo que construya razonamientos deductivos del pensamiento, quizá con la esperanza de mejorar la calidad de la investigación matemática. Por otra parte, el ciclo creativo del pensamiento siempre ha despertado curiosidad en la enseñanza y aprendizaje de la Matemática, pero la forma de comunicarla en escenarios escolares siempre se ha adaptado a un esquema tradicional expositivo, presentándola como un conocimiento acabado y depurado de ejemplificaciones científicas, al respecto Skemp (1971), sostiene que:

> …los enfoques de las corrientes educativas para la enseñanza, tienden a ofrecer a los estudiantes el producto de la idea matemática más que el proceso del pensamiento matemático (pp. 1).

Ciertamente, comunicar y transmitir el saber matemático en escenarios escolarizados pudieran representar insumos indagatorios sobre las cuales se producen reflexiones para generar soportes teóricos. Particularmente, en materia de trabajos publicados se examinó a Ángel (2001), un estudio que se concentró en superar las dificultades cognitivas vinculadas al concepto de funciones en Matemática. La estrategia se fundamentó en el trabajo de aula caracterizada por: a) una experiencia integradora entre docentes para que las estrategias empleadas fueran más eficientes; y, b) la toma de conciencia del funcionamiento de la propia manera de aprender y comprender los recursos cognitivos y su utilización posterior. Estas premisas dieron lugar a un trabajo colaborativo del cuerpo docente que condujeron, a su vez, la revisión y ampliación del material utilizado, el ajuste de contenido y capacitación; induciendo como corolario, una notable disminución del porcentaje de los estudiantes que abandonan los cursos regulares y un mejoramiento significativo en el rendimiento.

Otro estudio interesante, es el de Azcórate (2003) cuya preocupación se centró en el bajo rendimiento y su relación con el índice de deserción y número de aplazados en la cátedra Análisis Matemático. El estudio alertó sobre la impasibilidad de los profesores ante el hecho de proceder de los estudiantes, de que unos pocos tienen éxito, mientras muchos parecen condenados al fracaso. Bajo este contexto, el trabajo indagatorio se enfiló hacia el Pensamiento Matemático Avanzado con el fin de profundizar en los asuntos epistemológicos de los conceptos involucrados y a razón de ello, construir estrategias que coadyuvaran a los procesos de aprendizajes de los estudiantes. Sus hallazgos ofrecieron ricas informaciones acerca de los procesos característicos del Pensamiento Matemático Avanzado, entre las cuales se mencionan: a) el constructo de esquema conceptual permitió elaborar prácticas educativas concretas que gradualmente se formalizaron; b) el proceso de formalización se logró proporcionando experiencias que permitieron la construcción de estructuras cognitivas que condujeron a los estudiantes a vincular esquemas mentales anteriores y nuevos conceptos; y, c) los procesos de abstracción y generalización funcionaron de forma espiral, complementándose según la dinámica interna y ritmo de aprendizaje de cada estudiante. También, el estudio sugirió la aplicación de una ingeniería didáctica para la enseñanza del Análisis que promovió el uso de los sistemas de representación visual-analítico y lo mostró como un recurso didáctico que potencializa la visualización de las estructuras mentales en los contenidos matemáticos que vincula los hechos prácticos del quehacer en Ingeniería.

Gascón (1998) publicó un discurso argumentativo sobre las importancias epistemológicas y los aportes acerca de la Teoría Antropológica de lo Didáctico, metáfora que interpreta el análisis de los fenómenos de las actividades matemáticas institucionalizadas como un modelo de concepción global que busca comprender los entramados sociales de las prácticas educativas. Sus posturas apuntan hacia los productos culturales alcanzados en el seno de una determinada institución; más aún, el objeto primario de investigación lo constituye la dimensión de interacción social y la reconstrucción del conocimiento matemático en un ambiente escolarizado.

Las reflexiones alcanzadas a partir de estos antecedentes sensibilizaron y orientaron al investigador para ocupar su atención en la construcción de elementos teóricos que permitieran a los estudiantes elevar la calidad de sus aprendizajes matemáticos y reflexionar sobre las acciones didácticas que pudieran favorecer a todo el entramado social donde acontece la función educativa.

Bases Teóricas

A medida que la sociedad ha ido evolucionando la Matemática experimenta cambios singulares, planteando nuevos desafíos tanto para la enseñanza como para el aprendizaje. Reflexionar sobre las relaciones de condición-situación de la praxis educativa y sobre los desafíos socio-culturales, implica interpretar y comprender la génesis de los fundamentos de la Matemática y las distintas disciplinas sociales que se interceptan para trazar constructos que han sido investigado, se están investigando y los que deberían ser investigados en Educación Matemática.

Por lo tanto, el investigador tiene la convicción que los elementos teórico-metodológicos son construcciones de tejidos intersubjetivos que las comunidades científicas las utilizan para configurar redes teóricas en desarrollo y, estas a su vez constituyen núcleos de programas de investigación; desde este marco de ideas, se hace necesario contextualizar el análisis del constructo filosófico Existencialismo abordado desde la perspectiva de Heidegger (1927) y el Pensamiento Matemático Avanzado (PMA) desarrollado por Tall (1991), con el propósito de entramar sustentos teóricas de fondo-forma en un modelo didáctico que complemente y oriente el trabajo escolar en el área de la Matemática.

- ***Existencialismo***

El Existencialismo es un movimiento filosófico que surge en el siglo XX a partir de la reacción ante las doctrinas tradicionales tales como el empirismo, racionalismo y las consecuencias de las guerras mundiales. Particularmente, la figura del filósofo alemán M. Heidegger (1889-1976), quien fue discípulo de Husserl (fundador de la fenomenología), influye considerablemente en sus postulados, entre las cuales podemos mencionar:

1. La existencia precede a la esencia.
2. Consecuencia de lo anterior es que es ser humano es libre y responsable de sus actos.
3. El hombre es considerado existiendo dentro del mundo, no puede concebirse fuera de él y de las circunstancias que lo rodean.
4. El hombre es por lo tanto proyecto, es "arrojado" al mundo y tiene la posibilidad de construir su propia esencia.

El Existencialismo se centra en la dimensión viviente del hombre y su relación con el mundo que lo rodea. El hombre siempre está en relación con el mundo y eyectado hacia sus posibles, por ello Heidegger (1927) ocupa el término "dasein", una expresión alemana que significa literalmente ***ser-ahí*** o ***ser-en***, para denotar al hombre, precisamente por lo que la palabra implica: aquel que es apelado por el ser y se encuentra en-el-mundo. Porque, el simple hecho de ser hombre es ser-en-el-mundo; por lo tanto, al estar envuelto al mundo (arroyado, eyectado) es ocupación contante, ya que el mundo en el que se encuentra lo requiere constantemente. Esto es algo inseparable: *lo uno con lo otro y lo otro con lo uno*.

El hombre no es realidad es posibilidad, porque son sus posibles lo que definen su existencia. Los entes se relacionan con el hombre por su dasein antes que nada, se nos presenta como útiles, son las cosas ***a la mano***, pues están relacionadas con nosotros, con el ***para qué*** nos ocupamos. Pero, también se nos puede presentar ***ante los ojos***, es decir, aquello que observamos y cuestionamos en cuanto objeto a sí mismo, como remisión ontológica de sentido. En consecuencia, los objetos y hechos serán entendidos desde el enfoque que los hombres tienen de ellos, tal como lo sostiene Nietzsche (1994): "no hay hechos, sólo interpretaciones de ellos, el hombre es toda interpretación (pp. 157)". No hay esencia antes de la existencia para el hombre y de las cosas se dice que son, pero no que existen, ya que la posibilidad de existir es sólo del hombre, pues ésta consiste en la construcción de su propia esencia.

Lo expuesto en las líneas precedente constituye un asunto de capital interés para el investigador, puesto que se desea atender los saberes matemáticos en contextos escolares y cómo estos son interpretados por los estudiantes en el marco de ***a la mano y ante los ojos*** dentro de sus contextos sociales. Hoy en día se hace necesario pensar y justificar la validez de la experiencia vivida en convivencia con lo demás, porque de que hay una dimensión más allá de lo cósico, más allá de lo sensible, la historia de filosofía ha dado testimonio de ello.

El problema de cómo integrar la experiencia de lo múltiple-factorial en lo único de un ser humano, lo empírico a lo a priori, la esencia del ente en lo espiritual ha manifestado particular compromiso indagatorio en este trabajo de tesis doctoral. Estar en el mundo no es solamente estar en él y relacionarse con sus entes, es igualmente relacionarse con otros hombres para darle sentido a su existencia en la obra de sus proyectos personales, es ***coexistir*** en toda la experiencia de la vida.

Por otra parte, la Existencia en Heidegger (1927) es estar-en-el-mundo con todas sus consecuencias: mundo circundante, cosas y otros hombres. Sin embargo, la existencia del hombre puede tomar dos caminos, el de la autenticidad y la inautenticidad. Una Existencia inauténtica es cuando el hombre se entrega al dominio del ***dasman***; es decir, el hombre consagra su existencia a lo que se dice desde afuera de él, no activa proyecto, su actitud es pasiva y en consecuencia vive un mundo anónimo de sentido propio. Es un ***uno*** oculto que tiene su morada en lo demás, cae en la irresponsabilidad de su existencia. El uno permite al hombre no hacerse cargo de sí mismo, ya que lo provee de costumbres, opiniones y construcciones preestablecidas de su ser.

Mientras que, la Existencia autentica es el enfrentamiento reflexivo de la finitud de la vida que no se disuelve en lo que se dice. Porque, el hombre asume con compromiso de responsabilidad la angustia de todas sus posibilidades, incluida la posibilidad radical, que es la muerte, y vive anticipándose a sí misma, es decir, proyectando quien quiere ser, y eligiendo libremente posibilidades para realizar el proyecto que quiere ser.

No obstante, se formula el por qué y el quién de su existenciario afrontando lo que "se hace", "se piensa" y "se dice". Más aún, dimensiona un estado de autorrealización sin el señorío de los otros, bajo el contexto de su existencia y en la libertad de elegir sus propias decisiones. Los proyectos auténticos son articulaciones ***posibles de sus posibilidades***; en otras palabras, no son sujetos sujetados al señorío de los otros por el contrario son sujetos creadores y constructores de su ser-en-el-mundo. Notas de interés, que posiblemente iluminen orientaciones hacia nuevos estilos de aprendizajes que consideren caminos de exploración para consolidar la independencia cognitiva en los escenarios escolares formales.

Otra orientación indagatoria en este trabajo doctoral presta cuidado a la actitud de vida de los estudiantes después de la interacción educativa de la Matemática escolar; es decir, comprender e interpretar minuciosamente los pormenores de los aprendizajes matemáticos no solo en los escenarios escolares sino la extensión de sus principios e influencias ante la experiencia de la vida. Entre la vertiente de su existencia, se pretende brindar "iluminación" a través de una propuesta teórica-didáctica de un camino de vida autentica que le permita un mejor desenvolvimiento social y cultural.

Pista del asunto lo proporciona el pensamiento heideggeriano en la ***trascendencia del habitar*** como un camino hacia la superación para el vivir de forma autentica. Heidegger (1927) declara que "…abandoné una posición anterior, no para cambiarla por otra, sino porque también la anterior era solo un alto en un caminar. Lo permanente en un pensamiento es un camino" (pp. 456). En este camino de pensar se dan una serie de constantes. Destacamos las siguientes: 1) la esencia es siempre vista desde la perspectiva del tiempo y la historia; 2) la pregunta de la esencia se efectúa en el hombre, lugar de compresión; 3) el modo de hacer la pregunta de la esencia es fenomenológica-hermenéutica.

A saber, Martín Heidegger es un pensador del ser. El ser es su palabra conductora. El asunto del pensar es una cuestión del ser. El acercamiento que efectuamos a su obra es para reflexionar de cómo los contenidos escolares matemáticos puedan redimensionarse a la luz de las relaciones humanas con el propósito de construir un habitar humanamente posible y en convivencia con un mundo tecnológicamente significativo. En este sentido, se asume a lo largo de investigación que el hombre es un ente abierto al ser, compresor del ser; también, se designa como apertura.

A juicio del autor, tiene un lado subjetivo y objetivo en la compresión del ser. Y, esa compresión tiene un "camino de pensar" que se divide en tres partes. Sentido-Verdad-Lugar son tres instancias en la formación de una palabra que denotan tres motivos. Cada uno de ellos marca un episodio de la trama existencial: sentido del ser, verdad del ser y lugar del acaecimiento del ser.

¿Qué quiere decir sentido del ser? Esto se comprende a partir del dominio del proyecto personal que despliega el sentido primario de todo comienzo. Es estar de pie antes de iniciar el caminar, es un nivel de cuestionamiento sobre las articulaciones de los proyectos de vida, es la apertura que abre al pensamiento para interpretar sus dimensiones sentido-constitutivas. Verdad del ser no es exactitud, es argumentación como compresión del ser. Esto presupone, desde luego, una comprensión de todo lo que acaece frente la dimensión humana del sujeto-mundo y, desde esa unidad existencial se confina sentido a toda interactividad que coexiste con él. Es orientación de interpretación para abordar el por qué y el para qué de las estructuras de conocimientos con la lupa de los juicios valorativos dialécticos.

Por otra parte, el lugar es colocación accidental y circunstancial del sujeto-mundo para transformar la ubicación física geográfica en situación espacial asociada a la temporalidad de los actos, en el verbo de Heidegger, es topología del ser, porque el ser-lugar define lo que acaece en el lugar. Finalmente, la intención suprema de esta postura es la prestación de un pensar finito para encontrar una actitud ontológica que podría interpretarse como "disposición a la trascendencia" frente a los fenómenos educativos de la Matemática escolar.

- ***Pensamiento Matemático Avanzado***

El Pensamiento Matemático Avanzado (PMA) es un constructo que surgió en una comunidad de matemáticos y educadores interesados por comprender la relación entre los aspectos epistemológicos de la Matemática y la función cognitiva de pensamiento por quien la aprende. El teórico David Tall de la Universidad Warwick, considera al PMA como objeto primario de estudio en los procesos de formalización asociados a los conceptos de la Estructura Matemática, particularmente en el período 1976-2006 que el grupo de Psicología en Educación Matemática (PME) dirigió un equipo de trabajo para indagar las incidencias del PMA en las prácticas educativas.

En principio, el PMA sostiene que el aprendizaje de la Matemática presupone de quien aprende, el dominio de una estructura cognitiva elemental basadas en experiencias intuitivas de orden geométrico y aritmético, con las cuales es posible formalizar bloques de conocimientos matemáticos cada vez más complejos y cuyo avance requiere utilización, transferencias y generación de proposiciones cada vez más complicadas con respectos a las iniciales. Además, a lo largo de este estudio se entenderá a la formalización matemática como un proceso cognitivo complejo que confina de forma progresiva y acumulativa información, asociando y conectando relaciones, proposiciones y propiedades de conceptos e imágenes en esquemas mentales estructurales.

El desarrollo y los alcances de las conjeturas del PMA tiene su soporte en la relación interdisciplinaria de la Psicología y Matemática sobre el contexto de una actitud crítica basada en tres mundo de Matemática (percepción, simbólico y axiomático) que busca interpretar los fenómenos del pensamiento a través del desarrollo cognitivo que empieza, una por la percepción cuya encarnación física es la *experiencia* y el uso de los sentidos, luego una segunda a través del uso-acción de símbolos matemáticos que operan como proceso y concepto en la Estructura Matemática, y un tercero a través de la reflexión de un proceso de encapsulación axiomático que une simultáneamente proceso y producto, para ser confinado en el intelecto.

Un asunto de importancia e inspiración en el autor es la posición del PMA sobre la disciplina Matemática, la cual la interpreta como una ciencia de actividad mental que descubre proposiciones consistentes a través de una actitud crítica, cuyo propósito es alcanzar grandes volúmenes de formalizaciones coherentes y cohesionadas en su estructura. Entonces, la Matemática se descubre, se transforma y avanza en su propio seno; al respecto Angulo (2008) apunta que:

> La Matemática ha sido y es un saber significativamente polivalente, en cuyas características tenemos: a) una ciencia formal consistente que se descubre en su propio seno; b) un arte que permite crear estructuras mentales profundas y bellas; y, c) una herramienta instrumental del pensamiento para explorar y transformar realidades simbólicas (pp. 21).

Ahora bien, ¿Qué sucede en Educación Matemática? Ciertamente, la Educación Matemática vincula al conocimiento matemático pero más allá de eso, considera al acto educativo y los fenómenos socioepistemológicos asociados a él, ***objetos primarios de estudio***. En este sentido, la heurística como proceso interno de producción es vital; sin embargo, se sospecha que el acto educativo en la Matemática escolar es un proceso de construcción compartido en el colectivo profesor-estudiantes para institucionalizar un pensamiento orientador que converge a estilos de aprender a aprender.

Muy distintivamente surge la siguiente interrogante: ¿Qué es el pensamiento? El pensamiento, desde la perspectiva existencialista, es entendido como conciencia que examina los sentidos de todo aquello que se atiende en la interactividad de un contexto singular; y, desde el PMA lo analiza como juicios valorativos que permite construir cadenas de proposiciones consistentes. De modo que, en este estudio se considerará al pensamiento como *actividad mental continua dialéctica de superación mediante el cual los sujetos cognoscentes que aprenden la Matemática escolar examinan los sentidos de consistencias absolutos en las proposiciones, acompañados con la interactividad del medio y los mecanismos de cognición.*

Es una experiencia interna e intrasubjetiva. Así pues, el pensamiento matemático, en término sencillo, es la construcción de sentidos en la significación del objeto matemático a través de procesos cognitivos y consensos sociales: **es construir el sentido de significado del objeto en la socialización del proceso sentido-verdad-lugar**. No obstante, tenemos a la Matemática como ciencia consistente que se *descubre* y al pensamiento matemático como producto de un proceso cognitivo que *construye* significación a partir de procesos heurísticos, estrechamente conectados a relaciones sociales compartidas. Un enfoque que, posiblemente apertura renovadas interpretaciones en el constructo Educación Matemática.

¿Qué es Pensamiento Matemático Avanzado? ¿Existe otro tipo de pensamiento matemático? ¿Cuánto pensamientos existen? El pensamiento es único y es una actividad humana, con él se razona y en él se desarrolló lo humano. En consecuencia, el pensamiento es una actividad mental continua que acompaña a los sujetos cognoscentes en su vivir, pero en la temporalidad de un suceso determinado podría enfocar un singular pensar, un modo particular de atender un pensar que caracteriza un estilo en la temporalidad, una continuidad que se alterada y da la sensación de un pensamiento en concreto, pero en el fondo es una ***etapa de transición en la trayectoria continua del pensar, es un andar que atiende sentido-verdad-lugar en la temporalidad de un contexto***.

Es una ilusión de sucesivos pensamientos en el pensar. Pues, el pensar es un camino que constantemente se redimensiona en la película de la vida. Lo mutable lo hace ser un movimiento variado, no es que se detiene solo modifica el ritmo en la atención: se acelera o retarda según la interactividad sujeto-mundo, pero *siempre en movimiento*.

Hace ya algún tiempo, destacados matemáticos, como Hadamard, Poincaré, Polya y Freudenthal, centraron su interés en el razonamiento matemático desde un punto de vista psicológico y lo hicieron mediante estudios de tipo introspectivo al analizar su propia actividad matemática. Particularmente, el matemático francés J. Hadamard (1865-1963), documento la obra titulada "La Psicología de la Invención en el Campo de las Matemáticas". En ella se exponen, mayormente, el empleo de las imágenes mentales como herramienta instrumental que condesa la idea global de una demostración o prueba y, la dificultad en torno a la naturaleza de la psicología del pensamiento matemático. Con relación al último aspecto, Hadamard (1947) sostiene:

> …ello implica la conjunción de dos disciplinas: psicología y matemática, lo que requiere para su adecuado abordaje, que el investigador sea ambas cosas a la vez: psicólogo y matemático. Debido a la escasez de esta capacidad conjunta de una misma persona, el tema ha sido investigado por matemáticos y por psicólogos de manera aislada… (pp. 1).

Probablemente, la pista del asunto gire en torno a dos perspectivas: la postura psicológica y la posición del matemático profesional. El psicólogo estaría interesado en la actividad mental de los sujetos y el cómo esos procesos influyen en los ciclos creativos; mientras que, el matemático daría cuenta sobre el estado consciente del proceso creativo que permitió encadenar combinaciones de razonamientos deductivos las cuales fueron transformados en implicacioneslógico-matemáticos que respondan a las causas y el porqué de su empleo.

Concretamente, el PMA postula que aprender Matemática es un proceso que tiene lugar en la mente de quien aprende y consiste en formalizar objetos según ciertas consideraciones cognitivas heredaras en la experiencia, vivida por el sujeto, las cuales marcan las maneras y formas de construir implicaciones lógicas, descubiertas en las proposiciones de la Matemática.

El PMA propone dos enfoques esenciales concretos para levantar la complejidad y el control en la investigación Matemática, ellos son: la aritmética y la geometría. Dos tendencias diferentes y adquiridas en el contexto de interacción social con respecto al ambiente donde los sujetos están imbuidos en su existencia; además, reportan unidades explosivas de imaginación que tienen lugar después de un proceso de incubación.

Ejemplos de estos contraste tiene lugar con los famosos matemáticos alemanes Weierstrass (1815-1897, padre del análisis moderno) y Reimann (1826-1866, geómetra y analista diferencial), quienes cada cual en lo suyo, manejaron sus ciclos creativos en correspondencia a formas y maneras de abordajes de investigación. Poincaré (Citado por Tall, 1991) afirmo que:

> Weierstrass dirige todas las cosas a las consideraciones de series y transformaciones analíticas; para expresarlo mejor, él reduce el análisis a un tipo de prolongación de aritmética; usted puede moverse a través de todos sus libros sin hallar figuras. Reimann, por el contrario, llama a la geometría para que lo ayude. Cada una de sus concepciones es una imagen que nadie puede olvidar por cuanto él ha captado su significado (pp. 2).

Es de hacer notar que, estas formas y maneras de abordaje en la investigación Matemática ya tenían una tradición en el análisis del pensamiento, para el filósofo alemán E. Kant (1724-1804) eran operadores mentales innatos (el número, espacio, tiempo, causalidad y objeto) que organizaban el diseño del pensamiento, sin ellos era imposible dar significados a los hechos de la experiencia. Más tarde el psicólogo y filósofo francés suizo J. Piaget (1896-1980) reveló que los operadores mentales no son innatos, son construidos por los sujetos en constante interacción con el ambiente en las cuales se desenvuelven.

Pues bien, se debe entender que las formas y maneras de abordajes concretos son visualizaciones cognitivas que orientan las percepciones intimas e instantáneas de la noción aritmética (número, contar y ordenar) y geométrica (espacio, plano y lo unidimensional) las cuales aparecen como una evidencia de verdad en los estudiantes; es decir, las visualizaciones cognitivas son intuiciones que operan subjetivamente para hacer un entramado de conceptos en las estructuras formales del pensamiento matemático.

Nuevamente se hace énfasis, la Matemática es una ciencia formalizada en estructuras consistentes que se descubre en su aspecto epistemológico pero se construye en la cognición de quien la estudia. Filosóficamente, se identifica con la corriente Formalista postulada por Hilbert (1862-1943) quien sostiene que la Matemática es un sistema formal axiomático consistente edificado por objetos ideales carente de significado, de estos se podrían discernir el sentido estructural de las proposiciones y teoremas que tuvieran significados a través de la teoría de la demostración o metamatemática.

Sin embargo, en la cognición representan modos de desarrollo constructivos en la experiencia corporeizada y sujeta a las actividades de percepción transformadas en formalizaciones cognitivas; de allí que, el sujeto está sujetado a la reflexión de sus apreciaciones sensoriales y al confinamiento de sus formalizaciones. Al respecto Tall (1991) afirma que:

> La estructura cognitiva total se construye sobre nuestras percepciones sensoriales y de imaginar las relaciones a través de experimento mental para convertirlo en conceptualización, que incluye todas las imágenes mentales: procesos, propiedades y eventos regulares (pp. 65).

Más aun, la consideración cognitiva alude al esfuerzo de encapsulación sobre procesos mentales que los sujetos en situación de aprendizaje deben reflexionar para asimilar y acomodar contenidos matemáticos en el intelecto. Mientras, más contenidos matemáticos se confinen más compleja se hace la estructura cognitiva de quien aprende, porque mayor será la operación de control mental en el volumen de información almacenada y, al mismo tiempo, probablemente, se incremente positivamente las posibilidades de encadenar implicaciones lógicas en los ciclos creativos de la investigación Matemática. En este crecimiento intelectual, Tall (2004) sostiene que:

> … existen dos secuencias de desarrollo cognitivo, distintas y simultáneas, que empieza, una por la percepción de los objetos y otra por la acción. (pp. 39)

En virtud de la afirmación anterior, la acción sobre los objetos matemáticos nos lleva a considerar un tipo de desarrollo cognitivo, relacionado con la dualidad proceso-objeto, al que Tall (1991) lo denominó precepto (**pro**ceso/con**cepto**). El término precepto es un constructo que engloba proceso y resultado mediante un esquema conceptual real de significado, *es formalización reflexionada en el rigor del discurso matemático*. En este sentido, Tall (1991) declara que hay tres diferentes maneras fundamentales de operaciones transitorias, la primera a través de una realización física y mental, incluida la acción y el uso de los sentidos visuales y otros, una segunda mediante la manipulación directa de las acciones vinculada con el uso de los símbolos matemáticos que operan como proceso y concepto (procepto), y la tercera que corresponde a la adecuación y acomodación de la Estructura Matemática confinada al intelecto después de haber sido deducida.

Estos tres escenarios son para Tall la interpretación del crecimiento cognitivo en "tres mundos matemáticos" las cuales un mismo contenido matemático se dimensiona de forma distinto en tres diferentes contextos, cada uno con diferente modo de desarrollo y formulación, cada uno con diferente tipo de orden de verdad matemática. Los tres mundos matemáticos están clasificados de la forma siguiente:

- **Incorporación conceptual**
- **Simbólico**
- **Axiomático**

Los mundos matemáticos ofrecen una clasificación útil para los diferentes espacios en que cada estudiante aborda su propio estilo de desarrollo cognitivo y la forma de cómo usar el lenguaje para su articulación. Juntos abarcan una amplia gama de actividad matemática, que reportan posiciones en el aprendizaje de la Matemática y la transición de la realización corporeizada al simbolismo de la prueba oficial (demostración consistente y no contradictoria).

***Incorporación conceptual*:** se refiere a la situación de la actividad escolar donde los estudiantes se vinculan de forma directa con la clase y sus objetos matemáticos; es el mundo de la experiencia corporal y la percepción física cuyo dispositivo comunicativo entre profesor y estudiante es mediado con el lenguaje de la relación y facilitado por todas la expresiones auxiliares del proceso. Al respecto Tall (2004) sostiene que:

> El primer mundo nace de nuestras percepciones del mundo y se arraiga en nuestro pensamiento acerca de las cosas que percibimos y sentimos, no sólo en el mundo físico, sino en nuestro propio mundo mental (pp. 3).

***Simbolismo*:** está referida a las acciones sobre los objetos en la experiencia escolar, básicamente, consiste en la manipulación de los símbolos matemáticos, es el acto de crear procedimientos en el juegos de los ensayos de implicaciones lógicas. Tall (2004) afirma que:

> Este mundo comienza con las acciones que encapsulan los conceptos mediante el uso de los símbolos las cuales permiten, fácilmente, cambiar los procesos de hacer Matemática a los conceptos que pensar (pp. 5).

Manipular símbolos se traduce en realizar operaciones, aplicar propiedades, deducir implicaciones, ensayar encadenamientos, discernir consecuencias de las proposiciones y realizar rutinas de cálculos a la luz de los ejercicios que gradualmente y de forma progresiva van aumentando el grado de dificultad. Su desempeño son acciones que, en el mejor de los casos, permiten dar sentido y orden a los procesos cognitivos que construyen significación simbólica de la realidad escolar tratada.

***Axiomática*:** es la conciencia o el darse cuenta del movimiento de las acciones y procesos que definen el objeto del concepto tratado en la manipulación del símbolo, con el fin de adaptarlo y acomodarlo en la Estructura Matemática de quien aprende. Son abstracciones reflexivas que implican transición significativa: que va desde la descripción hasta la definición, desde la convicción hasta la prueba formal, desde la muestra hasta la demostración.

De allí que, el efecto elástico de la abstracción y generalización se complemente mutuamente, porque cuando tiene lugar una generalización se activa el abstraer, no sólo como proceso de deducción, sino también como proceso de reconstrucción para adecuar y acomodar la dimensión del objeto matemático. Cada vez que se generaliza se abstrae y viceversa, todo ello implica reorganización mental, innovando y renovando la formalización de la Estructura Matemática. De este modo, Mason (1982) describe el proceso de formalización como un proceso de verificación, orientado en tres niveles: a) convencerse a uno mismo; b) convencer a un amigo; y, c) convencer a un enemigo.

Convencerse a uno mismo involucra a un proceso de revisión introspectivo de justificaciones llevadas a cabo en el ciclo creativo, las cuales sostiene las ideas personales de por qué las afirmaciones podrían ser verdadero y en ese marco su empleo; pero convencer a un amigo requiere que los argumentos sean organizados de una manera más coherente y armoniosa. Convencer a un enemigo demanda que, la afirmación del argumento sea más depurada y convincente para que pueda sostenerse ante elementos contrastables de juicios razonablemente discutibles.

Posiblemente, estas premisas permiten consolidar la formalización de un objeto matemático, basado en entidades de procesos abstractas que los estudiantes deben construir a través de las deducciones sujetas a las definiciones axiomáticas. En definitiva, la formalización es sinónimo de axiomatización y, resulta de proposiciones deductivas sensatamente demostrables tras una cadena correcta de implicaciones lógica-matemáticas; pero, también es el producto de una actividad cognitiva por medio la cual, los procesos de adecuación y acomodación buscan equilibrar la Estructura Matemática de quien aprende, es un pensamiento formal que se construye en el descubrir del espacio enigmático de la demostración.

¿Qué es una demostración? Para los Pitagóricos es el "asombro de la contemplación". Para Littlewood una demostración es una indicación, una sugerencia al cual se le debe buscar sentido proposicional, solo así logrará convencer a otros. Para René Thom un teorema está demostrado cuando los expertos no tienen nada que objetar.

Cabe destacar que, el PMA levanta su edificio de postulaciones a través de la metáfora Epistemología Genética de J. Piaget; en consecuencia, el PMA sostiene que cuando una estructura cognitiva recupera su equilibrio frente a una situación didáctica de problema, es porque los procesos mutuos de generalización y abstracción se han acoplado conceptualmente para definir una nueva organización mental que dará cuenta de realidades simbólicas vividas en seno de los esfuerzos cognitivos.

Las asociaciones y conexiones de los objetos formalizados mediante la actitud crítica de la prueba formal se espera que sean muy parecidas a las manejadas por los matemáticos profesionales; en virtud a ello, se busca mejorar la calidad de los procesos de aprendizajes en la Matemática escolar con la construcción de objetos de contenidos en contextos de acciones y procesos educativos a objeto de diseñar estructuras cognitivas complejas en los estudiantes, capaces de manejar grandes volúmenes de información y responder creativamente frente a la dinámica de los desafíos intelectuales.

REFERENCIAS

- ÁNGEL, M. (2001). **Estrategias para aprender Matemática**. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Matanza. Buenos Aries, Argentina.
- ANGULO, P. (2008). **Nivel de Satisfacción en los estudiantes de Ingeniería que emplean el Sistema de Gestión Tecnológica Lema (SGTL) para el aprendizaje de las Integrales Curvilíneas. Caso: Centro Local Carabobo.** Trabajo final de Especialización, UNA, Caracas.
- AZCÓRATE, C. (2003). **Sobre la investigación en didáctica del Análisis Matemático**. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- GASCÓN, J. (1998). **Evolución de la didáctica de las matemáticas como disciplina científica**. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. Vol 181, n° 52, pp 7-54.
- HEIDEGGER, M. (1927). **El ser y el tiempo**. Madrid: Fondo de Cultura Económico de España S.L. Undécima reimpresión en FACE-España 2001.
- NIETZSCHE, F. (1983). **Más allá del bien y del mal**. Barcelona, España: Ediciones Orbis, S.A. Traducido por Ándres Sánchez Pascual.
- NIETZSCHE, F. (1994). **Así hablaba Zaratustra**. Barcelona, España: Edicomunicación, S.A. Traducido por Carlos Palazon.
- SKEMP, K. (1971). **Realidades y tendencias en Matemática**. México: Editores Plaza y Valdés.
- TALL, D. (1991). **The psychology of advanced mathematical thinking (cap. 1)**. En TALL, D. O. (Ed). *Advanced mathematical thinking.* Dordrecht/Boston/ /London: Kluwer Academic Publisher. pp. 3-21.
- TALL, D. (1995). **Concept images and concept definition in Mathematics**. *EducationalStudies in Mathematics*, Vol 12, pp. 140-179.

Continuará en el próximo número…

RACIONALIDAD CONCEPTUAL EXISTENTE ENTRE LA GEOMETRÍA FRACTAL Y LA GEOMETRÍA HIPERBÓLICA. (Parte VII).

Línea de investigación: Epistemología de la Educación Matemática

Por: Dr. AHMAD OSMAN C.
(ahmadosman@gmail.com)

Tomado de:
Racionalidad conceptual existente entre la geometría fractal y la geometría hiperbólica. Capítulo VI. Clausura del contraste. Tesis de Maestría. Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Educación. Bárbula, Febrero 2014.

Índice:

Capítulo VI: Clausura del contraste.
Proceso de contraste final.
Referencias.

CAPÍTULO VI

CLAUSURA DEL CONTRASTE

Proceso de contraste final

Una vez realizado el proceso de análisis conceptual teórico y el proceso de categorización se establece, a manera de cierre, un argumento de contraste final dividido en tres partes. La primera parte, se establece un cierre con los resultados obtenidos con aquellos estudios similares que se presentaron en el marco teórico referencial con el fin de percibir los diferentes ángulos y ampliar visiones reducidas para poder expresar de una manera más contundente el significado de este estudio. En la segunda parte se genera un argumento que tiende un puente entre los enlaces generados en el análisis conceptual teórico y los enlaces generados mediante el análisis fenomenológico. Y por último se genera un argumento de cierre y de retorno, de lo planteado en la segunda parte, en función de las distintas corrientes epistemológicas de la matemática.

Contraste con estudios anteriores.

Más que un contraste para analizar discrepancias, es un contraste para vislumbrar elementos constructivos entre los estudios, ya que cada una de las investigaciones previas tiene su enfoque muy particular y por ende resultados en áreas conceptuales que se pueden considerar mapeos recíprocos.

Por ejemplo lo siguiente, en esta investigación se analizaron los enlaces conceptuales generados entre los conceptos fundamentales de dos enfoques geométricos, el enfoque hiperbólico y en enfoque fractal. Esta investigación adquiere un nivel más esencial y genético con respecto a la investigación de Gámez (2001) en donde a partir de las definiciones estructuradas, se abordan distintos problemas constructivos que se pueden presentar con el grupo de transformaciones del plano hiperbólico.

El estudio de Gámez (2001) permitió considerar un punto de vista centrado en el análisis del comportamiento de propiedades y consistencia de definiciones de una figura geométrica en particular desde los modelos no euclidianos. En este caso se está en presencia del intento más representativo que se ha realizado con el fin de observar la conservación de las propiedades y el comportamiento de las transformaciones de algunos objetos geométricos, dentro de un modelo distinto al euclidiano. Los resultados de la investigación de Gámez (2001) ofrece luces para esta investigación en el sentido de proporcionar vestigios de solapamiento conceptual entre modelos geométricos distintos al euclidiano.

De la misma manera Farrés (2004) sirve de referencia mapeada a la presente investigación, ya que se observa cómo se estudia el concepto geométrico de longitud utilizando definiciones de un modelo geométrico distinto al modelo clásico euclidiano.

Los dos trabajos citados anteriormente establecen una dualidad para cada enfoque de tipo definición -definición y concepto-definición respectivamente mientras que en la investigación que se desarrolla acá la dualidad es de tipo concepto-concepto.

Con respecto a la investigación de De Pablo (2006) el análisis enfocado en cómo el ser humano carece de un mundo de la experiencia innato, genera una serie sus estructuras racionales referentes a objetos sensibles. Al final emerge la conclusión de que la existencia de la estructura no euclidiana de los fenómenos viene dada de un modo comparativo, es decir, en relación con otra existencia dada según las leyes de la conexión de los fenómenos en una experiencia en general.

Este último trabajo enuncia por primera vez la existencia de una estructura conceptual supeditada a modelos geométricos no euclidianos. Mientras que en esta investigación se trata de mapear, extrapolar y buscar la esencia y la dinámica de estructuras conceptuales generadas a partir de una dialéctica trascendental entre los conceptos fundamentales de la geometría hiperbólica y los conceptos fundamentales de la geometría fractal.

Puente Fenómeno-Epistémico

Del análisis conceptual teórico se genera la posibilidad de una compatibilidad geométrica existente al modificar el quinto postulado hiperbólico de Lobachevski realizando injertos de curvas fractales generadas a partir del punto exterior desde donde se trazan rectas paralelas a otra, con el objetivo de generar un nuevo modelo geométrico que pretenda ir unificando de una manera estructural compleja la totalidad de la teoría geométrica.

A partir de lo propuesto anteriormente es muy probable que se generen enlaces conceptuales de una manera distinta a la analizada en el capítulo IV. Los enlaces conceptuales dejarán de ser aislados y pasarán a constituir un nuevo sistema geométrico unificado alrededor de nuevos conceptos fundamentales.

Es entonces cuando deberá existir una correspondencia biunívoca entre los enlaces conceptuales generados en el nuevo sistema geométrico con los enlaces conceptuales generados desde el individuo.

Dentro de este afán de vislumbrar una nueva racionalidad conceptual geométrica se observó la generación de un conjunto de enlaces estructurados de forma caótica reflejado en el discurso de cada uno de los individuos entrevistados. Se generaron dos clases de enlaces, la primera clase es referente a los solapamientos conceptuales que se generan alrededor de los términos en el discurso y la segunda clase refiere a conceptos que se manifiestan como supra conjuntos unificadores que desempeñan, en ocasiones, funciones de atractor.

Con respecto a la primera clase de enlaces se pudo determinar lo siguiente:

- Existe relación directa entre el concepto de dimensión fraccionaria correspondiente a la geometría fractal y el concepto de longitud perteneciente a la geometría hiperbólica.
- Existe relación directa entre el concepto de dimensión fraccionaria correspondiente a la geometría fractal y el concepto de axioma correspondiente a la geometría hiperbólica.
- Existe relación indirecta entre el concepto de dimensión fraccionaria correspondiente a la geometría fractal y los conceptos de espacio curvo y línea recta correspondientes a la geometría hiperbólica.
- Existe relación directa entre los conceptos de espacio curvo y línea correspondiente a la geometría hiperbólica y el concepto de divergencia correspondiente a la geometría fractal.
- Existe relación directa entre el concepto de espacio curvo correspondiente a la geometría hiperbólica y el concepto de infinito correspondiente a ambas geometrías.
- Existe relación directa entre el concepto de espacio curvo correspondiente a la geometría hiperbólica y los términos relativos a las curvas fractales.

Con respecto a la segunda clase de enlaces, se puede aproximar a partir de las entrevistas, que existen tres grandes conceptos que subyacen las redes conceptuales generadas en el individuo, estos son: Espacio, Tiempo y Transformación.

En los análisis realizados a las entrevistas se encontró la intención de relacionar los conceptos geométricos con ocupación espacial concreta y axiomática. De la misma manera se generan conceptos que manifiestan cierto grado de dinamismo, flexibilidad y maleabilidad, que se relacionan de manera directa con el tiempo y las transformaciones.

Por último, es bueno destacar que si bien la metodología nos refiere a una contrastación final, este proceso no fue para nada lineal. Es decir, durante toda la investigación se observa un proceso de constante contrastación entre las teorías de Kant, Mandelbrot, Lobachevski y Mussa, que permitieron dar luces y descubrir la estructura que se propone en el capítulo anterior.

El retorno a lo epistemológico

La dualidad entre la epistemología y la fenomenología observada en toda la investigación nos hace, necesariamente, retornar a las corrientes epistemológicas de la matemática.

El enfoque epistemológico que se asume en esta investigación es un enfoque basado en la diversidad, acorde con la complejidad de un sistema geométrico moderno. Por ello, existen enlaces conceptuales inmutables, con independencia del individuo; argumentos correspondientes a la corriente Platonista, afirmando que los enlaces conceptuales geométricos existen, que son abstractos, y que son independientes a toda actividad racional, es decir, que los objetos y teoremas geométricos existen en forma aislada del mundo material e independientemente del espacio y del tiempo.

Por otro lado, durante esta investigación se vislumbran enlaces conceptuales que surgen de definiciones y teoremas formales que responden a enunciados que pierden el carácter de verdad en sí mismos; dejan de ser proposiciones sobre objetos bien definidos generando una perspectiva que permite ver a los enlaces conceptuales, entre las dos geometrías, como relaciones que se establecen entre algunos símbolos.

Se manifiestan enlaces en donde la lógica, como disciplina, es anterior o más fundamental que la geometría, reduciendo algunos argumentos geométricos a proposiciones lógicas, pero que no terminan de definirse bajo la lógica aristotélica. Este es el caso del punto de enlace correspondiente a la *Dimensión. B*ajo la concepción logicísta de la geometría, este enlace conceptual estaría acoplándose mejor a la estructura de la lógica borrosa, privilegiando, y en algunos casos reduciéndose a sus lógicamente formulables. En esta investigación se evidencia como el concepto de dimensión tiende puentes que adoptan la postura del estudio de los lenguajes naturales de conceptos geométricos desarrollados en la lógica, relacionados con la extensión, la estabilidad de las categorías, el significado y la denotación, así como por la tendencia a reducir el estudio lingüístico a los aspectos lógicos, en detrimento de algunos enfoques formalistas e ideales.

El proceso que vislumbró la dimensión fractal se desarrolló mediante un proceso constructivista, así como también lo es la esencia de la modificación propuesta del quinto postulado con injertos de curvas fractales. Estos argumentos están en sintonía con el hecho de que los objetos geométricos tienen significado y existen en la medida en que se construyan mediante un número finito de pasos a partir de entes fundamentales; quedando así en evidencia la postura Constructivista-Intuicionista, proponiendo que el conocimiento geométrico se basa en la aprehensión que antecede cualquier lenguaje o lógica. La modificación del quinto postulado se fundamenta epistemológicamente en una intuición primordial como base del conocimiento geométrico, y a partir de este cimiento, el conocimiento matemático se comienza a construir nuevamente.

Referencias.-

- De Pablo, J. (2006). *La crítica de la razón pura como ontología a priori de la naturaleza.* Tesis de doctorado publicada. Universidad Complutense de Madrid.
- Farrés, G. (2004) *Integrals de curvatura i geometría integral a l'espaihiperbólic*. Tesis de doctorado publicada. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- Gámez D. (2001). *Construcciones en geometría hiperbólica y teselacionesmediantegrupos N.E.C. Poligonales. Algoritmos de automatización.* Tesis de Doctorado publicada. Universidad de Granada. Granada.

Continúa en el próximo número…

CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS PARA LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO MATEMÁTICO DE LÍMITE. (Parte IV).

Por: Msc. JAVIER BRIZUELA DÍAZ - javivi83@hotmail.com
FACE - UC

Tomado de:
Construcción de representaciones semióticas para la comprensión del concepto matemático de límite. (Parte IV). Capítulo III: Metodología. Pp. 63-75. Tesis de Maestría. Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencias de la Educación (FACE). Bárbula, Junio 2012.

Índice:

Capítulo III: Metodología.
Tipo y Diseño de Investigación.
Corpus.
Unidad de análisis.
Técnica e Instrumentos de Recolección de Información.
Validez y Fiabilidad de los instrumentos.
Técnica de Análisis de la Información.
Procedimiento del análisis de contenido cualitativo.
Referencias.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

Una vez determinado los fundamentos teóricos que sustentan esta investigación, a continuación se describe la metodología que se empleó para la consecución de los objetivos trazados y que conforman el tipo y diseño de la investigación, la identificación del corpus y de la unidad de análisis, la técnica e instrumentos de recolección de datos, la técnica de análisis y el procedimiento a seguir.

Tipo y Diseño de la investigación

Esta indagación sigue los mecanismos propios de una investigación de tipo documental cuyo objetivo comprende el análisis de diversos fenómenos de orden histórico y epistemológico sobre la realidad mediante el escudriñamiento sistemático y riguroso de documentación, utilizando para ello técnicas precisas que de una u otra manera aportaron información atinente al objeto de estudio que se deseó desarrollar. Arias (2006) la define como:

> El proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p. 27).

En este sentido se trabaja con la idea de que el éxito en Matemáticas se relaciona con la riqueza y la flexibilidad de las representaciones mentales de los conceptos matemáticos, en particular, la noción de límite considerada desde épocas remotas (Eudoxo, Kepler, Cavalieri, Barrow, Newton, Leibniz, Cauchy y Bolzano) y en la actualidad por investigadores como Cornu, Sierpinska, Blanquez, quienes han expuesto su complejidad, reconociendo el hecho de que los aspectos cognitivos implicados en su concepción no se pueden generar estrictamente a partir de definiciones formales. En realidad, comprender quiere decir tener un esquema conceptual de forma que se asocien ciertos significados a la palabra que designa el concepto: imágenes mentales, propiedades, procedimientos, experiencias, sensaciones. He aquí el objeto de realizar una investigación documental que permita comprender, analizar e interpretar la naturaleza del concepto de límite expuesto en los textos universitarios que son utilizados por los estudiantes que serán formados como docentes en matemática.

Al tener como fuentes libros, artículos y otros materiales para obtener información relevante sobre el objeto de estudio ya descrito, se puede establecer que se realizó una investigación de carácter teórica ya que se trata en palabras de Rojas (2002) “desarrollar o profundizar las implicaciones que tiene determinada teoría (…) con el fin de establecer proposiciones concretas que guíen las investigaciones directas o empíricas” (p.157), relacionadas con el concepto matemático de límite en el contexto universitario.

En el marco de la investigación que se hizo se define el diseño de investigación como la estrategia general sobre la cual se desarrolló la temática investigativa, así, el estudio se sustentó en un diseño bibliográfico que consistió en la revisión exhaustiva de fuentes impresas, audiovisuales y digitales, con la finalidad de seleccionar los de mayor utilidad para la construcción del concepto de límite, que permitieron analizar y profundizar las diversas representaciones semióticas inherentes a este concepto matemático. Este tipo de diseño para Palella y Martins (2006):

> Utiliza los procedimientos lógicos y mentales propios de toda investigación: análisis, síntesis, deducción, inducción, entre otros. Además, el investigador efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental. También realiza una recopilación adecuada de datos que le permiten redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, descubrir formas para elaborar instrumentos de investigación, elaborar hipótesis, entre otros. (...) con la finalidad de fundamentar la construcción de conocimientos. (p. 81)

Por otra parte, el estudio corresponde a una investigación cualitativa-descriptiva, por cuanto se busca en palabras de Hernández, Fernández y Baptista (2006), “especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice” (p.103). Así se tiene que se caracterizará las múltiples representaciones semióticas implícitas en el concepto de límite; por lo que se mostrará con precisión las dimensiones de este fenómeno. Además, existe el interés del investigador de comprender lo que han demostrado Azcárate y Camacho (2003) con respecto a que la presentación y la organización de la mayoría de los libros de texto parecen basarse en la presunción de que los conceptos se adquieren mediante su definición y de que los estudiantes utilizarán las definiciones en la realización de tareas o la resolución de problemas. Por otro lado, se intentará fundamentar la articulación de las distintas representaciones para la consecución de un pensamiento matemático riguroso, reflexivo y profundo sobre el concepto de límite que permita al sujeto cognoscente movilizarse de una representación a otra y, de esta manera, lograr apropiarse del concepto.

Corpus

El investigador deberá procesar datos provenientes de textos en función de los objetivos y según ciertos criterios de selección y sistematización. En este caso, el conjunto de fuentes impresas que constituyen el corpus de estudio o el conjunto de objetos seleccionados de los cuales hay que extraer la información, está conformado por los textos exigidos como material de consulta en el tercer semestre de la Mención Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación (Universidad de Carabobo).

Para la consecución de los objetivos propuestos en este estudio se seleccionó una muestra de los libros de texto cuyos datos están referidos a los contenidos de los capítulos que tratan sobre la temática de límite y elementos claves tales como el límite de una función en un punto, funciones continuas, definición épsilon delta $(\varepsilon - \delta)$ entre otros; considerados fundamentos epistemológicos propios de la matemática.

El criterio para la selección de los libros de texto se sustenta en la de los autores más "recomendados" por los docentes de la cátedra de Cálculo de la Facultad. También se ha procurado que los autores elegidos reflejaran la evolución del tratamiento del concepto de límite. El proceso de selección de textos produjo un listado de diez (10) textos que finalmente fueron analizados y que se presentan en el cuadro N° 2.

Cuadro Nº 2: Textos Seleccionados para conformar el corpus de estudio.

	TEXTOS	AUTOR	EDITORIAL	AÑO
Texto$_1$(T_1)	**Calculus:** Cálculo con funciones de una variable, con una introducción al álgebra lineal.	Tom M. Apóstol	Reverté SA segunda Edición	1967
Texto$_2$(T_2)	Análisis Matemático.	Rey Pastor, Pi Calleja y Trejo.	kapelusz SA Octava Edición	1969
Texto$_3$(T_3)	Cálculo con Geometría Analítica.	Earl. W. Swokowski	Iberoamericana. Segunda Edición	1989
Texto$_4$(T_4)	Introduccion al Calculo.	Jesus Sarmento, Enrique Rivas	Alfa impresores c.a	1997
Texto$_5$(T_5)	El Cálculo.	Louis Leithold.	Séptima edición 1998.	1998
Texto$_6$(T_6)	5.000 Problemas de Análisis Matemático.	Demidovich	MIR- Moscu. Octava Edición.	2001
Texto$_7$(T_7)	Cálculo diferencial con funciones trascendentes para ciencias e ingeniería.	Jorge Saenz.	Hipotenusa. Segunda Edición	2005
Texto$_8$(T_8)	**Cálculo de una variable:** Trascendentes Tempranas.	James Stewart	Mc Graw Hill. Cuarta Edición	2005
Texto$_9$(T_9)	Cálculo y Geometría Analítica.	Roland E. Larson; Robert P. Hostetler.	Mc Graw Hill. Sexta Edición.	2006
Texto$_{10}$(T_{10})	Cálculo.	Purcell Varberg Rigdon.	Pearson Prentice Hall. Novena Edición	2007

Fuente: Elaboración del autor (2012).

Unidad de análisis

La unidad de registro o de análisis, definida por Hostil (citado en Abela, s/f) "como el segmento específico de contenido que se caracteriza al situarlo en una categoría dada" (p.13). Por las características de esta investigación, las unidades del texto pueden ser palabras, temas (frases, conjunto de palabras), caracteres (personas o personajes), párrafos, conceptos (ideas o conjunto de ideas), símbolos semánticos (metáforas, figuras literarias), entre otros. En este particular, la unidad de análisis se corresponde con los Sistemas de Representación ya que en los textos seleccionados los conceptos son presentados de seis (6) modos: verbal, simbólico, gráfico, tabular, numérico y algebraico.

Técnica e Instrumentos de Recolección de información.

Según Arias (2006), las técnicas de recolección de datos "son las distintas formas o maneras de obtener la información" (p. 111). Entre los ejemplos de técnicas se tienen la encuesta, la entrevista, la observación directa, la observación estructurada, entre otras. Esta última es la que se aplicará, sustentada en el hecho de que se utilizará una estructura lógica cónsona con los objetivos planteados y con las características emergentes de la naturaleza del límite, en la que se especificará los elementos que serán observados.

En lo que respecta a los instrumentos de recolección de datos, definidos por Arias (2006) como "cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información" (p.69); Para ello se realizará fichas con los datos fundamentales del libro en el que se especificará los aspectos siguientes: Título, autor/es, editorial, año de edición; seguidamente se detallará los contenidos previos a la introducción del concepto de límite que establece cada libro de texto, así como también, el capítulo dedicado al concepto de límite, conformado en cuatro (4) renglones: a) Introducción del concepto en el ámbito funcional; b) Tipo de definición (Topológica, métrica, geométrica o por sucesiones); c) Secuenciación (listado de las definiciones y propiedades relacionadas con el límite, según su orden de aparición); d) Tipo de ejercicios y problemas.

De igual manera, se emplearán tres cuadros de datos en las que se especifican, en la primera, lo referido al Registro de representaciones semióticas del concepto de Límite en los textos de Cálculo. La segunda, implica las distintas Representaciones Semióticas del Concepto de Límite; y la tercera, se corresponde con el Análisis de los procesos de transformación.

Unidad de análisis

La unidad de registro o de análisis, definida por Hostil (citado en Abela, s/f) "como el segmento específico de contenido que se caracteriza al situarlo en una categoría dada" (p.13). Por las características de esta investigación, las unidades del texto pueden ser palabras, temas (frases, conjunto de palabras), caracteres (personas o personajes), párrafos, conceptos (ideas o conjunto de ideas), símbolos semánticos (metáforas, figuras literarias), entre otros. En este particular, la unidad de análisis se corresponde con los Sistemas de Representación ya que en los textos seleccionados los conceptos son presentados de seis (6) modos: verbal, simbólico, gráfico, tabular, numérico y algebraico.

Técnica e Instrumentos de Recolección de información.

Según Arias (2006), las técnicas de recolección de datos "son las distintas formas o maneras de obtener la información" (p. 111). Entre los ejemplos de técnicas se tienen la encuesta, la entrevista, la observación directa, la observación estructurada, entre otras. Esta última es la que se aplicará, sustentada en el hecho de que se utilizará una estructura lógica cónsona con los objetivos planteados y con las características emergentes de la naturaleza del límite, en la que se especificará los elementos que serán observados.

En lo que respecta a los instrumentos de recolección de datos, definidos por Arias (2006) como "cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información" (p.69); Para ello se realizará fichas con los datos fundamentales del libro en el que se especificará los aspectos siguientes: Título, autor/es, editorial, año de edición; seguidamente se detallará los contenidos previos a la introducción del concepto de límite que establece cada libro de texto, así como también, el capítulo dedicado al concepto de límite, conformado en cuatro (4) renglones: a) Introducción del concepto en el ámbito funcional; b) Tipo de definición (Topológica, métrica, geométrica o por sucesiones); c) Secuenciación (listado de las definiciones y propiedades relacionadas con el límite, según su orden de aparición); d) Tipo de ejercicios y problemas.

De igual manera, se emplearán tres cuadros de datos en las que se especifican, en la primera, lo referido al Registro de representaciones semióticas del concepto de Límite en lo textos de Cálculo. La segunda, implica las distintas Representaciones Semióticas del Concepto de Límite; y la tercera, se corresponde con el Análisis de los procesos de transformación.

Cuadro Nº 3 Registro de Representaciones Semióticas del concepto de Límite en los textos del corpus.

REGISTROS / TEXTOS	Verbal	Simbólico	Gráfico	Tabular	Numérico	Algebraico
T^1						
T^2						

Adaptación de Ascheri y Rechimont (2003)

Con este instrumento se podrá determinar cuáles de los registros de representación presentes en la solución de los problemas propuestos, son más utilizados. También se analiza si se opera con más de un registro y en tal caso de qué manera relacionan los diferentes registros.

Cuadro Nº 4: Representaciones Semióticas del Concepto de Límite

REGISTRO SEMIOTICO	REPRESENTACION SEMIOTICA	
VERBAL (r^1)	R_1^1	
	R_2^1	
	R_3^1	
SIMBÓLICO (r^2)	R_1^2	
	R_2^2	
	R_3^2	
GRÁFICO (r^3)	R_1^3	
	R_2^3	
	R_3^3	
TABULAR (r^4)	R_1^4	
	R_2^4	
	R_3^4	
NUMÉRICO (r^5)	R_1^5	
	R_2^5	
	R_3^5	
ALGEBRAICO (r^6)	R_1^6	
	R_2^6	
	R_3^6	

Fuente: Adaptado por el autor con aporte de Duval (1993)

En esta matriz se pretende registrar las diferentes representaciones semióticas que emplea cada libro de texto para expresar el concepto matemático de límite; las cuales se codifican bajo la estructura expuesta por D'Amore (1999) fundamentado en la Teoría de Duval, de la manera siguiente:

Análisis semiótico:

$r^n =_{\text{df}}$ registros semióticos ($n = 1,2,3...$); donde df: diferentes

$R^n{}_i(límite) =$ Representación semiótica n-enésima $\left(i^{df} = 1,2,3...\right)$ del límite en el registro semiótico r^n .

Cuadro Nº 5: Análisis de los procesos de transformación

REPRESENTACION SEMIÓTICA	PROCESO DE TRANSFORMACIÓN	REPRESENTACION SEMIÓTICA

Fuente: Adaptado por el autor con aporte de Duval (1993)

Una vez codificado los registros semióticos expuestos con antelación, se analizarán a través de esta matriz los procesos de transformación (tratamiento y conversión) utilizados en los libros de texto para el paso de una representación semiótica a otra involucrados en el concepto de límite.

Luego, se elaboró un cuadro esquemático en el que se muestra en resumen el tipo de transformación (Tratamiento, Conversión) explicitado en el corpus de estudio.

Cuadro N° 6: Tipos de transformación (Tratamiento, Conversión) expuestos en los textos objeto de estudio.

	TRANSFORMACIÓN	
TEXTOS	**TRATAMIENTO**	**CONVERSIÓN**
(T_1)		
(T_2)		

Fuente: Adaptado por el autor con aporte de Duval (1993)

Recabada la información en referencia a los tipos de transformación, se procedió a la elaboración de dos (2) cuadros de distribución de frecuencia cada uno con su respectivo gráfico de barra, con el objeto de indicar el uso de las actividades de Tratamiento y Conversión establecidos en el corpus de estudio.

Cuadro N° 7: Transformación de Tratamiento expuestos en los textos objeto de estudio.

Transformación de Tratamiento	Cantidad	%
Verbal		
Simbólico		
Gráfico		
Tabular		
Numérico		
Algebraico		
Total		

Fuente: Adaptado por el autor con aporte de Duval (1993)

Cuadro N° 8: Transformación de Conversión expuestos en los textos objeto de estudio.

Transformación de Conversión	Cantidad	%
Total		

Fuente: Adaptado por el autor con aporte de Duval (1993)

Validez y Fiabilidad de los instrumentos

La validez del instrumento es definida según Hernández y Otros (2006), "grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir" (p. 235). Para determinar la validez del instrumento de esta investigación, se utilizó la técnica de juicio de expertos, este método consiste, según Ruiz (2002), "en que ciertos especialistas en el área de la investigación que se proponen, examinan el instrumento y verifican si los ítems son los más adecuados para medir lo que se pretende" (p. 34).

De acuerdo a esto, se consultó la opinión de tres (3) expertos, dos (2) con experiencia en el ámbito de la Educación Matemática y uno (1) en el área de la Metodología de la Investigación, éstos consideraron que los instrumentos poseen congruencia con las teorías abordadas en este estudio son suficientemente claras y pueden valorarse con ellos la información que se pretende.

En cuanto la fiabilidad, esta viene dada en concordancia con la interpretación de los evaluadores del fenómeno de estudio. Martínez (2000) explica que en las ciencias humanas difícilmente se pueden reproducir las condiciones exactas en que un comportamiento y su evaluación se llevan a cabo, es decir, que debido a la dinámica de los seres humanos su comportamiento no se puede repetir de manera idéntica, lo que se impone es adaptar los métodos y técnicas. Guiados por las recomendaciones de Goetz y Le Compte (1988) dirigidas al grado de participación e identificación que pudiera lograr el investigador con el objeto de estudio y en función de la precisión de las técnicas de recolección y análisis, así como la descripción concreta y precisa de las teorías trabajadas, permitieron establecer un nivel de fiabilidad que orientó la coherencia entre la observación, el análisis y la interpretación.

Técnica de Análisis de la Información

Para los fines de este estudio se utilizó la técnica de Análisis de contenido que para Bardin (1986) consiste en "el conjunto de técnicas de análisis de las comunicaciones tendentes a obtener indicadores (cuantitativos o no) por procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido" (p. 32), en este caso, de los libros de textos; Para ello el investigador dispondrá de operaciones analíticas, adaptadas a la naturaleza del material, pudiendo utilizar una o varias que sean complementarias entre sí para enriquecer los resultados o pretender así una interpretación fundamentada científicamente.

En virtud de los objetivos propuestos, se operó con la técnica de análisis de contenido cualitativo que consiste en un conjunto de técnicas sistemáticas interpretativas del sentido de los textos que parte de la lectura como medio de producción de datos, Abela (s/f) por su parte hace referencia que "El análisis de contenido cualitativo no sólo se ha de circunscribir a la interpretación del contenido manifiesto del material analizado sino que debe profundizar en su contenido latente y en el contexto donde se desarrolla el mensaje" (p.103)

Procedimientos del análisis de contenido cualitativo

El componente del análisis de contenido cualitativo para la interpretación de los textos tuvo como orientación la aplicación de categorías deductivas, aquí el investigador recurre a una teoría e intenta aplicar sus elementos centrales como dimensiones, variables, categorías. En este sentido, la categorización siguió los patrones propuestos por Duval (1993), mediante la elección de unidades de registro para la enumeración y clasificación de categorías se estableció el siguiente sistema de codificación/categorización en el análisis de contenido:

Categoría de análisis

Registro verbal: Cuando el lenguaje común es el que se utiliza para representar situaciones del mundo real.

Registro simbólico: Cuando se da la definición de un concepto mediante expresiones simbólicas sustentadas por las reglas de la lógica formal.

Registro algebraico: Cuando se llega a la expresión final por medio de operaciones algebraicas.

Registro tabular: Cuando los valores numéricos se organizan en una tabla de valores.

Registro numérico: Cuando se realizan todas las evaluaciones que conducen y que están involucradas en el método de cálculo.

Registro gráfico: Corresponde a la representación en el plano cartesiano, incluyendo los convenios implícitos en la lectura de gráficos (interpretación de ejes coordenados, de unidades, de corte o cruce de la gráfica con respecto al eje x, entre otros).

REFERENCIAS:

- Abela, J.A. (s/f). **Las técnicas de análisis de contenido: una versión actualizada.** (Documento en línea). Disponible en: public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/s200103.pdf. (Consultado: 2011, Mayo 03).
- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación** (Introducción a la metodología científica)**.** Caracas. Episteme. 5ta edición.
- Ascheri y Rechimont (2003). **Análisis de los registros de representación semiótica.** Chile.
- Azcarate, G. y Camacho, M. (2003). **Sobre la investigación en didáctica del análisis matemático.** (Boletín de la Asociación Matemática Venezolana) Vol. X.
- Bardin, L. (1986). **El análisis de contenido**. Madrid: Akal
- D'Amore, B. (1999). **La didáctica de la matemática como epistemología del aprendizaje matemático**. Bolonia.
- DuvaL, R. (1993). **Sémiosis et Noésis**. Conference A.P.M.E.P, I.R.E.M., Trad. en Lecturas en didáctica de las matemáticas: Escuela Francesa, Departamento de Matemática Educativa. CINVESTAV del IP.
- Goetz, J.P. y Le Compte, M.D. (1988). **Etnografia y diseño cualitativo en investigación educativa**. Madrid: Morata
- Hernández, S. Fernández, C. y Baptista, P. (2006) **Metodología de la Investigación**. 4ª ed. México:Mc Graw Hill.
- Martínez, M. (2000). **La Investigación Cualitativa Etnográfica en Educación**. Manual teórico – práctico. México: Trillas.
- Palella y Martins. (2006). **Metodología de la investigación cuantitativa.** Caracas. Fondo Editorial Pedagógica Libertador (FEDEUPEL). Segunda edición.
- Ruiz, C (2002). **Instrumentos de Investigación Educativa**. (1ª ed.). Barquisimeto: CIDES.

Continúa en el próximo número…

SOBRE TEORÍA DE NÚMEROS.

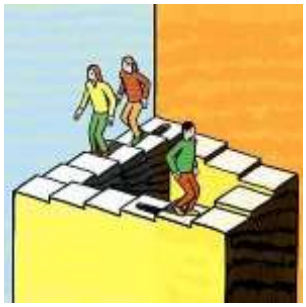
Titanes de las matemáticas en pie de guerra por una prueba monumental de la conjetura *abc*.

Dos matemáticos han encontrado lo que ellos llaman un agujero en el meollo de una prueba que lleva convulsionando el mundo de las matemáticas desde hace casi una década.

Versión del artículo original de ERICA KLARREICH (FUENTE: Revista *Quanta Magazine*)

TOMADO DEL BLOG: Investigación y Ciencia

Este Artículo fue traducido y adaptado por Investigación y Ciencia (publicación independiente promovida por la Fundación Simons para potenciar la comprensión de la ciencia) con permiso de QuantaMagazine.org.



SHINICHI MOCHIZUKI MANTIENE QUE SU PRUEBA, POR MUCHO QUE JAKOB STIX Y PETER SCHOLZE DIGAN QUE HAN DESCUBIERTO «UN IMPORTANTE E IRREPARABLE RESQUICIO», NO ES DEFECTUOSA. STIX COMPARA UN PASO FUNDAMENTAL DE LA PRUEBA, DEL QUE CREE, CON SCHOLZE, QUE ES DEFECTUOSO, CON LA FAMOSA ESCALERA DE ESCHER. IMAGEN PROPORCIONADA POR KLAUS KREMMERZ PARA LA REVISTA QUANTA MAGAZINE.

En un texto publicado en la Red, Peter Scholze, de la Universidad de Bonn, y Jakob Stix, de la Universidad Goethe de Frankfurt, describen lo que Stix llama «un importante e irreparable resquicio» en una gigantesca serie de artículos de Shinichi Mochizuki, matemático de la Universidad de Tokio célebre por su brillantez. Los artículos de Mochizuki, colgados en la Red en 2012, demuestran supuestamente la conjetura *abc*, uno de los problemas de mayor alcance de la teoría de números.

Pese a los numerosos congresos dedicados a explicar la prueba de Mochizuki, los teóricos de números se las ven y se las desean para captar las ideas en que se basa. Su serie de artículos, que suman más de 500 páginas, está escrita en un estilo impenetrable; se refieren además a otras 500 páginas o así de trabajos anteriores del propio Mochizuki, con lo que se crea lo que un matemático, Brian Conrad, de la Universidad Stanford, llama «una sensación de regresión infinita».

Entre 12 y 18 matemáticos que han estudiado la prueba en profundidad creen que es correcta, escribió en un mensaje de correo electrónico Ivan Fesenko, de la Universidad de Nottingham. Pero solo los matemáticos en la «órbita» de Mochizuki han avalado expresamente que la prueba es correcta, comentaba Conrad en un blog. «No hay nadie más que haya querido decir, ni siquiera *off the record*, que está seguro de que la prueba está completa».

No obstante, escribía Frank Calegari, de la Universidad de Chicago, en un blog, «los matemáticos son muy reacios a decir que hay un problema con la prueba de Mochizuki porque no pueden señalar un error definitivo».

Eso ha cambiado ahora. En su texto, Scholze y Stix argumentan que un razonamiento cerca del final de la prueba del «corolorario 3.12» del tercero de los cuatro artículos de Mochizuki está equivocado de raíz. El corolario es esencial para la prueba que propone Mochizuki de la *abc*.

«Creo que la conjetura sigue abierta», dice Scholze. «Cualquiera tiene la oportunidad de demostrarla».

Las conclusiones de Scholze y Stix se basan no solo en su propio estudio de los artículos, sino también en la visita de una semana de duración que hicieron en Kioto a Mochizuki y su compañero Yuichiro Hoshi. Esta visita ayudó muchísimo, dijo Scholze, a destilar sus objeciones y las de Stix hasta su esencia. La pareja «llegó a la conclusión de que no hay prueba», escriben en su texto.

Pero el encuentro acabó de una manera extrañamente insatisfactoria: Mochizuki no pudo convencer a Scholze y a Stix de que su argumento era bueno, pero ellos no pudieron convencerle a él de que no lo es. Mochizuki ha subido ahora a su sitio en la Red el texto de Scholze y Stix junto con varios textos suyos como refutación. (Mochizuki y Hoshi no respondieron a las peticiones de que ofreciesen sus comentarios para este artículo).

En su refutación, Mochizuki atribuye la crítica de Scholze y Stix a «ciertos malentendidos fundamentales» acerca de su trabajo. De su «postura negativa», escribió, «no se sigue la existencia de error alguno» en su teoría.

Así como la gran reputación de Mochizuki hizo que los matemáticos considerasen su trabajo un intento serio de demostrar la conjetura *abc*, la talla de Scholze y Stix garantiza que los matemáticos prestarán atención a lo que dicen. Aunque solo tiene 30 años, Scholze ha ascendido rápidamente hasta la cima de su campo, desde que se le concedió la medalla Fields, el mayor honor para los matemáticos. Stix, por su parte, es un experto en el área de investigación de Mochizuki, la llamada geometría anabeliana.

«Peter y Jakob son unos matemáticos sumamente meticulosos y reflexivos», dijo Conrad. «Si algo les preocupa […] merece sin duda que se aclare».

El punto en litigio

La conjetura *abc*, a la que Conrad llama «una de las conjeturas más sobresalientes de la teoría de números», empieza con una de las ecuaciones más simples que quepa imaginar: $a+b=c$. Se supone que los tres números a, b y c, son enteros positivos y que no comparten factores primos en común; así, por ejemplo, valen las ecuaciones 8+9=17 ó 5+16=21, pero no 6+9=15, pues 6, 9 y 15 son divisibles por 3.

Dada una ecuación así, podemos fijarnos en todos los primos que dividen a uno de los tres números; por ejemplo, para la ecuación 5+16=21 los primos son 5, 2, 3 y 7. Multiplicándolos sale 210, un número mucho mayor que cualquiera de los números de la ecuación original. Por el contrario, para la ecuación 5+27=32, cuyos primos son 5, 3 y 2, el producto de estos es 30, menor que el 32 de la ecuación original. El producto sale tan pequeño porque 27 y 32 solo tienen factores primos pequeños (3 y 2, respectivamente), que se repiten muchas veces para hacer el 27 y el 32.

Al fin y al cabo, creía, quizá otros matemáticos encontrarían ideas significativas en el artículo que a él se le habían escapado. O, quizá, llegarían al final a la misma conclusión que él. De una forma o de la otra, la comunidad matemática iba sin duda a poner en claro las cosas.

La escalera de Escher

Mientras, otros matemáticos se esforzaban con los densos artículos. Muchos pusieron grandes esperanzas en una reunión dedicada al trabajo de Mochizuki que se celebró en la Universidad de Oxford a finales de 2015. Pero cuando varios de los asociados estrechamente a Mochizuki intentaron describir las ideas clave de la demostración, una «nube de niebla» pareció descender sobre quienes les escuchaban, escribió Conrad en su reseña poco después de la reunión. «Los que entienden el trabajo necesitan tener más éxito en comunicar a los geómetras aritméticos qué es lo que lo hace funcionar», escribió.

A los días de que saliese la nota de Conrad, este recibió mensajes no solicitados de correo electrónico de tres matemáticos (uno de ellos Scholze), todos con la misma historia: «A cada una de esas personas, la prueba que les había dejado parados era la de 3.12», escribiría más tarde Conrad.

Kim escuchó preocupaciones parecidas sobre el corolario 3.12 de otro matemático, Teruhisa Koshikawa, hoy en la Universidad de Kioto. Y Stix, también, se quedó perplejo con el mismo pasaje. Gradualmente, varios teóricos de números cayeron en la cuenta de que este corolario era un punto peliagudo, pero no estaba claro si el argumento tenía un agujero o si Mochizuki necesitaba simplemente explicar su razonamiento mejor.

Entonces, a finales de 2017 corrió el rumor, para consternación de muchos teóricos de números, de que los artículos de Mochizuki habían sido aceptados para su publicación. El propio Mochizuki era el director de la revista en cuestión, *Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences* (PRIMS), una manera de proceder de la que Calegari dijo que daba «muy mala imagen» (aunque los directores suelen recusarse a sí mismos en situaciones así). Pero mucho más preocupante para muchos teóricos de números era el que los artículos siguiesen siendo, por lo que a ellos se refería, ilegibles.

«Ningún experto de los que dicen que entienden los argumentos ha logrado explicárselos a cualquiera de los (muchos, muchos) que siguen confundidos» escribió Matthew Emerton, de la Universidad de Chicago, en un comentario a una entrada de blog.

Calegari se lamentaba en la entrada de blog citada antes de que la situación era «un completo desastre», lo que fue recibido con un coro de amenes de destacados teóricos de números. «Ahora tenemos la ridícula situación de que ABC sea un teorema en Kioto y un conjetura en cualquier otro sitio», escribió Calegari.

PRIMS respondió a las preguntas de la prensa con una declaración según la cual los artículos no habían sido aceptados. Antes de que hiciesen esto, sin embargo, Scholze decidió hacer público lo que había estado diciendo en privado a los teóricos de números desde hacía un tiempo. Toda la discusión acerca de la prueba se había vuelto «demasiado sociológica», era su conclusión. «Todos hablaban de que daba la impresión de que no es una prueba, pero nadie decía en realidad que 'la verdad es que hay ese punto en el que nadie entiende la prueba'».

Así, en la sección de comentarios del blog de Calegari, Scholze escribió que era «completamente incapaz de seguir la lógica de la figura 3.8 en la prueba del corolario 3.12». Añadió que los matemáticos «que afirman entender la prueba son incapaces de reconocer que ahí hay que decir más».

Shigefumi Mori, compañero de Mochizuki en la Universidad de Kioto y ganador de la medalla Fields, escribió a Scholze ofreciéndose para facilitar un encuentro entre él y Mochizuki. Scholze, a su vez, se dirigió a Stix, y los dos viajaron a Kioto para discutir la prueba en litigio con Mochizuki y Hoshi.

Mochizuki aborda la conjetura *abc* traduciendo el problema a uno sobre las curvas elípticas, un tipo especial de ecuación cúbica de dos variables, x e y.

La traducción, bien conocida antes del trabajo de Mochizuki, es sencilla (se asocia cada ecuación *abc* a la curva elíptica cuya gráfica cruza el eje x en a, b y el origen), pero permite que los matemáticos aprovechen la rica estructura de las curvas elípticas, el cálculo y otros campos. (Esa misma traducción está en el meollo de la demostración del último teorema de Fermat por Andrew Wiles en 1994).

La conjetura *abc* se reduce entonces a probar cierta desigualdad entre dos cantidades asociadas a la curva elíptica. El trabajo de Mochizuki traduce a su vez esa desigualdad a otra forma, que, dice Stix, puede concebirse como una comparación de los volúmenes de dos conjuntos. En el corolorario 3.12 es donde Mochizuki presenta su prueba de esa nueva desigualdad, que, de ser cierta, probaría la conjetura *abc*.

La prueba, tal y como la describen Scholze y Stix, considera los dos volúmenes como si viviesen dentro de dos copias diferentes de los números reales, que se representan entonces como una parte de un círculo de seis copias diferentes de los números reales, junto con las aplicaciones que explican cómo se relaciona cada copia con sus vecinas en el círculo. Para seguir el paso de cómo se relacionan los volúmenes de conjuntos entre sí, es necesario entender cómo las mediciones del volumen en una copia se relacionan con las mediciones en las otras copias, dice Stix.

«Si tienes una desigualdad de dos cosas pero la vara de medir digamos que se encoge en un factor que no puedes controlar, perderás el control sobre lo que la desigualdad significa realmente», dijo Stix.

Es en este paso crucial del argumento donde las cosas se ponen mal, creen Scholze y Stix. En las aplicaciones de Mochizuki, las varas de medir son localmente compatibles entre sí. Pero cuando se rodea el círculo, dijo Stix, se termina teniendo una vara de medir que parece diferente a la que se tendría si se hubiese rodeado el círculo en el sentido contrario. La situación, dijo, recuerda a la famosa escalera de Escher, que sube y sube solo para acabar de alguna forma debajo de donde se empezó.

Esta incompatibilidad en las mediciones del volumen significa que la desigualdad resultante es una desigualdad entre cantidades equivocadas, según Scholze y Stix. Y si se ajustan las cosas de modo que las mediciones del volumen sean compatibles globalmente, la desigualdad pierde su sentido, afirmaron.

Scholze y Stix han «encontrado una forma en la que no es posible que el argumento funcione», dijo Kiran Kedlaya, matemático de la Universidad de California en San Diego, que ha estudiado los artículos de Mochizuki en profundidad. «Por lo tanto, para que el argumento sea correcto tendrá que hacer algo diferente, algo bastante más sutil» de lo que Scholze y Stix describen.

Algo más sutil es exactamente lo que la prueba hace, replica Mochizuki. Scholze y Stix se equivocan, escribe, al hacer identificaciones arbitrarias entre objetos matemáticos que deberían ser tomados como distintos. Cuando les explicó a sus colegas la naturaleza de las objeciones de Scholze y Stix, escribió, sus descripciones «fueron recibidas con una reacción notablemente unánime de máximo asombro e incluso incredulidad (¡a veces acompañada de risas!) porque pudiese haber unos errores de interpretación tan manifiestos».

Los matemáticos tendrán ahora que asimilar el argumento de Scholze y Stix y la respuesta de Mochizuki. Pero Scholze espera que, al contrario de lo ocurrido con la serie original de artículos de Mochizuki, no se vaya dilatando el proceso, pues la esencia de sus objeciones y las de Stix no es muy técnica. Otros teóricos de números «podrían haber seguido totalmente las discusiones que tuvimos esa semana con Mochizuki», dijo.

Mochizuki ve las cosas de una manera muy diferente. En su opinión, la crítica de Scholze y Stix deriva de una «falta del tiempo suficiente para reflexionar con hondura sobre las matemáticas en discusión», asociada quizá con «una profunda sensación de incomodidad, o carencia de familiaridad, con formas nuevas de pensar acerca de los objetos matemáticos».

Es muy posible que los matemáticos que ya son escépticos acerca de la prueba de *abc* de Mochizuki consideren que la contribución de Scholze y Stix es el final de la historia, dijo Kim. Otros querrán estudiar los nuevos elementos de juicio por sí mismos, actividad que Kim ya ha empezado. «No creo que pueda librarme por completo de la necesidad de efectuar comprobaciones por mí mismo antes de llegar a una idea», escribió en un mensaje de correo electrónico.

En los últimos años, muchos teóricos de números han desistido de intentar entender los artículos de Mochizuki. Pero si Mochizuki o sus seguidores pueden aportar una explicación exhaustiva y coherente de por qué es demasiado simplista lo que Scholze y Stix dicen (suponiendo que lo sea), «esto contribuiría mucho a aliviar parte de la fatiga y quizá haría que hubiese más predisposición a volver a mirar estas cosas», afirmó Kedlaya.

Mientras, dijo Scholze: «creo que no debería considerarse que se trata de una prueba mientras Mochizuki no efectúe algunas revisiones muy sustanciales y explique ese paso clave mucho mejor». Personalmente, dijo, «la verdad es que no veo una idea clave que nos acerque a la prueba de la conjetura *abc*».

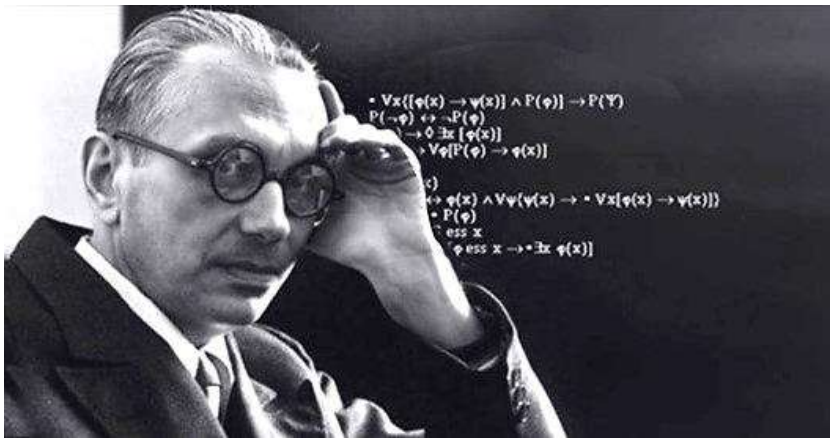
Sea cual sea el resultado final de esta discusión, señalar una parte tan concreta del argumento de Mochizuki debería aclarar mucho las cosas, dijo Kim. «Lo que Jakob y Peter han hecho es un importante servicio a la comunidad», dijo. «Pase lo que pase, estoy bastante seguro de que su contribución va a ser un progreso, y uno bien definido».

Referencia:

Peter Scholze & Jakob Stix. (2018). «Why *abc* is still a conjecture». «Report on discussions, held during the period march 15 – 20, 2018, concerning Inter-universal Teichmuller Theory (IUTCH)», de Shinichi Mochizuki.

Así terminó el sueño de las matemáticas infalibles (y de paso, nació la computación moderna).

Versión del artículo original de Nelo Maestre y Ágata Timón
Elaborado por Materia para OpenMind



GÖDEL DIO AL TRASTE CON EL PROGRAMA DE HILBERT. CRÉDITO IMAGEN: LEVAN RAMISHVILI.

A principios del siglo XX, los matemáticos despertaron de su sueño: sus teoremas y fórmulas no eran infalibles. Kurt Gödel demostró que siempre habrá problemas sin solución. Un grupo de sabios, liderados por David Hilbert, organizaron un congreso mundial en 1930 para lanzar su plan de acabar con esas paradojas matemáticas. Al final de la reunión el joven Gödel levantó la mano y anunció que aquello era imposible.

A finales del siglo XIX el conocimiento humano experimentaba un momento de plena ebullición: la Revolución Industrial había modificado completamente la vida en los países occidentales y **la ciencia y la ingeniería se habían convertido en herramientas indispensables para el desarrollo de esas sociedades**. Las matemáticas eran el lenguaje sobre el que se sostenían todos aquellos avances; cada vez eran más precisas y sofisticadas, y su potencial no parecía tener fin. Sin embargo, en las últimas décadas del siglo comenzaron a emerger serias dudas en el seno de esta materia, muchas de ellas relacionadas con un concepto escurridizo, que los científicos llevaban siglos rehuyendo: **el infinito**.

En 1874 el matemático conjuntista Georg Cantor despertó a la bestia y aparecieron ciertas paradojas que resultaban ser un gran problema. La hasta entonces inquebrantable ciencia de la matemática comenzó a tambalearse. Así, a principios del siglo XX estalló la llamada "crisis de los fundamentos", que llevaría a una terrible conclusión: las matemáticas no eran infalibles. Dos jóvenes matemáticos, Kurt Gödel y Alan Turing, fueron los encargados de demostrar, entre otros, aquellas limitaciones.

Unos años antes, la crisis de los fundamentos había dividido a la comunidad científica en varias facciones. Una de ellas, los llamados *formalistas*, estaba convencida de que todo era alcanzable a través de la matemática dedicándole el tiempo suficiente. David Hilbert, un matemático de tremenda reputación que abanderaba el movimiento, lo resumió con una frase: "Debemos saber y sabremos". Aspiraban a refundar las bases (o axiomas) de las matemáticas para evitar las paradojas planteadas, derivadas, seguramente, de un error o falta de precisión en los planteamientos.

CONSISTENTES, FINITARIOS Y COMPLETOS

Esta misión, que se llamó *Programa de Hilbert*, proponía una mirada matemática desde un nivel superior para **demostrar que los sistemas axiomáticos "bien definidos" tenían tres propiedades que los convertirían en infalibles**. En primer lugar, eran "consistentes", es decir, no producían contradicciones (no permitían demostrar a la vez que una afirmación era cierta y falsa). Además eran "finitarios", de manera que las demostraciones se podían llevar a cabo siguiendo una secuencia de pasos lógicos, de forma algorítmica, y que terminaban en algún momento. Y por último, eran "completos", o lo que es lo mismo, para cada afirmación del sistema se podría demostrar o bien que era cierta o bien que era falsa.

En 1930, después de años de disputas intelectuales, se organizó un congreso matemático en la ciudad de Königsberg (hoy Kaliningrado, en Rusia), ciudad natal de Hilbert. En las discusiones de clausura, un joven matemático austríaco se armó de valor y levantó la mano para intervenir. Ante la mirada expectante de aquellos grandes sabios, Kurt Gödel hizo una afirmación demoledora: estaba a punto de completar una demostración que ponía fin a la discusión, ya que probaba formalmente que ningún sistema podría ser a las vez *consistente*, *recursivo* y *completo*, es decir, el *programa de Hilbert* **era imposible de concluir**.

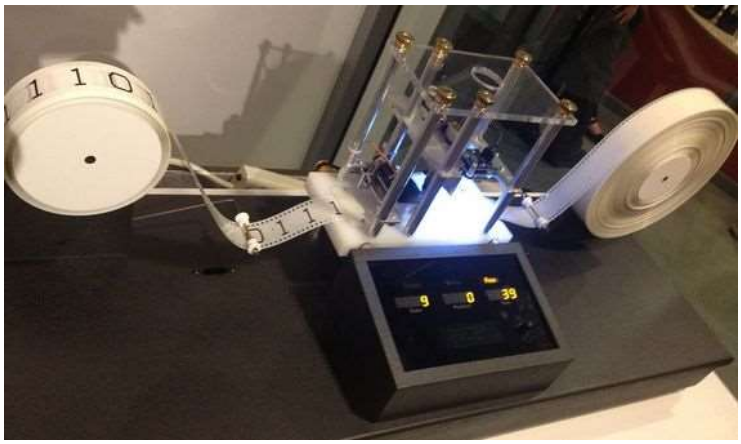
Solo un año después publicó el artículo *Sobre proposiciones formalmente indecidibles de Principia Mathematica y sistemas relacionados*. Allí Gödel demostró, de forma compleja y tremendamente minuciosa, su *Primer teorema de Incompletitud*, que dio al traste con el programa de Hilbert. Corroboró que, sea cual sea el sistema definido, si está construido de forma que no quepan contradicciones, existirán en él enunciados de los que nunca se podrá demostrar ni su falsedad ni su veracidad. La demostración de Gödel marcó un punto de inflexión en la historia de las matemáticas.

LA MÁQUINA UNIVERSAL

Uno de los encargados de seguir con el legado de Gödel fue el matemático inglés Alan Turing. Aunque ahora se le reconoce principalmente por su colaboración en la Segunda Guerra Mundial, descifrando los mensajes nazis codificados con la máquina "Enigma", años antes había publicado el artículo que realmente cambiaría de forma profunda no sólo las matemáticas, sino toda sociedad. Mostró que no solo hay problemas no resolubles, sino que además **no podemos saber de antemano cuáles son**. En concreto, utilizó un razonamiento con ciertas similitudes a Gödel para resolver el llamado *Entscheidungsproblem*, o "problema de decisión". Este afirma que, en cualquier sistema, no siempre es posible determinar (con un número finito de pasos) si un problema escogido al azar tiene o no tiene solución.

FOTO DE PASAPORTE DE ALAN TURING A LOS 16 AÑOS. FUENTE FOTO: WIKIMEDIA.

En su demostración mostró que hay determinados problemas que no pueden computarse (y en concreto, esto implicaría que hay problemas que no podemos saber si tienen solución). Para ello tuvo que establecer una noción rigurosa de computación efectiva, basada en la idea de su máquina universal. Este era un sencillo dispositivo formado por una cinta de papel infinita dividida en casillas, una cabeza que puede leer y sobrescribir símbolos en las casillas —y además mover la cinta hacia la derecha o la izquierda— y una serie de instrucciones y estados de partida, que configuraban el "programa" de la máquina. Turing también probó que este simple mecanismo, o un conjunto de ellos, podrían resolver cualquier tarea algorítmica presentada. Podría sumar, restar, multiplicar…. y hacer cualquier otra tarea basada en una repetición de pasos, por muy compleja que fuese.



LA MÁQUINA UNIVERSAL DE TURING EN LA EXHIBICIÓN DE LA COLECCIÓN DE INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS HISTÓRICOS DE HARVARD. CRÉDITO IMAGEN: GABRIELF.

Esta idea abstracta parece ahora un poco trivial, pero es la esencia del funcionamiento del aparato en el que estás leyendo este artículo ahora mismo. Efectivamente, cualquier ordenador (y *smartphone*) no es más que un complejo sistema que sirve para **implementar en la realidad un grupo de máquinas de Turing puestas a trabajar**. Así, la aparente barrera que había descubierto Gödel, no solo no acotó el potencial de las matemáticas, sino que ayudó a imaginar la máquina que más límites ha hecho saltar a la humanidad.

Una joven matemática refuta una conjetura establecida hace más 30 años.

El premio de investigación Vicent Caselles reconoce a Marithania Silvero por el hallazgo de un nudo que rebate una teoría del científico Louis Kauffman.

Versión del artículo original de RAÚL LIMÓN.
TOMADO DE: El País - España

LA MATEMÁTICA MARITHANIA SILVERO, EN LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
CRÉDITO IMAGEN: PACO PUENTES

Marithania Silvero aún no había nacido cuando Louis Kauffman (**Nueva York**, 1945) planteó en 1983 la conjetura que establecía que dos familias de **nudos matemáticos** eran equivalentes. Silvero nació en **Huelva** en 1989, cuando la comunidad científica había aceptado la teoría del **matemático** norteamericano. En 2015, tres décadas después de que Kauffman planteara su conjetura y poco antes de un encuentro programado entre ambos científicos, Marithania Silvero refutó la teoría del maestro. El matemático no solo avaló la solución hallada por la onubense sino que ambos se han convertido en estrechos colaboradores. Su hallazgo fue reconocido con el premio de investigación Vicent Caselles, otorgado por la **Real Sociedad Matemática Española** y la Fundación BBVA.

A Silvero le gustan los desafíos desde niña. Su mejor pasatiempo eran los problemas y creció entusiasmada con el mundo de las matemáticas, ciencia en la que actualmente investiga y de la que es profesora en la Universidad de Huelva tras haber trabajado en otros centros de investigación de España, Polonia y Estados Unidos.

Su investigación se enmarca en la topología y, más concretamente, en la teoría de nudos, que la científica simplifica para hacerlo comprensible a partir de una cuerda con los extremos pegados. Los matemáticos estudian las transformaciones que pueden hacerse a esa cuerda, estirándola y cambiando su forma, pero sin cortarla. De estas transformaciones surgen propiedades y, atendiendo a distintas características, los nudos se agrupan en familias.

Louis Kauffman estableció en 1983 que dos de estas familias, la de nudos alternativos y la de pseudo-alternantes, eran equivalentes. Hasta que Silvero comenzó su tesis, dirigida por los profesores Juan González-Meneses y Pedro González, y defendida en el Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla, al que pertenece como colaboradora. Marithania construyó un nudo pseudo-alternante y, recurriendo al polinomio de Conway, descubrió que este nudo no podía ser alternativo, refutando así la conjetura de Kauffman.

UN NUDO DE OCHO CRUZAMIENTOS.
CRÉDITO IMAGEN: STUART JANTZEN

Apasionada de la investigación pura, defiende la relevancia de la ciencia básica. “Los matemáticos estudiamos los nudos porque podemos definirlos y analizarlos para conocer sus propiedades”, explica. La Teoría de Nudos tiene su origen, según explica la investigadora, en el intento de William Thomson, el físico y matemático conocido como Lord Kelvin, de clasificar los átomos según las trayectorias que describían las partículas que los forman. Aunque su teoría resultó no ser válida, la clasificación de nudos quedó como un problema matemático y surgió la rama de la teoría de nudos, **que tiene aplicaciones en la química, la biología, la física y otras disciplinas**.

Pero Marithania no se centra en las aplicaciones de los resultados, sino en los cimientos que después las hacen posibles. “Me gusta la investigación pura, la ciencia básica, que es la que se encarga de ampliar los límites del conocimiento. Si después mis resultados pueden ayudar a científicos de otros campos a resolver sus problemas, yo me alegraré, pero ese no es mi objetivo”, afirma, aunque reconoce que esta parte, fundamental para establecer las bases de posteriores investigaciones, es menos visible.

Silvero refutó la conjetura de Kauffman con un contraejemplo, algo que es ella en el mundo de la ciencia española si se tiene en cuenta que el último informe PISA reprobó a España en matemáticas. Ella atribuye su trayectoria al apoyo constante que encontró en su familia, profesores y amigos. Por eso defiende la importancia de la docencia, de que los maestros amen la materia que imparten y transmitan ese sentimiento a los alumnos. “Creo que una de las causas de los resultados de PISA podría ser el hecho de que, en los institutos, las matemáticas no estén siendo enseñadas por matemáticos. Profesionales de otros campos pueden tener los conocimientos, pero es muy difícil que puedan despertar y transmitir un interés y una pasión por las matemáticas que ellos mismos no tienen”.

También se siente afortunada al no haber encontrado los obstáculos que limitan el acceso de las mujeres a las carreras de ciencias. Sus estancias en el extranjero, su dedicación a la investigación y su carrera han contado siempre con el respaldo de su familia y profesores. “No he sentido un trato diferente al de mis compañeros, pero sí es verdad que conozco a compañeras que han tenido otras experiencias”, resume para admitir que su mundo no es ajeno a los prejuicios comunes en la sociedad. “Cuando digo que soy matemática, a veces me dicen: ‘No lo pareces’. Entonces yo les pregunto, ¿qué aspecto tiene una matemática?”, lamenta ante la persistencia de estereotipos e ideas preconcebidas.

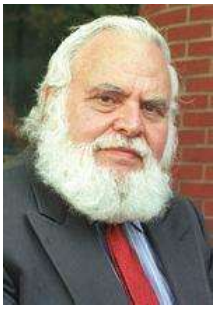
Silvero también admite la ausencia de modelos actuales que orienten a las jóvenes hacia el mundo de la ciencia. Cree que no valen figuras decimonónicas porque las niñas y adolescentes no se identifican con ellas. De hecho, reconoce que no tuvo un modelo claro al que seguir, que lo construyó a partir de las actitudes de aquellos que le transmitían la pasión por la ciencia a la que se ha dedicado. Y, para solventarlo, participará en los próximos encuentros de la asociación internacional **Greenlight For Girls (G4G)** para promover las carreras científicas entre las escolares.

Sin líneas de fractura.

Solomon W. Golomb y Martin Gardner estudiaron los mosaicos de poliominós sin líneas de fractura.

Versión del artículo original de CARLO FRABETTI

TOMADO DE: El País – España / 10 de diciembre de 2021



SOLOMON W. GOLOMB. FUENTE FOTO: GOOGLE.

Carlo Frabetti *es escritor y matemático, miembro de la Academia de Ciencias de Nueva York. Ha publicado más de 50 obras de divulgación científica para adultos, niños y jóvenes, entre ellos 'Maldita física', 'Malditas matemáticas' o 'El gran juego'. Fue guionista de 'La bola de cristal'.*

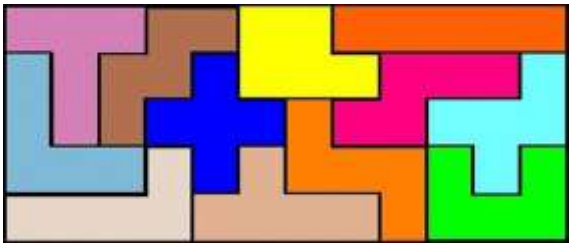
El famoso número de Ramanujan es el menor que puede expresarse de dos maneras distintas como suma de dos cubos: $1729 = 12^3 + 1^3 = 10^3 + 9^3$; pero solo si especificamos que estamos hablando de números naturales, es decir, enteros y positivos, pues si también tenemos en cuenta los enteros negativos hay infinitos menores que 1729 que cumplen la condición (sin ir más lejos, –1729).

Por otra parte, la afirmación de Hardy de que el número era poco interesante entraña en sí misma una paradoja, señalada en su día por el maestro Martin Gardner, independientemente de la propiedad observada por Ramanujan. ¿Qué paradoja?

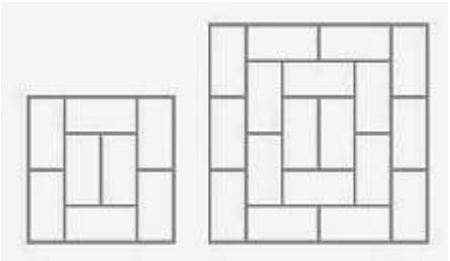
La relación cuantitativa entre los poliominós y los esquemas de Young no ha suscitado comentarios entre los lectores, por lo que la cuestión queda pendiente.

MOSAICOS DE POLIOMINÓS

Y hablando de Martin Gardner y de poliominós, hemos de acotar que, aunque fue Solomon W. Golomb quien los "bautizó" a mediados del siglo pasado, fue Gardner quien los popularizó en su sección de juegos matemáticos de *Scientific American*, y que uno de los problemas que planteó fue el de las líneas de fractura. Por ejemplo, en la figura vemos un rectángulo de 5x12, formado por cinco pentominós, en el que no hay ninguna línea de fractura, es decir, ninguna recta horizontal o vertical que vaya de lado a lado, y que en el caso de tratarse de una construcción física representaría una debilidad estructural.



En los dos tatamis siguientes, sin embargo, tanto en el de 4x4 como en el de 6x6, hay dos líneas de fractura verticales.

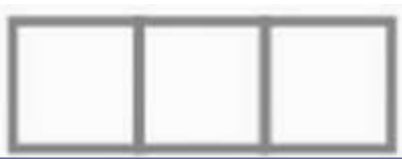


¿Podrían reordenarse sus piezas de manera que no hubiese tales líneas de fractura? Y en el caso de que no sea posible, ¿cómo se puede demostrar tal imposibilidad?

En el caso del tatami de 4x4, la imposibilidad se hace evidente tras unos cuantos intentos, pero en el de 6x6 no es tan obvia, y el propio Golomb dio una elegante demostración. Cabe preguntarse, dada la imposibilidad en el caso de 6x6, cuál es el rectángulo de mínimo tamaño y sin líneas de fractura que puede formarse con dominós. Y una vez hallado este rectángulo mínimo, ¿podemos usarlo como punto de partida para, añadiéndole los dominós necesarios, formar un cuadrado de 8x8 (es decir, un recubrimiento del tablero de ajedrez) sin líneas de fractura?

Evidentemente, para que un rectángulo pueda ser recubierto por dominós, su área (tomando como unidad el lado menor de un dominó) ha de ser par, y para que pueda recubrirse sin líneas de fractura sus dos lados han de ser mayores de 4. Se puede demostrar (¿cómo?) que todos los rectángulos y cuadrados que cumplen ambos requisitos pueden ser recubiertos con dominós sin líneas de fractura, con la única y notable excepción del cuadrado de 6x6.

A partir de estas consideraciones, quienquiera que posea un juego de fichas de dominó podrá darle un nuevo e instructivo uso. Y quien se atreva a ir un paso más allá puede experimentar con los trominós, intentado descubrir, por ejemplo, cuál es el rectángulo mínimo que puede recubrirse con trominós rectos (o sea, rectángulos de 1x3) sin líneas de fractura.



Descubren cómo el cerebro procesa las matemáticas: varía con la edad.

Al aprender matemáticas, las moléculas intercambiadas entre las neuronas varían con la edad. En una clara manifestación de plasticidad cerebral, los neurotransmisores incluso invierten su actividad entre la infancia y la edad adulta en una región de la corteza parietal.

Versión del artículo original de PABLO JAVIER PIACENTE

TOMADO DE: Tendencias 21 - 30 de julio de 2021

HENDIDURA SINÁPTICA ENTRE DOS NEURONAS. EN LA COMPRENSIÓN DE LA MATEMÁTICA, LOS NEUROTRANSMISORES IMPLICADOS CAMBIAN CON EL TIEMPO Y HASTA PUEDEN INVERTIR SUS ROLES. CRÉDITO FOTO: JUAN GAERTNER / JGT / SCIENCE PHOTO LIBRARY A TRAVÉS DE AFP.

Investigadores de la Universidad de Oxford han verificado mediante diferentes técnicas de análisis de imágenes cerebrales y pruebas con voluntarios que las capacidades matemáticas pueden modificarse con el tiempo. El cerebro se adapta a las diferentes necesidades y las regiones implicadas en el aprendizaje matemático llegan hasta invertir sus roles.

Este increíble comportamiento del cerebro humano fue descubierto al intentar comprender los procesos que se desarrollan durante el trabajo intelectual relacionado con las matemáticas, y específicamente al momento de la incorporación de **nuevos conocimientos** en esas áreas.

Según un artículo publicado en La Recherche, los especialistas ya habían identificado previamente las regiones del cerebro que estaban involucradas en el **procesamiento de tareas matemáticas**. Se trata principalmente de algunas regiones de la **corteza parietal**, que conforma el denominado lóbulo parietal, ubicado cerca del centro del cerebro.

También sabían que dos **neurotransmisores**, encargados de intercambiar los impulsos nerviosos entre neuronas, actúan en la región del surco intraparietal izquierdo, localizado precisamente en la corteza parietal. Esta región fue identificada como involucrada en dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y, al mismo tiempo, en individuos con habilidades excepcionales para el procesamiento matemático.

El rol de los neurotransmisores

Ahora, los especialistas midieron los niveles de estos neurotransmisores, **GABA y glutamato**, hallando resultados sorprendentes. En el marco de un estudio publicado en la revista Plos Biology, concluyeron que los niveles de GABA y glutamato cambiaban radicalmente dependiendo de la edad de los individuos.

El equipo de científicos realizó dos pruebas aritméticas con un año y medio de diferencia entre 255 voluntarios, representantes de un amplio rango de edades. Al mismo tiempo, midieron los niveles de los neurotransmisores mediante espectroscopia de resonancia magnética, una técnica no invasiva que permite la investigación de patologías metabólicas o cambios moleculares en el cerebro, mediante imágenes de la actividad cerebral.

Descubrieron por ejemplo que mientras los niños con un especial talento para las matemáticas contaban con elevados niveles de GABA, los adultos con las mismas condiciones para el análisis matemático disponían de niveles bajos del mismo neurotransmisor. También observaron fuertes cambios en el neurotransmisor glutamato.

Evidencia concreta de plasticidad cerebral

Los resultados son especialmente trascendentes si tenemos en cuenta que ambos neurotransmisores están fuertemente implicados en la **plasticidad cerebral**. Incluso son capaces de excitar o, por el contrario, inhibir la actividad de la neurona a la que se adhieren.

¿Cuáles son las razones específicas de los cambios descubiertos? Según los investigadores, el neurotransmisor GABA parece desempeñar un papel excitador en los niños, en tanto que las vías del glutamato llegan a desarrollarse más tarde. Además, hay que tener en cuenta que las estrategias desarrolladas ante un problema matemático se modifican con la edad, cambio que implica un mayor uso de la memoria y de otras regiones cerebrales, como por ejemplo el hipocampo.

En consecuencia, parece existir en el cerebro una suerte de **capacidad de adaptación** que posibilita los cambios en las condiciones químicas con el paso del tiempo, favoreciendo las habilidades necesarias para cada edad. Además **del aprendizaje de las** matemáticas, procesos similares actuarían también en habilidades como la ubicación en el entorno o la memoria espacial, que también son apoyadas por la corteza parietal.

Referencia

Predicting learning and achievement using GABA and glutamate concentrations in human development. George Zacharopoulos, Francesco Sella, Kathrin Cohen Kadosh, Charlotte Hartwright, Uzay Emir and Roi Cohen Kadosh . Plos Biology (2021).DOI:https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001325

Jacques Tits, una vida consagrada al edificio de las matemáticas.

Los trabajos de este investigador, fallecido el 5 de diciembre de 2021, revolucionaron la manera de entender los grupos, unos objetos centrales en el álgebra, que encapsulan la idea de simetría.

Versión del artículo original de YAGO ANTOLÍN y JAVIER ARAMAYONA

TOMADSO DE: El País – España – Sección Café y Teoremas / 17 de diciembre de 2021

EL REY HARALD DE NORUEGA (DERECHA) SALUDA A JACQUES TITS, AL ENTREGARLE EL PREMIO ABEL, EN 2008. CRÉDITO FOTO: CORNELIUS POPPE (EFE).

Yago Antolín *es profesor titular en la Universidad Complutense de Madrid y miembro del Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT).*

Javier Aramayona *es científico titular en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, miembro del ICMAT y codirector de la Unidad de Cultura Matemática de ICMAT.*

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

El pasado 5 de diciembre de 2021, falleció Jacques Tits, uno de los matemáticos más influyentes de la segunda mitad del siglo XX. Sus trabajos revolucionaron la manera de entender los grupos, unos objetos centrales en el álgebra, que encapsulan la idea de simetría. Este nuevo punto de vista permitió establecer nuevos puentes entre la geometría y el álgebra, dando lugar al inicio de la *geometrización* de la teoría de grupos. Las contribuciones matemáticas de Tits fueron reconocidas en 2008 con el Premio Abel, el máximo galardón en matemáticas junto con la Medalla Fields.

Tits nació en Uccle (Bélgica) en 1930. Hijo de matemático, desarrolló una pasión y habilidad inusitadas por las matemáticas desde una edad muy temprana. A los 14 años se matriculó como estudiante de Matemáticas en la Universidad Libre de Bruselas, donde también completó sus estudios de doctorado a la edad de 20 años. Su director de tesis, Paul Libois, fue un reconocido intelectual marxista, político y gran defensor de la intuición geométrica como vehículo de aprendizaje matemático.

Tras ocupar puestos de profesor universitario en Bruselas y Bonn, en 1974 obtuvo la Cátedra de Teoría de Grupos en el prestigioso Collège de France (París). Durante estos años, adquirió la nacionalidad francesa y fue elegido miembro de la Academia de Ciencias de Francia.

La investigación de Tits se enmarca dentro de la teoría de grupos. Un grupo es la traducción del concepto de simetría al lenguaje matemático. Por ejemplo, un cuadrado tiene ocho simetrías distintas: cuatro rotaciones basadas en el centro del cuadrado y cuatro reflexiones a lo largo de líneas que pasan por el centro del cuadrado. Este conjunto de simetrías tienen tres propiedades fundamentales: hay una simetría identidad (la rotación de cero ángulos), que deja el cuadrado tal cual estaba; toda simetría se puede deshacer (tiene una inversa); y, finalmente, el resultado de aplicar una simetría y después otra (multiplicarlas) es de nuevo una simetría.

Abstrayendo estas tres propiedades, en matemáticas un grupo se define como un conjunto cuyos elementos se pueden multiplicar entre sí, donde cada elemento tiene un inverso y donde hay un elemento identidad. Algunos grupos tienen un número finito de elementos, como el grupo de simetrías del cuadrado; por el contrario, otros grupos son infinitos, como el formado por los números reales distintos de cero.

Hasta finales del siglo XIX, los grupos fueron considerados primordialmente como objetos algebraicos abstractos que aparecían en el contexto de la resolución de ecuaciones polinómicas. En 1872 tuvo lugar un gran cambio de paradigma: el matemático alemán *Felix Klein* (1849 - 1925) anunció su *Programa de Erlangen*, donde proponía, por primera vez, usar la teoría de grupos para entender problemas de geometría.

La visión de Tits, aupado a su vez a hombros de gigantes como *H.S.M. Coxeter* (1907 - 2003), se puede considerar como una "inversión" del Programa de Erlangen, ya que propone usar herramientas geométricas para estudiar los grupos. En este sentido, una de las grandes contribuciones matemáticas de Tits, desarrollada con el matemático francés *François Bruhat* (1929 - 2007), es el concepto de los *edificios de Bruhat-Tits* asociados a ciertas familias muy generales de grupos (los llamados grupos algebraicos).

Estos edificios son objetos geométricos construidos a partir de la estructura algebraica del grupo, y que tienen como grupo de simetrías precisamente el grupo original. Como ocurre tantas veces en matemáticas, la terminología es bastante sugerente: un edificio está formado por apartamentos, constituidos a su vez por múltiples habitaciones, pegados de acuerdo a un patrón que refleja la estructura algebraica del grupo en cuestión.

Los edificios de Bruhat-Tits han sido determinantes en varios de los grandes hitos de la matemática moderna, como el estudio de los *grupos de Coxeter* (generalizaciones de grupos de reflexiones) o los grandes teoremas de Margulis, Prasad, etc, sobre la rigidez de ciertos subgrupos (llamados retículos) en grupos algebraicos.

Como es lógico al tratarse de un matemático de tal influencia, dejamos en el tintero la gran mayoría de las aportaciones de Tits, muchas de enorme calado, como el paradójico *cuerpo con un elemento*, la conocida *alternativa de Tits* sobre la estructura de los grupos de matrices, o sus trabajos sobre grupos de Coxeter extendidos, ahora conocidos como *grupos de Artin-Tits*. Además de con el Premio Abel (que lamentablemente no se le incluyó en la reseña que se hizo del premio en esta revista en 2021), los trabajos de Tits fueron reconocidos con otros galardones importantes, como el Premio Wolf (1993) y la Orden Nacional de la Legión de Honor de Francia (2008). Pero sobre todo, el legado de la obra matemática de Jacques Tits pervive a través de su influencia sobre la manera de pensar de un gran número de investigadores en todo el mundo.

La teoría cuántica necesita números complejos.

Las predicciones de la teoría cuántica estándar no se formalizan bien con los números reales, sino que requieren de números complejos, aquellos que tienen una parte real y otra imaginaria. Investigadores de los institutos ICFO, IQOQI y otros centros europeos lo han demostrado con un experimento teórico.

Fuente: ICFO

CRÉDITO IMÁGENES: CREATIVE COMMONS.

TOMADO DE: SINC / 16 de diciembre de 2021

ILUSTRACIÓN ARTÍSTICA DEL ESTUDIO SOBRE FÍSICA CUÁNTICA Y NÚMEROS COMPLEJOS, Y DOS DE LOS AUTORES DEL ICFO: MARC OLIVIER RENOU Y ANTONIO ACÍN. CRÉDITO IMAGEN: GEORGY ERMAKOV Y SERGEY LEBEDYANSKIY/ICFO.

La física elabora teorías para describir la naturaleza. Una analogía sería, por ejemplo, un mapa con el que representamos las montañas, caminos, ríos, etc. y que nos ayuda a orientarnos. El mapa no es la montaña, sino que constituye la teoría que usamos para representar la realidad.

De igual forma, las teorías sobre la física se expresan en términos de objetos matemáticos, como ecuaciones, integrales o derivadas. Entre ellas figura la teoría cuántica, introducida a principios del siglo XX y la primera formulada en términos de números complejos.

Estos números fueron creados por matemáticos hace siglos, y están constituidos por una parte real y otra imaginaria (como raíces cuadradas de números negativos). Fue Descartes, el célebre filósofo considerado el padre de las ciencias racionales, quien acuñó el término "imaginario", para poder contrastarlo de manera rotunda con lo que él llamó números "reales".

A pesar de su papel fundamental en las matemáticas, no se esperaba que los números complejos tuvieran un papel similar en la física debido a esta parte imaginaria. De hecho, antes de la teoría cuántica, la mecánica de Newton o el electromagnetismo de Maxwell usaban números reales para describir fenómenos cómo el movimiento de objetos, o cómo se propagan los campos electromagnéticos. En este caso, las teorías ocasionalmente emplean números complejos para simplificar algunos cálculos, pero sus axiomas solo utilizan números reales.

Sin embargo, la teoría cuántica logró desafiar radicalmente el campo debido a que sus postulados estaban construidos con números complejos. Aunque era muy útil para predecir los resultados de los experimentos como, por ejemplo, una perfecta explicación de los niveles de energía del átomo de hidrógeno, iba en contra de la intuición que favorecía a los números reales.

El desconcierto de Schrödinger

Buscando una descripción para los electrones, el físico austriaco **Erwin Schrödinger** fue el primero en introducir números complejos en la teoría cuántica a través de su famosa ecuación, pero no podía concebir que estos pudieran ser realmente necesarios en física a ese nivel fundamental. Era como si hubiera encontrado un mapa para representar las montañas, pero este mapa en realidad estaba creado con dibujos abstractos y totalmente anti intuitivos.

Tal fue su desconcierto que en 1926 escribió una carta a su colega H. A. Lorentz en la que decía: "**Lo que es desagradable** aquí, y de hecho, hay que objetar de manera directa, es el uso de números complejos. Ψ es sin duda fundamentalmente una función real".

Décadas después, en 1960, el profesor **E.C.G. Stueckelberg** de la Universidad de Ginebra (Suiza), demostró que todas las predicciones de la teoría cuántica para experimentos de partículas individuales podrían derivarse igualmente utilizando solo números reales. Desde entonces, el consenso fue que los números complejos en la teoría cuántica eran solo una herramienta conveniente.

Sin embargo, investigadores de varios centros europeos, como el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) en España y el Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (IQOQI) en Austria, han publicado un estudio en *Nature* donde demuestran que, si los postulados cuánticos se expresan en términos de números reales en lugar de números complejos, entonces algunas predicciones sobre las redes cuánticas necesariamente difieren.

El equipo presentó una propuesta experimental concreta, en la cual incluyen a tres partes conectadas entre sí y dos fuentes de partículas, donde la predicción de la teoría cuántica compleja estándar no puede ser expresada por su contraparte real. De hecho, el artículo lleva un título revelador: *La teoría cuántica basada en números reales puede ser falsificada experimentalmente*.

Experimento teórico cuántico

Para realizar el experimento teórico, idearon un escenario muy específico de una **red cuántica elemental** que incluía **dos fuentes independientes** (S y R), colocadas entre **tres nodos de medición** (A, B y C). La fuente S emite dos partículas, digamos fotones, uno a A y el segundo a B. Los dos fotones se preparan en un estado entrelazado, como por ejemplo en polarización.

Es decir, correlacionaron o prepararon la **polarización de las partículas** de una manera que está permitida por la teoría cuántica (tanto compleja como real), pero no por la teoría clásica. La fuente R hace exactamente lo mismo, emite otros dos fotones preparados en un estado entrelazado y los envía a B y C, respectivamente.

El punto clave de este estudio fue encontrar la forma adecuada de medir estos cuatro fotones en los nodos A, B, C para obtener predicciones que no se pueden explicar cuando la teoría cuántica se restringe únicamente a los números reales.

Colaboración con China

Como comenta el coautor e investigador del ICFO, **Marc-Olivier Renou**, "cuando encontramos este resultado, el desafío era ver si el experimento que habíamos ideado podía realizarse con las tecnologías actuales. Después de discutir con colegas de la **Universidad de Ciencia y Tecnología del Sur en Shenzhen (China)**, encontramos una manera de adaptar nuestro protocolo para hacerlo factible con sus dispositivos de última generación. Y, como era de esperar, ¡los resultados experimentales –publicados en *Physical Review Letter*s– coinciden con las predicciones!".

El estudio de *Nature* puede verse como una generalización del *teorema de Bell*, que proporciona un experimento cuántico que no puede ser explicado por ningún formalismo local cuántico. El experimento de Bell involucra una fuente cuántica S que emite dos fotones entrelazados, uno a A y el segundo a B, preparados en un estado entrelazado. Aquí, por el contrario, se necesitan dos **fuentes independientes** cuidadosamente diseñadas.

El trabajo también muestra lo excelentes que pueden ser las predicciones cuando se combina el concepto de una **red cuántica con las ideas de Bel**l. Según los autores, las herramientas desarrolladas y utilizadas para obtener este primer resultado permitirán a los físicos lograr una mejor comprensión de la teoría cuántica, y un día desencadenarán la realización y materialización de aplicaciones hasta ahora impensables para el **internet cuántico**.

Referencia:

Marc-Olivier Renou et al. "Quantum theory based on real numbers can be experimentally falsified". *Nature*, 2021.

Equipo formado por los investigadores del ICFO Marc-Olivier Renou y el profesor ICREA Antonio Acín, en colaboración con el profesor Nicolas Gisin de la Universidad de Ginebra y el Instituto de Tecnología Schaffhausen (Suiza), Armin Tavakoli de la Universidad de Tecnología de Viena, y David Trillo, Mirjam Weilenmann y Thinh P. Le, dirigidos por el profesor Miguel Navascués del Instituto de Óptica Cuántica e Información Cuántica (IQOQI) en Viena (Austria).

FÍSICOS NOTABLES

Ganadores del Premio Nobel en Física 1996:

David Morris Lee, Robert Coleman Richardson y Douglas Dean Osheroff

Por su descubrimiento conjunto de la superfluidez en el isótopo helio-3.

Fuentes: EcuRed - Fisicanet - Wikipedia.

David Morris Lee. Físico. Nació el 20 de enero de 1931 en Rye, New York en EE. UU. Hijo de padres descendientes de inmigrantes judíos procedentes de Inglaterra y Lituania. Obtuvo una licenciatura en la Universidad de Harvard en 1952 en la especialidad de física y se unió al Ejército de los Estados Unidos.

DAVID MORRIS LEE

Obtuvo su doctorado la Universidad de Connecticut. En Universidad de Yale en 1955 trabajó para Henry A. Fairbank. Después de su graduación, se desempeñó como profesor de la Universidad de Cornell en Ithaca, Nueva York en 1959, convirtiéndose en Profesor Tiempo Completo desde 1968. Es casado y tiene dos hijos.

Lee es miembro de Academia Nacional de Ciencias y la Academia Americana de las Artes y las Ciencias.

En 1972, publicó un trabajo sobre la superfluidez del Helio-3 en conjunto con Robert C. Richardson y Douglas Osheroff, un estudiante que se encontraba trabajando en el equipo. Descubrieron, a principios de los años 70, en el laboratorio de bajas temperaturas de la Universidad de Cornell, que el isótopo de helio-3 podía volverse superfluido a temperaturas cercanas al cero absoluto. Los tres investigadores eran especialistas en bajas temperaturas y construyeron sus propios aparatos, con los que podían producir temperaturas tan bajas que el muestreo se realizó a unas milésimas del cero absoluto.

Debido a que los átomos de helio superfluido-3 se mueven de una manera coordinada, carecen de toda sustancia de fricción interna y fluyen sin resistencia. El helio-3 en este estado se comporta de acuerdo a las leyes de la mecánica cuántica. Este superfluido era completamente diferente del que ya se había descubierto en 1930 y se había estudiado sobre dos grados, es decir, unas mil veces más de temperatura que la que tenía normalmente el isótopo de helio-4.

El descubrimiento de la superfluidez en el helio-3 permitió a los científicos estudiar directamente en el macroscópico los sistemas de los extraños efectos de la mecánica cuántica que antes sólo podían ser estudiados indirectamente en las moléculas, átomos y partículas subatómicas.

Además del Premio Nobel recibido por David Morris Lee, también le han otorgado el Premio Memorial del Instituto de Física Sir Francis Simon en 1976, y el Premio de la Sociedad Americana de Física Oliver Buckley en 1981.

Robert Coleman Richardson. Físico. Nació el 26 de junio de 1937, en Washington D. C.y murió el 19 de febrero de 2013, en Ithaca, Nueva York; ambas localidades en EE. UU. Estudió física en el Instituto Politécnico de Virginia, licenciándose en 1958. Se doctoró en 1966 en la Universidad de Duke. Ese mismo año se convirtió en investigador ayudante de la Universidad de Cornell en Ithaca, Nueva York. Ya en 1975 se había convertido en catedrático de Cornell. En 1990 fue nombrado director de los laboratorios de física atómica y del estado sólido de esa Universidad.

ROBERT COLEMAN RICHARDSON
(1937 – 2013)

Richardson comenzó a trabajar con helio 3 junto con su compañero, el físico David M. Lee, y un estudiante de doctorado, Douglas D. Osheroff. Estos tres científicos enfriaban el helio 3 a temperaturas extremadamente bajas - unas milésimas de grado por encima del cero absoluto (unos -273,10°C) con el fin de estudiar las propiedades magnéticas de este isótopo.

Pero en 1971, Osheroff apreció indicaciones de cambios de presión dentro del helio 3 y quedó convencido de que había sufrido la transición a superfluido. Los tres científicos confirmaron el resultado, pero la comunidad científica no lo aceptó hasta que otros investigadores lo reprodujeron al año siguiente.

Un líquido en estado superfluido no presenta resistencia al flujo y está sujeto a las leyes estadísticas de la mecánica cuántica. Los superfluidos tienen una gran importancia en física porque proporcionan sistemas macroscópicos en los que se pueden estudiar los efectos cuánticos.

NOTA: ARTÍCULO SOBRE ROBERT COLEMAN RICHARDSON, TOMADO DE FISICANET. AUTORÍA DE RICARDO SANTIAGO NETTO, ADMINISTRADOR DE FISICANET. CIUDAD DE SAN MARTÍN, REGIÓN DE BUENOS AIRES, PAÍS ARGENTINA.

Douglas Dean Osheroff. Físico. Nació el 1º de agosto de 1945, en Aberdeen, EE. UU. Obtuvo su título en 1967 en el Instituto de Tecnología de California, donde fue un estudiante de Richard Feynman. Se doctoró en la Universidad Cornell en 1973.

DOUGLAS DEAN OSHEROFF

Ahora enseña en la Universidad Stanford, en el *departamento de Física y Física Aplicada*, donde sirvió como decano por un tiempo. Su investigación está enfocada a los fenómenos que ocurren a temperaturas extremadamente bajas.

Osheroff fue seleccionado para trabajar en la comisión que investigó el accidente del transbordador espacial Columbia, sirviendo en un papel parecido al que tuvo Feynman en la SpaceShuttle*Challenger* panel.

Actualmente se desempeña en la junta de consultores de *Scientist and Engineers of America*, una organización centrada en promover la ciencia en el gobierno estadounidense.

Osheroff es zurdo y en ocasiones culpa sus pequeños caprichos y excentricidades a este hecho. También es un ávido fotógrafo e introduce a sus estudiantes de Stanford a la fotografía en un seminario titulado "*Los aspectos técnicos de la fotografía*". Adicionalmente, ha impartido cursos introductorios a la física de electricidad y magnetismo en varias ocasiones. Ésta es una de las clases de Stanford más numerosas, con cientos de estudiantes registrados.

QUÍMICOS DESTACADOS

Ganadores del Premio Nobel en Química 1998:

Walter Kohn y John Anthony Pople

FUENTES: EcuRed - Wikipedia.

Walter Kohn. Físico teórico.Nació el 9 de marzo de 1923, en Viena, Austria; y falleció el 19 de abril de 2016 en Santa Bárbara, California, EE. UU. Austriaco nacionalizado estadounidense.

WALTER KOHN (1923-2016)

Kohn era hijo de padres judíos y se crio en Viena. Se graduó en matemáticas y física por la Universidad de Toronto en 1945 y realizó una especialidad en Matemática Aplicada también en Toronto, que terminó en 1946. Se doctoró en física por la Universidad de Harvard en 1948, bajo la tutoría de JulianSchwinger. Fue profesor en la Carnegie MellonUniversity desde 1950 a 1960, donde realizó gran parte de su investigación sobre física de semiconductores.

Se trasladó más tarde a la recientemente fundada Universidad de California, San Diego en 1960, donde permaneció hasta 1979. Entonces aceptó el cargo de Primer Director del Instituto Kavli de Física Teórica, Santa Bárbara. Tomó posesión del cargo de profesor de la Universidad de California, Santa Bárbara en 1984, donde continuó dando clase como Profesor Emérito.

En 1957 recibió la ciudadanía estadounidense, pasando a tener la doble nacionalidad austriaca-estadounidense.

Durante su estancia a la Universidad Carnegie Mellon realizó investigaciones en la física de los semiconductores, materia que posteriormente cambió por la investigación de las características electrónicas de diversos materiales. En particular, Kohn desempeñó un papel importante en el desarrollo de la Teoría del Funcional Densidad, que posibilitó el incorporar los efectos de la mecánica cuántica en la densidad electrónica (en lugar de mediante la función de onda). Esta simplificación computacional ha sido muy fructífera y ha pasado a ser una herramienta esencial de la electrónica de materiales, atómica y molecular.

En 1998 fue galardonado con la mitad del Premio Nobel de Química*por el desarrollo de la teoría funcional de la densidad*. La otra mitad del premio recayó en John A. Pople por el desarrollo de métodos teóricos mediante los cuales se podían investigar las propiedades de las moléculas en los procesos químicos.

En 1961 obtuvo el Premio Buckley de la American PhysicalSociety por su obra.

JonhAnthony Pople. Nació el 31 de octubre de 1925 en Bumham-on-Sea, Reino Unido; y falleció el 15 de marzo de 2004 en Chicago, Illinois, EE. UU. Galardonado con el Premio Nobel de Química en 1998 por el desarrollo de métodos computacionales en química cuántica, en los que se basa el programa informático Gaussian. A través de este tipo de métodos se desarrolló la llamada química computacional.

JOHN ANTHONY POPLE (1925-2004)

Nació Somerset (Gran Bretaña). Se trasladó a Estados Unidos en la década de 1960 donde residió el resto de su vida.

A partir de los doce años se interesó por las matemáticas. Ingresó con una beca en la Universidad de Cambridge en 1943, donde se graduó en matemáticas en 1946.

En 1951 finalizó su doctorado en Matemáticas por la Universidad de Cambridge.

Desde 1964 hasta 1986 fue profesor de Química Física en la Universidad Carnegie-Mellon de Pittsburgh (EEUU).

En 1986 fue nombrado profesor de Química de la Universidad Northwestern, Illinois (EEUU).

Labor científica

En los años cincuenta realizó una labor pionera en el estudio de las bases teóricas del fenómeno de resonancia magnética nuclear, pero su mayor contribución a la ciencia fue el desarrollo de métodos de análisis numérico de las complejas ecuaciones de química cuántica que describen el comportamiento de las moléculas.

Desarrolló el primer programa de cálculo llamado Gaussian-70, y estuvo a disposición de la comunidad científica los primeros años de la década de los 70.

Kelvin, padre de la termodinámica: cuando la religión inspira a la ciencia.

Versión del artículo original de JAVIER SÁNCHEZ CAÑIZARES

TOMADO DE: CUADERNO DE CULTURA CIENTÍFICA

Este artículo fue publicado originalmente en The Conversation.

Javier Sánchez Cañizares *es doctor en Física por la Universidad Autónoma de Madrid y doctor en Teología por la Universidad Pontificia de la Santa Cruz. Actualmente es director del Grupo "Ciencia, Razón y Fe" (CRYF) e investigador del Grupo "Mente-Cerebro" del Instituto Cultura y Sociedad (ICS) de la Universidad de Navarra.*

**WILLIAM THOMSON, BARON KELVIN FOTOGRAFIADO POR T R ANNAN.
FUENTE IMAGEN: WIKIMEDIA COMMONS / WELLCOME COLLECTION, CC BY-SA.**

El 17 de diciembre se cumplen 114 años del fallecimiento de William Thomson, también conocido como barón Kelvin, uno de los físicos más reconocidos del siglo XIX por su aportación a la termodinámica. Su título nobiliario da nombre a la unidad de temperatura medida a partir del cero absoluto. Kelvin fue un *elder* (dirigente laico en la Iglesia de Escocia) de la Iglesia de St. Columba en Largs durante muchos años, y un cristiano devoto a lo largo de toda su vida. Al igual que otros muchos científicos antes y después que él, no veía conflicto alguno entre la ciencia y sus creencias.

Sus biógrafos coinciden en afirmar que buscaba soluciones a los problemas dentro del curso normal de la naturaleza. Al mismo tiempo, entendía las leyes de la naturaleza como la obra de una inteligencia creativa, de modo que la fe informaba y apoyaba su trabajo científico. Cuanto más profundizaba en su investigación, más próximo se sentía al teísmo.

Curiosamente, la nueva disciplina que fundó junto a otros físicos le llevó a entrar en polémica con la contemporánea teoría de la evolución mediante selección natural, sobre la que albergaba serias dudas. El problema residía en que la teoría de la evolución prestaba poca atención al enorme lapso de tiempo necesario para que la vida evolucione, mediante pequeños cambios, hasta alanzar la complejidad que hoy conocemos. Se aceptaba implícitamente una edad de la Tierra indefinida, según la visión geológica uniformista, que permitiría a los cambios aleatorios y a la selección natural realizar pacientemente su trabajo.

Pero las cosas no eran tan sencillas para Kelvin quien, precisamente gracias a los avances termodinámicos, comenzó a realizar estimaciones cada vez más precisas sobre el tiempo que nuestro planeta lleva existiendo. Los números del barón no cuadraban y la Tierra sería demasiado joven para que la estrategia de ensayo y error de la evolución pudiera producir una biosfera tan variada como la que observamos. Estos argumentos causaron dolores de cabeza al propio Darwin.

No obstante, el descubrimiento de la radiactividad, a finales del siglo XIX, abrió la posibilidad a una fuente de energía desconocida por Kelvin, que hacía irrelevantes sus cálculos sobre la antigüedad real de la Tierra y permitió al darwinismo respirar tranquilo. Sí. Había suficiente tiempo para la evolución.

La termodinámica entra en escena

¿Hay una influencia de la religión en la ciencia de este controvertido físico? Esta influencia es más sutil y duradera que lo que revelan sus opiniones filosóficas sobre la selección natural o su lucha por dotar a la evolución de un marco compatible con la física.

Debemos situar su inspiración religiosa en un nivel más profundo: el de su concepción termodinámica del universo. Quizás el momento donde más explícitamente aparece dicha inspiración sea su discurso de 1889, donde Kelvin rechaza la idea de un universo perfecto que evoluciona de acuerdo con ciclos atemporales y afirma que la dinámica de la naturaleza va más allá de regularidades perfectas, citando la Biblia ("los cielos desaparecerán estrepitosamente, los elementos se disolverán abrasados") como apoyo a la flecha temporal del universo.

El nuevo paradigma termodinámico, marcado por el desarrollo de la segunda ley (la entropía del universo siempre tiende a aumentar) y moldeado de forma esencial por Kelvin, depende crucialmente del concepto de "proceso irreversible". El científico pensaba que solo Dios era el creador eterno, siendo imposible que los seres humanos pudieran crear o destruir por sí mismos; pero en la decadencia orgánica y en la resistencia al movimiento llegó a concebir la "irreversibilidad" o "disipación" como una característica central y universal de los sistemas físicos: las montañas se erosionan y los animales mueren. La entropía del universo crece hasta que se alcance su "muerte térmica" y resulte imposible extraer de él energía en forma de trabajo.

El historiador Peter Bowler señala las semejanzas entre el pensamiento de Kelvin y el de su hermano James a este respecto:

"Ambos hermanos vieron sus investigaciones de la naturaleza como un medio de entender la creación divina. La motivación subyacente a su trabajo en termodinámica fue tanto práctica como religiosa. La cosmovisión de los hermanos se centró en la fuente de energía que impulsaba todos los procesos naturales. La fuente principal de energía era Dios, quien había creado la energía necesaria al principio, y las leyes de la naturaleza que había instituido conducían a una inevitable disminución en la cantidad de energía que quedaba disponible para el trabajo útil en los procesos naturales".

Si la idea dominante en la ciencia del siglo XVIII había sido la del equilibrio, con las fuerzas de la naturaleza trabajando continuamente para restablecerlo, la termodinámica mostraba una direccionalidad siempre presente en la naturaleza. En definitiva, la tensión entre la idea de un Creador y un mundo creado que decae de forma irreversible llegó a inspirar a Kelvin algo muy concreto sobre el funcionamiento del universo: su comprensión complementaria de las dos primeras leyes de la termodinámica.

Fritz London: cuando la química se hizo cuántica pero no se lo contaron a Pauling.

Versión del artículo original de CÉSAR TOMÉ LÓPEZ

TOMADO DE: CUADERNO DE CULTURA CIENTÍFICA

Una versión anterior de este texto se publicó en Experientia Docet *el 7 de abril de 2013.*

César Tomé López es divulgador científico y editor de Mapping Ignorance.

FRITZ LONDON

La concesión de la prestigiosa beca Guggenheim en 1926 le dio la oportunidad a Linus Pauling de visitar Europa y trabajar con Bohr en Copenhague, con Sommerfeld en Múnich, y con Schrödinger en Zúrich. Fue en Suiza donde coincidió con Fritz London, un joven filósofo cuyo interés en la mecánica cuántica le había llevado a realizar estudios postdoctorales con Sommerfeld. Pauling también discutiría extensamente de mecánica cuántica con Walter Heitler, que estaba haciendo su doctorado con Herzfeld pero en estrecho contacto con Sommerfeld. Es comprensible la estupefacción de Pauling al enterarse al año siguiente de que Heitler y London eran los autores del primer tratamiento mecanocuántico de un sistema químico: ninguno de los dos le había dicho nada de su trabajo en común. Años más tarde el propio Pauling describiría el acontecimiento como "la mayor contribución a la concepción química de valencia" desde la introducción por Lewis de la idea de par compartido en 1916.

HEITLER, PAULING, AVA PAULING, LONDON. MÚNICH, 1927.
LA MIRADA ENTRE HEITLER Y LONDON PODRÍA INTERPRETARSE COMO UN «SI ESTE SUPIERA».

Fritz London nació en 1900 en Breslavia (Breslau en alemán, Wrocław en polaco) en el seno de una próspera y cultivada familia germano-judía. Su padre era profesor de matemáticas en Breslavia (después lo sería en Bonn) y su madre era la hija de un fabricante de tejidos. London recibiría una educación clásica en Bonn lo que alimentaría su interés por la filosofía. Estudió esta disciplina en Bonn, Frankfurt y Múnich. Con sólo 21 años recibió un doctorado (summa cum laude) por la universidad de Múnich tras presentar una tesis espectacular: sin supervisión alguna, había elaborado toda una presentación de la teoría del conocimiento basada en el lenguaje simbólico y los métodos desarrollados por Peano, Russell y Whitehead. Presentó este trabajo como tesis de doctorado solo después de que Pfänder, que lo había recibido para comentarios, le animase a ello.

Las querencias filosóficas son detectables en todo el trabajo de London, caracterizado por una búsqueda constante de los principios generales y la exploración concienzuda de las bases lógicas de los temas elegidos. Nunca fue un mero calculista. Así, por ejemplo, en 1939 publicó con Ernst Bauer una breve monografía (en francés) sobre la teoría de la medida en mecánica cuántica.

Durante los tres años posteriores a la presentación de su tesis, London escribiría dos artículos filosóficos más y se ganaría la vida como profesor de instituto en varios lugares de Alemania. Pero sus intereses iban concretándose y en 1925 toma la decisión de volver a Múnich para trabajar en física teórica con Sommerfeld. Tras este período trabajaría con Ewald en Stuttgart y en Zúrich y en Berlín con Schrödinger.

En 1933 la persecución nazi llevó al judío London a abandonar Alemania. Pasaría dos años en Oxford y otros dos en París en el Institut Henri Poincaré. Finalmente, en 1939, aceptó el puesto de profesor de química teórica (el equivalente hoy sería química física) en la universidad Duke en Estados Unidos, donde permanecería hasta su muerte.

Entre 1925 y 1934 los intereses de London se centraron en la espectroscopía y en la nueva mecánica cuántica, especialmente aplicadas al estudio y caracterización del enlace químico. En 1927, como vimos, Heitler y London produjeron su tratamiento mecanocuántico de la molécula de hidrógeno.

Su problema era calcular la energía de la molécula de hidrógeno en la que dos electrones se mantienen unidos a dos protones. Si los núcleos estuviesen muy alejados la energía del sistema sería esencialmente la de dos átomos de hidrógeno separados, y sólo habría que considerar la interacción entre un electrón y un protón. Pero cuando los núcleos están próximos hay que considerar cuatro interacciones. Usando teoremas matemáticos que lord Rayleigh había desarrollado para estimar la energía mínima de una campana, Heitler y London pudieron ignorar el espinoso problema de la distribución efectiva de los electrones. La demostración de Heisenberg de que los electrones son indistinguibles (resonancia) les permitió hacer más simplificaciones.

Con todas estas aproximaciones consiguieron una expresión lo suficientemente simple de la ecuación de Schrödinger que la hacía manejable para obtener la ecuación de onda del hidrógeno. La solución arrojaba valores de la energía de enlace increíblemente próximos a los obtenidos experimentalmente a partir de estudios espectroscópicos.

Cuando hoy día lees un libro de texto que trate del enlace químico solo encontrarás, si acaso, el nombre de Pauling. Incluso en muchos textos de química física el desarrollo de Heitler y London aparece anónimamente. No solo eso, en algunas historias de la química la teoría del enlace parece una *creatio ex nihilo* de Pauling. Sabemos que no fue así y quizás, también, intuyamos por qué Heitler y London decidiesen, como años más tarde harían Watson y Crick, no anticipar nada de su trabajo a Pauling.

LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (Entrada 22)

Predicciones, confirmaciones, y reflexiones.
Relatividad general: Predicciones y confirmaciones de la teoría.

Versión de la publicación hecha por ARMANDO MARTÍNEZ TÉLLEZ el18 Marzo de 2009
Documento en línea: http://teoria-de-la-relatividad.blogspot.com/2009/03/18-el-calculo-tensorial

En 1916, Einstein propuso tres hechos experimentales para confirmar la veracidad de la Teoría General de la Relatividad:

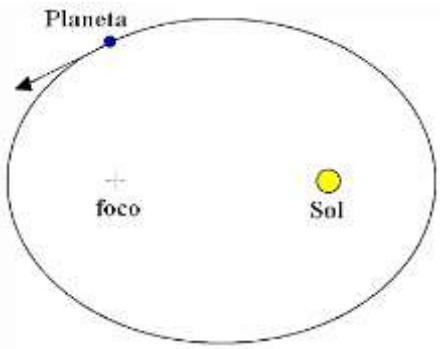
1) La precesión anómala de la órbita del planeta Mercurio alrededor del Sol.

2) La deflexión de los rayos luminosos ocasionada por la curvatura en el espacio-tiempo producida por el Sol en la cercanía a dicha estrella.

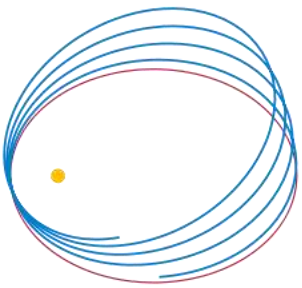
3) El corrimiento hacia el rojo de la luz ocasionado por la gravedad.

El primer gran triunfo de la Relatividad General fue, indudablemente, la explicación satisfactoria de la precesión anómala de la órbita del planeta Mercurio alrededor del Sol en concordancia con los datos experimentales. De hecho, en la derivación de sus ecuaciones tensoriales para formalizar matemáticamente a la Relatividad General, Einstein obtuvo entre los primeros resultados intermedios la explicación a la precesión anómala de Mercurio.

De acuerdo con las leyes de Kepler deducidas a partir de datos astronómicos y confirmadas por Newton mediante su ley de atracción universal, los planetas del sistema solar al trasladarse alrededor del Sol describen órbitas en forma de elipse, con el Sol ocupando uno de los focos de la elipse:



La trayectoria elíptica se mantiene invariable bajo la formulación matemática de las leyes de Newton, no hay absolutamente nada que pueda hacer cambiar dichas órbitas elípticas excepto la proximidad ocasional de otro planeta que introduzca alguna alteración en el recorrido causada por esa fuerza de atracción gravitacional extra. Sin embargo, en el caso del planeta Mercurio, el planeta del sistema solar más cercano al Sol, su punto de máxima aproximación, su *perihelio* (del griego *peri* que significa "cerca de" y *helios* que significa Sol) que está situado en el extremo derecho de la órbita de la figura de arriba, no siempre ocurre en el mismo lugar, sino que va cambiando de lugar año con año. Esta rotación gradual de la órbita elíptica de Mercurio es conocida como **precesión**:



La precesión de la órbita no es algo que sea peculiar a Mercurio, ya que todas las órbitas planetarias tienen su propia precesión, este es un efecto predicho por la teoría de Newton como consecuencia del "jaloneo" gravitacional de un planeta sobre otro cuando dos planetas se aproximan (también hay "jaloneos" múltiples cuando varios planetas se alinean a lo largo de una línea imaginaria radial hacia el Sol, aunque los efectos sobre la precesión no son detectables por su pequeñez). Lo importante en todo caso es si las predicciones hechas por Newton están de acuerdo matemáticamente con la magnitud de las precesiones observadas a través del telescopio. No basta con entender cualitativamente el origen de algún efecto, los argumentos que explican el efecto tienen que estar respaldados por datos numéricos para poder darle credibilidad a la teoría que explica el efecto. La precesión de las órbitas alrededor del Sol de todos los planetas parecía estar bien explicada en base a las ecuaciones de Newton. Pero Mercurio parecía ser la excepción.

Vista desde la Tierra, la precesión de la órbita de Mercurio tiene un valor (angular) de unos 5600 segundos de arco por siglo (un segundo de arco es igual a 1/3600 de grado). Las ecuaciones de Newton, tomando en consideración todos los efectos gravitacionales de los demás planetas sobre Mercurio, así como la deformación ligera del Sol debida a su propia rotación, más el hecho de que la Tierra no es un marco inercial de referencia en virtud de su propia rotación y traslación alrededor del Sol, predicen mediante las fórmulas de Newton una precesión de 5557 segundos de arco por siglo. Existe entonces una discrepancia de 43 segundos de arco por siglo, la cual no puede ser eliminada aun suponiendo que haya algunos errores experimentales de medición solventados con mediciones astronómicas cada vez más refinadas. Y esta discrepancia no puede ser explicada usando las fórmulas de Newton.

Se puede objetar con desconfianza, no sin cierta razón, el que una deflexión angular tan pequeña ocurriendo de una órbita a la siguiente pueda ser medida con tanta precisión con simples observaciones astronómicas obtenidas mediante telescopios inclusive desde antes de la formulación de la Relatividad General. Sin embargo, después de unos cincuenta años de observaciones astronómicas y de estar recabando datos, la precesión *acumulada* es ya de cincuenta tantos con respecto a la que tuvo lugar entre el primer año y el siguiente, y con sólo dividir entre 50 la precesión acumulada entre el primer año y el año cincuentavo obtenemos una aproximación razonablemente buena, la cual va mejorando conforme el efecto acumulado de más precesiones con el paso de más años se va volviendo más discernible en la mesa de los datos.

Aunque se propusieron muchas explicaciones "ad-hoc" para explicar la diferencia entre la precesión de la órbita del planeta Mercurio predicha por las ecuaciones de Newton y la precesión observada con mediciones astronómicas (por ejemplo, el suponer que había cierta cantidad de polvo estelar entre Mercurio y el Sol) estas explicaciones jamás pudieron ser confirmadas (las sondas espaciales que han sido enviadas a dicha región del sistema solar no han encontrado evidencia alguna de la existencia de polvo estelar entre Mercurio y el Sol).

En contraste, basándose en su Teoría General de la Relatividad, Einstein pudo explicar correctamente, sin necesidad de tener que hacer corrección alguna, esa precesión extra de 43 segundos de arco por siglo del planeta Mercurio. Aunque todas las mediciones astronómicas anteriores habían sido hechas mediante telescopios convencionales, las mediciones más precisas en la actualidad son hechas mediante radar. En base a estas mediciones más exactas, la precesión de la órbita de Mercurio tiene un valor de 5599,7 segundos de arco por siglo.

Fue el 18 de noviembre de 1915, poco antes de obtener las ecuaciones finales de campo de la Relatividad General, cuando Einstein basándose en las ecuaciones de campo del vacío publicó una derivación de la precesión orbital de Mercurio, la cual terminó siendo parte sin cambio alguno de la teoría que estaba próxima a ser concluida. Ya desde 1907 le había escrito a Conrad Habicht que estaba trabajando en una teoría de gravitación que esperaba que pudiera explicar la precesión anómala de Mercurio. Ocho años después, logró obtener exitosamente el resultado que esperaba obtener, comentándole a un amigo que estuvo sobrecogido por la emoción por varios días después de haber establecido una conexión sólida entre la teoría y las observaciones astronómicas. La demostración que publicó formalmente en 1915 es matemáticamente interesante, no sólo por la manera en la cual obtuvo la ecuación del movimiento de las ecuaciones de campo del vacío (*vacuumfieldequations*), sino por el método que utilizó para inferir la cantidad de precesión a partir de dicha ecuación, sin contar con el beneficio de la solución esféricamente simétrica de Schwarzschild, la cual fue encontrada por éste último a menos de un mes después cuando trabajaba en su puesto en el frente de guerra ruso. Careciendo de la solución esférica *exacta* a las ecuaciones de campo que sería encontrada por Schwarzschild, Einstein trabajó con una aproximación a la solución esféricamente simétrica de las ecuaciones de campo del vacío, escribiendo su métrica "aproximada" empleando coordenadas Cartesianas (rectangulares), la cual escrita en coordenadas polares toma la siguiente forma:

$$(d\tau)^2 = (1 - 2M/r)\,(dt)^2 - (1 + 2M/r)\,(dr)^2 - r^2\,(d\theta)^2 - r^2\,\mathrm{sen}^2\,(\theta)\,(d\varphi)^2$$

Schwarzschild pronto demostró que el coeficiente de $(dr)^2$ debería ser realmente $(1 - 2m/r)^{-1}$, lo cual está de acuerdo con la aproximación de Einstein únicamente hasta el primer orden en M/r. Dado el alto grado de simetría (esférica) en este caso, no es difícil obtener la solución exacta a partir de las ecuaciones de campo, pero el mismo Einstein no había anticipado que una solución exacta a las ecuaciones de campo pudiera existir.

En referencia a la derivación empleada por Einstein, el gran matemático David Hilbert, el cual también estaba trabajando en una teoría de campo unificado basándose en parte en la naciente teoría gravitacional de Einstein, le escribió con cierta envidia lo siguiente:

"... felicitaciones en su conquista del movimiento del perihelio. Si yo pudiera calcular tan rápidamente como usted, en mis ecuaciones el electrón debe corresponder capitulando, y simultáneamente el átomo de hidrógeno debería presentar sus disculpas sobre el por qué no produce radiación".

De acuerdo con la Relatividad General, el *desplazamiento angular del perihelio por revolución* $\delta\varphi$ (se entiende aquí por revolución una órbita completa del planeta aunque dicha órbita no se "cierre") a causa de la corrección relativística a la órbita elíptica Newtoniana clásica está dado por la siguiente fórmula (cuyo resultado está dado en radianes por cada revolución completa alrededor del Sol):

$$\delta\phi = 6\pi \frac{GM}{c^2} \frac{1}{a(1-e^2)}$$

En esta relación el parámetro *a* es lo que llamamos el *semieje mayor de la órbita* (igual a la mitad del diámetro mayor de la elipse) y *e* es la excentricidad de la elipse (en el caso de un círculo, *e*=0 y no hay excentricidad, y entre mayor sea *e* tanto más elongada será la elipse). En algunos textos tradicionales, la cantidad $a(1\text{-}e^2)$ es conocida como el *latus rectum*. (Para una órbita circular, el *semi-latus rectum* es igual al radio de la órbita.) Puesto que la distancia del perihelio *p* está relacionada al semieje mayor mediante $p=a(1\text{-}e)$, podemos escribir también:

$$\delta\phi = 6\pi \frac{GM}{c^2} \frac{1}{p(1+e)}$$

La fracción GM/c^2 es igual a la mitad de una distancia conocida como el *radio de Schwarazschild*. Poniendo valores:

Constante de Gravitación Universal = $G = 6{,}674215\cdot10^{-11}$ $m^3/kg\text{-}seg^2$

Masa del Sol = $M = 1{,}99\cdot10^{30}$ Kilogramos

encontramos que para el Sol:

$$GM/c^2 = (6{,}674215\cdot10^{-11})\,(1{,}99\cdot10^{30})\,/(3\cdot10^8)^2 = 1.476 \text{ Kilómetros}$$

Esta es una distancia muy pequeña si la comparamos con la distancia del perihelio de Mercurio de 46 millones de kilómetros al centro del Sol. Por lo tanto, el desplazamiento angular del perihelio por revolución es una cantidad muy pequeña.

Utilizando directamente la fórmula de arriba, obtenemos $\delta\varphi = 4{,}99\cdot10^{-7}$ radianes por órbita, lo cual utilizando la conversión:

2π radianes = 360 grados = 21,600 minutos = $1{,}296\cdot10^6$ segundos

1 segundo de arco = 1" arco = $4{,}848\cdot10^{-6}$ radianes

encontramos que equivale a $(4{,}99\cdot10^{-7})/(4{,}848\cdot10^{-6})=0{,}103$ segundos de arco por revolución, y puesto que Mercurio le da la vuelta al Sol cada 87,969 días o bien:

$$(87{,}969 \text{ días}) /(365 \text{ días/año}) = 0{,}241 \text{ año/revolución}$$

entonces el desplazamiento angular $\delta\varphi$ de la órbita a causa de la precesión es igual a:

$$\delta\varphi = (0{,}103''/\text{revolución}) /(0{,}241 \text{ año/revolución})$$
$$\delta\varphi = 0{,}43''/\text{año} = 43''/\text{siglo}$$

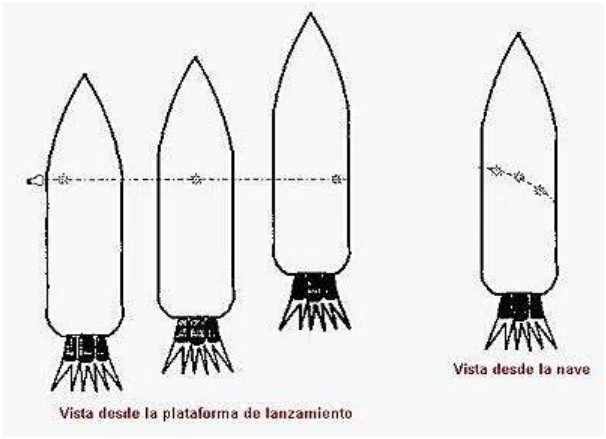
que es justamente lo requerido para explicar la discrepancia observada astronómicamente en la precesión de la órbita de Mercurio, la cual no puede ser explicada mediante la aplicación de la ley de la gravitación universal de Newton.

La derivación de la fórmula para el desplazamiento angular del perihelio por revolución no es un asunto muy complicado si empezamos con la solución exacta a las ecuaciones de Einstein conocida bajo una simetría esférica, o sea empleando la *métrica de Schwarzschild*, a partir de la cual podemos obtener directamente la ecuación de movimiento de una partícula en proximidad a un astro de masa grande como el Sol. Si el lector desea anticiparse un poco al material que será tratado posteriormente, puede encontrar dos derivaciones de la fórmula en el enlace *Wikipedia* proporcionado al final de esta entrada, en la sección titulada "Precession of ellipticalorbits". Sin embargo, el lector tal vez quiera esperar un poco hasta que tratemos temas tales como los tensores, las métricas y las geodésicas antes de intentar comprender plenamente lo que hay detrás de la derivación de la fórmula.

Habiendo aceptado la noción de que la presencia de cualquier cantidad de masa en el espacio-tiempo introduce una curvatura en el mismo, la Relatividad General nos prepara para una de sus predicciones que junto con la explicación de la precesión anómala del planeta Mercurio fue la primera en ser confirmada experimentalmente: **la curvatura de la trayectoria de un rayo de luz en presencia de un campo gravitacional intenso**.

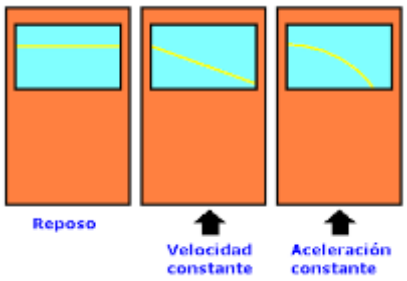
Todavía hasta los tiempos de James Clerk Maxwell, el padre de la teoría del electromagnetismo, e inclusive después de él, no había razón alguna para suponer que la luz pudiera interactuar de modo alguno con un campo gravitacional. Siendo la luz una onda electromagnética carente de masa, se trataba de fenómenos completamente diferentes, y punto. De las cuatro ecuaciones de Maxwell no era posible deducir ni obtener interacción alguna ya sea de carácter eléctrico o magnético con la gravedad de la Tierra o cualquier otro cuerpo, la fórmula para la fuerza de atracción la gravedad no entraba en ellas. Sin embargo, la Teoría General de la Relatividad no tardó en cambiar el panorama.

Primero que nada, debe sernos claro que un observador que esté en reposo con respecto a un rayo de luz y un observador que esté acelerándose con respecto al mismo rayo de luz verán al rayo de luz de maneras distintas. El observador que está en reposo sin estar sujeto a aceleración alguna verá a un rayo de luz viajar en línea recta. En cambio, un observador que esté acelerándose verá al rayo de luz *seguir una trayectoria curva*. Esto se vuelve más claro considerando el siguiente experimento hipotético:



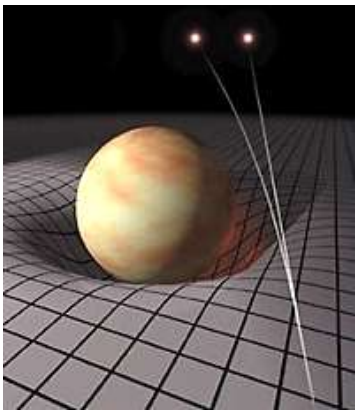
En la plataforma de lanzamiento de la nave que suponemos que se está acelerando rápidamente con la ayuda de motores muy potentes, la vista que tiene un observador descansando sobre la plataforma de lanzamiento de un rayo de luz que es disparado horizontalmente desde una lámpara montada sobre la plataforma de lanzamiento es precisamente de un rayo de luz horizontal. Eso es lo que vería al ver a la nave despegando al mismo tiempo a una aceleración enorme. Pero la vista que tiene un viajero que va adentro de la nave de ese mismo rayo de luz es diferente, ya que lo que él ve es un rayo de luz que se va curveando hacia abajo.

Supóngase que tomamos a nuestro viajero de ferrocarril con el cual empezamos nuestra discusión sobre el tema de la relatividad en la entrada "El movimiento absoluto", y lo movemos a un elevador especial, el cual tiene una ventana al exterior, de modo tal que el movimiento de nuestro viajero ya no será llevado a cabo horizontalmente sino verticalmente. Supóngase que inicialmente está reposo con respecto a un observador externo que dispara un rayo de luz horizontal. Nuestro pasajero en el elevador verá también al rayo de luz desplazarse horizontalmente. Si el elevador se está desplazando hacia arriba a una gran velocidad que se mantiene constante, entonces por los efectos propios de los dos postulados de la Teoría Espacial de la Relatividad con los cuales descubrimos los efectos de la dilatación del tiempo y la contracción de longitud el rayo de luz recorrerá una distancia mayor tal y como lo ve nuestro viajero desde su ventanilla de observación:



Al estarse moviendo el elevador a una velocidad *constante*, nuestro viajero no experimenta fuerza alguna que le permita determinar si es él quien está en movimiento en un elevador que está subiendo o si la persona fuera del elevador con la linterna de luz en la mano es la que está bajando a gran velocidad provocando que el rayo de luz tome la ruta de una línea recta inclinada. Pero si el elevador va cambiando bruscamente de velocidad, moviéndose hacia arriba a velocidades cada vez más cercanas a la velocidad de la luz, nuestro viajero sabe perfectamente que él está sujeto a una aceleración producida ya sea por unos motores potentes puestos debajo del elevador impulsándolo hacia arriba a velocidades cada vez mayores, y esto lo confirmará al asomarse por la ventanilla y ver que el rayo de luz toma una trayectoria curva.

Ahora apelaremos al *principio de equivalencia* de la Relatividad General que nos dice que estar en un marco de referencia acelerado es equivalente a estar en reposo en un campo gravitacional. Si esto es cierto, entonces un rayo de luz que pase cerca de un campo gravitacional será desviado experimentando una curvatura en su trayectoria. Puesto de otra manera, un rayo de luz que pase cerca de un planeta será desviado de su dirección rectilínea. Sin embargo, aquí no hay atracción gravitacional alguna que esté siendo ejercida sobre el rayo de luz, en virtud de que la atracción gravitacional postulada por Isaac Newton no existe. Lo que sucede es que el rayo de luz se mueve a lo largo de la curvatura introducida en una región del espacio-tiempo por la presencia de un objeto con una cantidad apreciable de masa. Esto quiere decir que si llega a nosotros un rayo de luz de una estrella distante, y ese rayo de luz ha pasado cerca de uno de los planetas exteriores de nuestro sistema solar, ese rayo será desviado y la posición en el cielo en la que nosotros vemos a dicha estrella no es su posición verdadera. Esto está ilustrado en el siguiente dibujo:

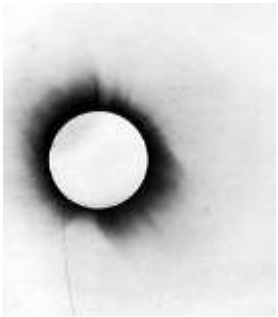


La estrella cuya luz nos llega desde muy lejos, en su posición verdadera, sufre una desviación en su trayectoria a causa de la curvatura introducida en el espacio-tiempo por el planeta cerca del cual pasa el rayo de luz. Si nos dejamos guiar por la línea recta a lo largo de la cual viaja directamente hacia nosotros la luz de la estrella, terminaremos creyendo que la estrella está situada en el lado derecho en donde aparece la estrella en la parte superior del dibujo. Pero la estrella está realmente situada a la izquierda de esta ilusión óptica, que bien pudiéramos llamar *ilusión óptica gravitacional*.

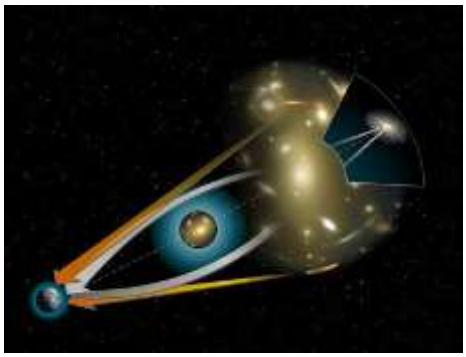
Es importante dejar otra cosa en claro: aunque la trayectoria que sigue un rayo de luz puede ser desviada en presencia de un campo gravitacional intenso, **la luz mantiene exactamente su misma velocidad en presencia de un campo gravitacional, ni aumenta ni disminuye su velocidad**. Sigue siendo la misma referencia absoluta, universal, que no cambia ni en la Teoría Especial de la Relatividad ni en la Teoría General de la Relatividad. Sin embargo, al tomar una trayectoria curvilínea en vez de continuar adelante siguiendo una trayectoria en línea recta, *un rayo de luz nos puede confirmar de inmediato si en el lugar por donde está pasando el espacio-tiempo ha dejado de ser plano adquiriendo una curvatura*.

Para confirmar la predicción teórica de la deflexión de los rayos luminosos ocasionada por la curvatura en el espacio-tiempo producida por el Sol, nuestra estrella más cercana, el 29 de mayo de 1919 poco después de la Primera Guerra Mundial se llevó a cabo una expedición encabezada por Sir Arthur Eddington a la isla de Príncipe cerca de África, en donde se esperaba un eclipse solar total. Normalmente, la luz que nos llega de las estrellas lejanas y que pasa cerca del borde exterior del disco solar no se puede distinguir a causa de la brillantez de la misma luz solar. Sin embargo, si el disco del Sol es cubierto por un cuerpo opaco lo suficientemente grande, como el de la Luna durante un eclipse, entonces la luz solar ya no opaca totalmente a la luz de las estrellas que llega hasta nosotros pasando por dicho borde.

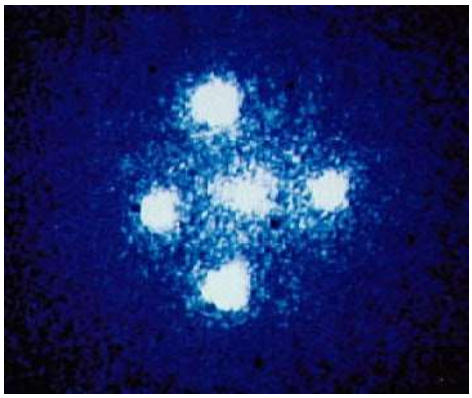
En principio, una fotografía de la región del Universo situada justo detrás del Sol al momento de ser tomada durante el eclipse solar, comparada con otra fotografía tomada de esa misma región con el Sol fuera del camino en virtud del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, debe mostrarnos a las estrellas más cercanas entre sí al crearse el efecto óptico por la desviación relativista gravitatoria de la luz de esas estrellas al pasar cerca del Sol que cuando las vemos en una noche obscura. A continuación tenemos el "negativo" fotográfico de una de las placas tomadas durante esa famosa expedición (el término "negativo" fotográfico, una inversión de la luminosidad mostrada por una placa, tal vez no sea muy claro para las nuevas generaciones acostumbradas a las cámaras fotográficas digitales sin haber conocido las cámaras "antigüitas" basadas en soluciones de plata, y una comparación equivalente sería imaginarnos a la placa como una placa de rayos-X aunque en realidad no lo es):



Los resultados positivos anunciados por Eddington en su tiempo fueron aplaudidos como una confirmación de la Relatividad General, aunque eventualmente esos resultados estuvieron siendo puestos en tela de duda por las incertidumbres experimentales astronómicas capaces de ser confundidas con efectos relativistas. Si nos fijamos en la placa fotográfica, pese a la oclusión del astro solar ocasionada por la Luna, la posición de las estrellas situadas alrededor del Sol así como la nitidez de las mismas no es algo tan pronunciado como pudiera esperarse. Aun así, Eddington y otros astrónomos, en su interpretación de los resultados obtenidos, encontraron suficiente evidencia para considerar a los resultados como una confirmación de la Relatividad General. De cualquier manera, hay otro efecto similar de confirmación astronómica que en su tiempo no se le había ocurrido ni siquiera al mismo Einstein: *la creación de imágenes dobles o inclusive múltiples por el efecto conocido como* ***lentes gravitacionales***. Y la detección de este efecto es posible llevarla a cabo en un cielo totalmente oscuro, porque la masa que desvía los rayos luminosos que nos llegan de las estrellas no es la masa del Sol brillante tan cercano a nosotros sino otra masa grande que incluso puede ser opaca (como una estrella de neutrones) situada entre nosotros y dichas estrellas. La siguiente ilustración nos muestra cómo es posible que se formen imágenes dobles, de las cuales ya se han corroborado varias:



A continuación tenemos una fotografía tomada por el telescopio espacial Hubble que nos muestra de manera concluyente un ejemplo de lente gravitacional:



En esta fotografía, lo que en las puntas parecen ser cuatro estrellas situadas en forma de cruz (la configuración es conocida como la *Cruz de Einstein*) en realidad son imágenes *de la misma estrella*, una estrella quásar designada en el catálogo astronómico internacional como G2237+0305. El cuerpo central en realidad es una galaxia situada entre nosotros y la estrella, la galaxia CGCG 378-15 que está actuando como una lente gravitacional desviando los rayos luminosos de la quásar de modo tal que nos llegan cuatro imágenes de la misma estrella a la Tierra.

En la entrada "El efecto Doppler relativista" correspondiente a la Teoría Especial de la Relatividad, vimos cómo cuando en el espacio libre un viajero con una fuente luminosa en sus manos se está alejando de nosotros la frecuencia de las ondas luminosas que nos llega de su lámpara es menor no sólo por el efecto del corrimiento Doppler sino por los efectos relativistas de la dilatación del tiempo. Esto supone que la fuente está *en movimiento* alejándose de nosotros.

Pero en la Relatividad General, no es necesario que una fuente luminosa se esté alejando de nosotros a gran velocidad para que la frecuencia de una señal emitida desde la fuente nos llegue disminuida a nosotros. Podemos estar siempre a la misma distancia de otro observador (digamos unos mil millones de kilómetros) y sin embargo un haz luminoso que nos envíe el observador que él ve de color azul nos puede llegar de color verde o rojo. Para que esto ocurra, el observador que nos manda el haz de luz debe estar en la superficie de un planeta o de un cuerpo celeste con un campo gravitacional intenso, con lo cual la curvatura provocada en lo que de otro modo sería un espacio-tiempo *plano* hace que la coordenada del tiempo se dilate en la superficie del cuerpo masivo con respecto al tiempo medido en el espacio libre exterior por un observador en reposo libre del campo gravitacional.

La fórmula para la **dilatación gravitacional del tiempo** medida por un reloj situado dentro de un campo gravitacional es:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{Rc^2}}}$$

en donde T es el intervalo de tiempo medido por un observador que se encuentra en el espacio libre alejado del campo gravitacional. Se recalca aquí que esta dilatación del tiempo es distinta a la dilatación del tiempo tratada dentro de la Teoría Especial de la Relatividad. Esta misma fórmula, para el campo gravitacional de la Tierra en su superficie, se convierte en:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{2gR}{c^2}}}$$

Utilizando la expansión binomial por series:

$$\frac{1}{\sqrt{1-x}} = 1 + \frac{x}{2} + \frac{3}{8}x^2 + \frac{5}{16}x^3 + \ldots$$

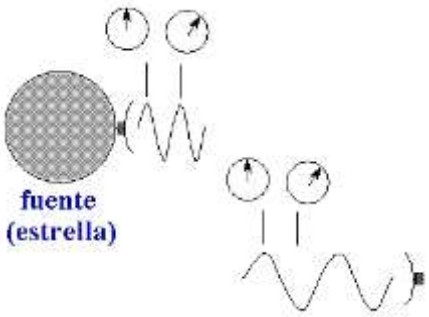
y los valores de g = 9,8 metros/seg² para la superficie de la Tierra así como R = $6{,}38 \cdot 10^6$ metros para el radio medio de la Tierra, encontramos que:

$$T = T_0\left(1 + \frac{gR}{c^2} + \frac{3g^2R^2}{2c^4} + \ldots\right)$$

$$T = T_0\left(1 + 6.95x10^{-10} + 7.2x10^{-19} + \ldots\right)$$

con lo cual se antoja extremadamente difícil el poder medir en la superficie de la Tierra un corrimiento al rojo gravitacional.

Puesto que la gravedad dilata al tiempo, al estar lejos de una estrella masiva tenemos que esperar más para ver pasar la siguiente cresta de una onda luminosa que los observadores que estén en la superficie de la estrella masiva. Puesto que la luz viaja siempre a la misma velocidad, este incremento en el período de tiempo de cresta a cresta de la onda luminosa implica que la longitud de onda λ será mayor al llegar a nosotros que al salir disparada del cuerpo masivo:



En otras palabras, hay un corrimiento hacia el rojo causado por el campo gravitacional, el cual no tiene absolutamente nada que ver con el efecto Doppler ya que el cuerpo masivo puede estar siempre estacionario (a la misma distancia) de nosotros y el corrimiento al rojo ocurrirá de todas maneras. Este efecto de corrimiento hacia el rojo ocasionado por un campo gravitacional intenso y el cual no tiene nada que ver con el efecto Doppler causado por un movimiento del cuerpo alejándose de nosotros es conocido como el **corrimiento al rojo gravitacional** o **desplazamiento Einstein**.

El corrimiento al rojo gravitacional es una consecuencia directa del Principio de Equivalencia de la Relatividad General, ya que de acuerdo a dicho principio cualquier corrimiento de frecuencia que pueda ser ocasionado por una fuente que se está acelerando *alejándose* de nosotros (lo cual ya hemos tratado en la entrada "El efecto Doppler relativista") también puede ser producido por un campo gravitacional. Por lo tanto, el corrimiento al rojo que se puede esperar como consecuencia de un campo gravitacional puede ser relacionado directamente con el corrimiento Doppler relativista que se obtiene de una fuente luminosa que se está alejando de nosotros. Para una velocidad V de la fuente luminosa suficientemente baja en comparación con la velocidad de la luz, el desplazamiento Doppler está dado por la fórmula:

$$f = f_0\,[\,1 + V/c]$$

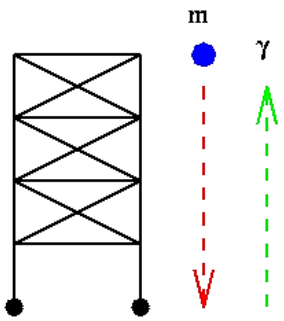
Para una aceleración constante a (como es el caso con la gravedad de la Tierra) con la cual el observador al recorrer una distancia L se ha acelerado a una velocidad V en un tiempo L/c, la expresión se transforma en:

$$f = f_0\,[\,1 + aL/c^2]$$

Y el símil de esta fórmula *en un campo gravitacional* será, reemplazando la aceleración por g:

$$f = f_0\,[\,1 + gL/c^2]$$

Desde la óptica de la mecánica cuántica y el principio de la conservación de la energía, no es difícil ver el por qué un haz luminoso debe experimentar un corrimiento hacia el rojo cuando es emitido en presencia de un campo gravitacional intenso. Considérese el siguiente*gedanken* (experimento hipotético) que fue propuesto inicialmente por el mismo Einstein, en el cual tenemos una torre alta de altura h y desde la cual dejamos caer libremente hacia el suelo con una aceleración g desde lo alto de la torre una partícula cuya masa en reposo es $\mathbf{m_0}$ y cuya energía de movimiento al tocar el suelo es convertida totalmente por algún procedimiento ingenioso en un fotón de haz luminoso γ de frecuencia f:



Al caer libremente hacia la superficie de la Tierra por la acción de la gravedad, la partícula toca el suelo con una velocidad v. Puesto que toda la energía potencial E_p que tenía la partícula fue convertida en energía cinética E_c, esta velocidad será igual a:

$$E_p = E_c$$
$$mgh = \tfrac{1}{2}mv^2$$
$$v = \sqrt{2gh}$$

De este modo, un observador al pie de la torre medirá en la partícula una energía total E igual a la energía en reposo E_0 de la partícula más su energía cinética E_c:

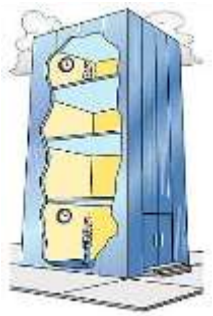
$$E = E_0 + E_c$$
$$E = m_0c^2 + \tfrac{1}{2}mv^2$$

Esto nos indica que al haber dejado caer a la partícula inicialmente en reposo desde lo alto de la torre *hemos ganado energía*. La energía no es simplemente E_0 sino E. Supongamos ahora que el observador al pie de la torre tiene un método ingenioso que puede utilizar para convertir toda esta energía E en un fotón luminoso que envía hacia lo alto de la torre. Este es un procedimiento que no viola las leyes de conservación puesto que la Tierra absorbe el *momentum* del fotón pero no su energía. Si el fotón no cambia *en nada*, entonces va a llegar a lo alto de la torre con la misma energía que tenía al momento de ser enviado desde el pie de la torre. Después de llegar a lo alto de la torre, el fotón es convertido nuevamente por otro procedimiento ingenioso a una partícula cuya masa en reposo es m'_0 siendo su energía E'_0. Pero ahora tenemos una masa *con un contenido energético total mayor que el que teníamos antes*. Si repetimos el proceso dejando caer la partícula desde lo alto de la torre, ganará todavía más energía, la cual al ser convertida la partícula en un fotón enviado hacia lo alto de la torre se sumará a la energía *extra* que ya se había adquirido antes. En pocas palabras, estamos terminando con más energía que la que teníamos cuando empezamos. *Se está creando energía de la nada*. Sin embargo, si algo nos ha mostrado la Naturaleza que ha sido confirmado por todos los experimentos habidos y por haber, es que no hay nada gratis tratándose de cuestiones de energía. La energía simplemente no aparece de la nada gratuitamente, cuando lo hace podemos estar seguros de que hay un déficit en otro lado que neutraliza la ganancia. Es así como sospechamos que la energía en reposo E'_0 que tiene la masa al ser devuelta como un fotón hacia lo alto de la torre debe ser igual a la energía en reposo *original* E_0 con la cual se dejó caer a la partícula desde lo alto de la torre (o lo que es lo mismo, la masa de la partícula que llega a lo alto de la torre debe ser la misma que la masa de la partícula que fue dejada caer desde la torre), ya que de no ser así podríamos obtener un movimiento perpetuo *con la energía ganada por la partícula al caer de lo alto de la torre*. Pero desde hace ya bastantes años que la ciencia descartó la posibilidad de máquinas de movimiento perpetuo. Ahora bien, de acuerdo con la mecánica cuántica, la energía E_f de un fotón depende *única y exclusivamente de la frecuencia f del fotón* de acuerdo con la siguiente fórmula:

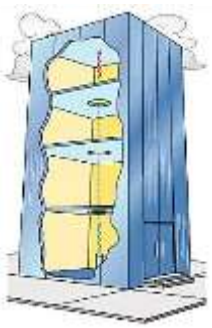
$$E_f = h\,f$$

en donde h es la *constante de Planck*. Esto nos lleva a concluir que la energía del fotón al ser enviado desde el suelo hasta lo alto de la torre *no es igual a la energía con la cual el fotón llega a lo alto de la torre*, la energía debe ser necesariamente menor ya que de otra manera podríamos construir una máquina de movimiento perpetuo violando el segundo principio de la termodinámica que excluye la posibilidad de poder construir máquinas de movimiento perpetuo. Y la única manera en la cual el fotón puede llegar a lo alto de la torre con una energía menor a la que tenía cuando fue enviado desde el suelo hacia la torre es llegando con una frecuencia que la que tenía cuando fue enviado; en otras palabras, *experimentando un corrimiento hacia el rojo*. En principio, la frecuencia del fotón se va corriendo hacia el rojo conforme el fotón se va alejando del campo gravitacional, y al llegar a la torre la energía perdida por el fotón debe ser exactamente igual a la energía cinética ganada por la masa al caer desde lo alto de la torre. Ni creación ni desaparición de energía, tal y como lo pide el principio de la conservación de la energía (o mejor dicho, el principio de la conservación de la masa-energía).

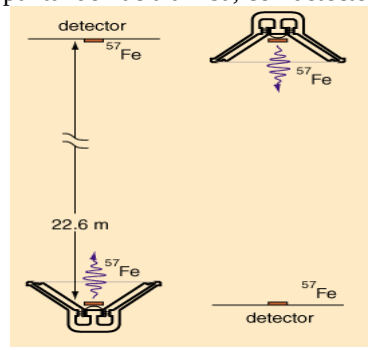
Imaginemos un edificio situado sobre la superficie de un planeta con un campo gravitacional intenso. Entonces, al menos teóricamente, el tiempo correrá más lentamente en el primer piso del edificio que en cualquiera de los pisos superiores (para una persona ordinaria esta diferencia será indetectable):



Entonces, por el efecto de la dilatación del tiempo, la onda luminosa se irá estirando conforme sube del primer piso al segundo piso y hacia los pisos superiores del edificio:



Aunque resulte difícil de creer, el corrimiento al rojo gravitacional ha sido verificado experimentalmente aquí mismo en la Tierra utilizando el *efecto Mössbauer* (descubierto en 1957 por el físico Rudolf Mössbauer, un efecto que tiene que ver con la emisión y absorción resonante y libre de retroceso de rayos gamma por parte de átomos de un sólido). El experimento, conocido como el *experimento Pound-Rebka*, fue efectuado en 1959 por R. V. Pound y G. A. Rebka Jr. en el Jefferson Physical Laboratory de la Universidad de Harvard utilizando una variación de la espectroscopía Mössbauer basada en el efecto del mismo nombre. Para ello se utilizaron dos emisores separados a una altura de 22,6 metros, uno apuntando hacia abajo y el otro apuntando hacia arriba, con detectores situados en los extremos opuestos:



En base a lo que se ha señalado anteriormente, la fórmula para obtener el cambio debido al corrimiento al rojo gravitacional es:

$$f = f_0 \left[1 + \frac{gh}{c^2} \right]$$

En una diferencia de altura de 22,6 metros el corrimiento al rojo por la diferencia entre la gravedad de la Tierra a esa diferencia en la altura es de apenas $4{,}92 \cdot 10^{-15}$, pero gracias al efecto Mossbauer utilizando rayos gamma con una energía de 14,4 KeV del hierro-57, se encontró que los resultados experimentales confirmaron que las predicciones de la Relatividad General estaban apoyadas por las observaciones con un nivel del 10% de confianza, refinándose más tarde el resultado por Pound y Snider consiguiéndose mejorar el nivel de confianza hasta un 1% de confianza. El experimento fue repetido con ambos emisores y detectores colocados *al mismo nivel sobre la superficie de la Tierra* en vez de ser colocados a alturas diferentes, aunque manteniendo la separación de 22,6 metros, y se encontró que la frecuencia de cada señal al ser emitida era la misma que la frecuencia que tenía la señal al ser recibida por el detector situado a 22,6 metros de distancia al mismo nivel sobre la superficie de la Tierra. Los corrimientos de frecuencia cuando los emisores y detectores están separados *verticalmente*, no cuando están separados horizontalmente, resultan ser iguales a los predichos por las fórmulas obtenidas de la Relatividad General. Se considera que fue el experimento Pound-Rebka, cuyos resultados fueron publicados en 1959 por el *Physical Review Letters*, el que introdujo una era de pruebas de *precisión* de la Relatividad General.

Desafortunadamente el corrimiento hacia el rojo por efecto de un campo gravitacional ocasionado desde la superficie de un astro se confunde con el corrimiento hacia el rojo debido al movimiento rápido con el cual el astro se está alejando de nosotros que produce su propio efecto relativista, lo cual hace que los efectos se combinen dando como consecuencia un solo resultado, el corrimiento hacia el rojo, pero sin quedar muy claro cuánto de ese corrimiento hacia el rojo puede ser ocasionado por el efecto del campo gravitacional y cuánto se puede deber al efecto Doppler relativista al estarse alejando el astro rápidamente de nosotros. Inclusive en la actualidad esto sigue siendo un tema de controversia que no se ha resuelto del todo y sigue siendo objeto de una investigación intensa.

Al empezar a cubrir el tema de la Teoría Especial de la Relatividad en una entrada anterior titulada “Las consecuencias directas de la teoría”, se señaló que el tiempo medido por un satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra como ocurre con cada uno de los 24 satélites utilizados por el Sistema de Posicionamiento Global o Global Positioning System (GPS) será más lento que el tiempo medido en la Tierra. Este es un efecto relativista debido enteramente a la Teoría Especial de la Relatividad, cuando aún no se había desarrollado la Relatividad General, cuando aún no se sabía que los cambios en la gravedad de la Tierra con la altura también podían introducir sus propios efectos relativistas de dilatación del tiempo. Esto significa que para un satélite que está en órbita dándole vueltas a la Tierra, el *efecto relativista total* tiene que ser calculado sumando el efecto relativista debido al movimiento relativo entre el satélite y la Tierra junto con el efecto relativista debido a la diferencia que hay entre la gravedad de la superficie de la Tierra y la gravedad a una altura de más de 500 kilómetros sobre la superficie de la Tierra. (Esta complicación no ocurre desde luego tratándose de los satélites artificiales *geoestacionarios*, los cuales se mueven en la misma dirección de la rotación de la Tierra de modo tal que parecen estar suspendidos en el aire a gran altura sobre nosotros sin cambiar de posición; en tal caso la única corrección relativista por efectos de dilatación del tiempo que hay que aplicar es la que predice la Relatividad General, en todos los demás casos hay que combinar ambos efectos.) No es inusual encontrarse con la necesidad de tener que aplicar **correcciones relativistas combinadas** motivadas por el hecho de que, además de las correcciones relativistas requeridas para compensar por los efectos causados por la Teoría Especial de la Relatividad, a estos efectos tengamos que agregar los efectos relativistas causados por la gravedad. Esto lo podemos expresar mediante la siguiente fórmula:

efecto relativista combinado = efecto ocasionado por la Teoria Especial de la Relatividad + efecto ocasionado por la Teoria General de la Relatividad

Otra consecuencia interesante de la Relatividad General concierne algo que posiblemente al mismo Newton le despertó sospechas. De acuerdo con la teoría de la gravitación universal, dos cuerpos se atraen en razón directa del producto de sus masas y en razón inversa del cuadrado de la distancia que separa sus centros de gravedad. Así es como la Tierra mantiene a la Luna dentro de una órbita aproximadamente circular en torno a la Tierra.

La fuerza de atracción ejercida por la Tierra sobre la Luna es la misma ya sea que la Tierra esté girando con un movimiento de rotación sobre su eje o que permanezca estática frente a la Luna. Esto quiere decir que si la Tierra empezara a girar con mayor velocidad angular, la Luna no sentiría efecto alguno, porque la fuerza de atracción propuesta por Newton no tiene absolutamente nada que ver con la cantidad de energía rotacional que posea la Tierra, únicamente depende de la masa de la Tierra y la distancia de la Tierra a la Luna. Sin embargo, un planeta en rotación definitivamente posee cierta cantidad de energía, definida clásicamente mediante la siguiente fórmula:

$$E = \tfrac{1}{2} I \omega^2$$

en donde ω es la velocidad angular de la Tierra e I es el momento de inercia de la Tierra, la cual sí es considerada como un objeto aproximadamente esférico de radio R y de densidad constante entonces para fines de cálculo posee un momento de inercia I que está dado por la fórmula:

$$I = 2MR^2/5$$

Considerando la cantidad de masa M que posee la Tierra ($5{,}98 \cdot 10^{24}$ kilogramos) y un movimiento de rotación con un período de 24 horas, estamos hablando aquí de una cantidad considerable de energía de movimiento. ¿Cómo es posible que tanta energía no produzca absolutamente ningún efecto así sea minúsculo sobre el cuerpo que está siendo objeto de atracción? Esto quiere decir que si pudiéramos ocultar a la Tierra detrás de una cortina plana que le impidiera a un astronauta ver a la Tierra desde la Luna, éste no tendría forma alguna de saber si la Tierra está estática, girando lentamente o girando a gran velocidad, a menos de que la lámina sea levantada y se le permita ver a la Tierra. La formulación matemática de las leyes de Newton no permite establecer diferencia alguna. La ley de Newton para la gravitación universal no permite que esta energía rotacional pueda ser tomada en consideración aunque pueda variar enormemente, algo que posiblemente habrá frustrado al mismo Newton dejándolo con dudas sobre los alcances de su teoría.

Desde la perspectiva de la Relatividad General, la masa M de la Tierra es equivalente a cierta cantidad de energía E en base a la relación $E = mc^2$, de modo tal que si decimos que la *energía en reposo* resultante *de la masa de la Tierra* es la que está manteniendo a la Luna en su órbita, estaríamos en lo correcto. Pero al hablar del equivalente energético de la masa M de la Tierra, estamos utilizando un concepto en el cual podemos incluir sin problema alguno *la energía rotacional de la Tierra*. En la Relatividad General, tanto la masa como la energía son capaces de provocar una curvatura en el espacio-tiempo, porque han sido unificadas bajo un solo concepto en la Teoría Especial de la Relatividad. Si la Tierra no girase en torno a su propio eje, si estuviese estática frente a la Luna, entonces todo su contenido energético sería el que deriva de su masa. Pero al estar girando la Tierra, su contenido energético es mayor en virtud de que al contenido energético resultante de la masa (la *energía en repos*o) hay que sumarle el contenido energético resultante de la rotación. En otras palabras, la energía total de la Tierra es igual a la energía equivalente de su masa sumada a la energía angular en virtud de su movimiento de rotación:

$$E_{total} = E_{masa} + E_{rotacion}$$
$$E_{total} = Mc^2 + \tfrac{1}{2}I\omega^2$$

Al introducir en el lado derecho de la ecuación tensorial

curvatura espacio-tiempo = energía total

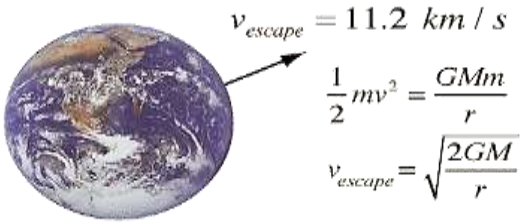
la energía extra producida por la rotación de la Tierra, se provocará una curvatura en el espacio-tiempo aún mayor que la que produciría la Tierra si estuviese estática, lo cual hará que la Tierra parezca "jalar" con mayor fuerza la Luna hacia la Tierra. De este modo, tenemos dos conclusiones completamente diferentes:

Newton: La rotación de un cuerpo no tiene efecto alguno sobre la atracción gravitacional que ejerce sobre otro cuerpo.

Einstein: La rotación de un cuerpo tendrá un efecto directo adicional en la curvatura del espacio-tiempo que a su vez dicta la órbita del cuerpo que esté girando en torno a él, lo cual se traducirá directamente en una atracción gravitacional mayor.

Otra predicción de la Relatividad General es la de la existencia de los **hoyos negros** o **agujeros negros**, cuerpos con tanta masa y tanta "atracción gravitacional" que ni siquiera la luz puede escapar de ellos. Interesantemente, esta misma predicción había sido hecha también por la mecánica Newtoniana, aunque por las razones equivocadas.

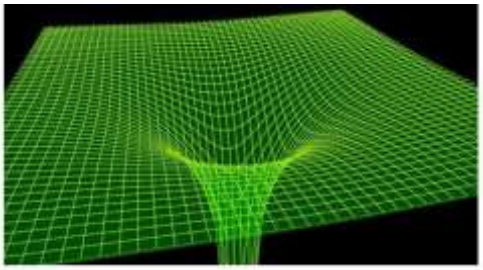
A partir de las ecuaciones de Newton, se puede demostrar con poca dificultad que para un cuerpo grande de radio **r** y de masa **M** la velocidad de escape para un proyectil lanzado verticalmente desde la superficie de dicho objeto no depende de la masa del cuerpo lanzado (el cual suponemos pequeño) sino de la masa del cuerpo grande y de su radio. Para un objeto lanzado verticalmente desde el planeta Tierra, esta velocidad resulta ser de 11,2 kilómetros por segundo:



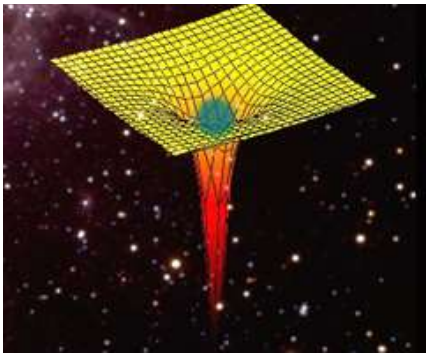
$$v_{escape} = 11.2\ km/s$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{r}$$
$$v_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Puesto que la velocidad de la luz es de 300 mil kilómetros por segundo, podemos calcular bajo la mecánica Newtoniana qué tanta masa **M** debe tener concentrada un planeta de radio **r** para que la velocidad vertical de escape de dicho planeta sea exactamente igual a la velocidad de la luz. Y si el planeta, con el mismo radio, tiene una cantidad de masa **M** mayor que ésta, la luz no podrá escapar de la "atracción gravitacional" del planeta.

Pero bajo la mecánica Einsteniana, la "atracción gravitacional" no existe. Lo que sucede es que la curvatura que va siendo introducida en una región de espacio-tiempo por una cantidad cada vez mayor de masa llega a tal extremo que se perfora un punto en esa región de espacio-tiempo, al cual matemáticamente se le conoce como una **singularidad**. En ese punto, la caída en la curvatura conduce directamente hacia el infinito:



De este modo, en aquella región del cosmos en donde haya un hoyo negro, tenemos lo que es ni más ni menos que una perforación matemática en el espacio-tiempo:



En principio, un agujero negro es un objeto totalmente invisible, puesto que si es capaz de tragarse la luz impidiendo que pueda salir del mismo confirmación visual alguna que pueda darnos una pista de su existencia, ni siquiera sabemos que está allí. La detección del mismo se tiene que llevar a cabo por métodos indirectos como cuando está devorando una estrella o como cuando tiene una estrella en órbita en torno suyo. El estudio de estos objetos exóticos se verá posteriormente en mayor detalle cuando se hayan sentado las bases matemáticas requeridas para poder entender lo que está sucediendo dentro y fuera de los agujeros negros.

Además de las tres pruebas originales propuestas por Einstein en 1916 para confirmar experimentalmente la Teoría General de la Relatividad, gracias a los avances recientes en la astronomía y en la astrofísica constantemente se está dando a conocer nuevas verificaciones de la teoría que solidifican su credibilidad.

Una búsqueda aleatoria en Internet nos puede mostrar en poco tiempo artículos como el publicado el 14 de septiembre de 2006 por el sitio ScienceDaily bajo el título “General RelativitySurvivesGruelling Pulsar Test: Einstein At Least 99.95 PercentRight”, que se traduce del inglés como “La Relatividad General Sobrevive Extenuante Prueba de Pulsar: Einstein Correcto en Al Menos 99,95 por ciento”, accesible en el enlace:

http://www.sciencedaily.com/releases/2006/09/060914094623.htm

Del mismo sitio, se puede citar otro artículo publicado el 4 de julio de 2008 bajo el título “Einstein Estaba en lo Cierto, Afirman Astrofísicos”, que se traduce del inglés como “Einstein WasRight, AstrophysicistsSay”, accesible en el enlace:

http://www.sciencedaily.com/releases/2008/07/080703140721.htm

DOS FILOSOFÍAS OPUESTAS

Hagamos ahora una comparación entre la **mecánica Newtoniana** de Sir Isaac Newton basada en el concepto del movimiento absoluto y la **mecánica Einsteniana** basada en el concepto del movimiento relativo.

La mecánica Newtoniana basa su creencia en el concepto de **acción-a-distancia**, la creencia de que entre dos cuerpos celestes flotando en el espacio existe una forma de atracción universal, la cual se puede expresar mediante una fórmula que nos dice que dicha fuerza de atracción es directamente proporcional al producto de las masas **M** y **m** de dos cuerpos que se atraen, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia **r** que separa los centros geométricos de dichas cuerpos:

$$F = G\frac{M\,m}{r^2}$$

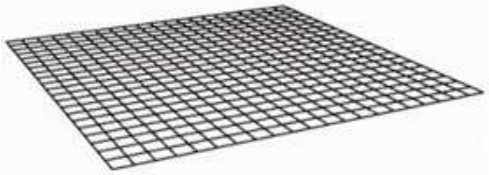
Newton creía que un cuerpo podía ejercer una fuerza de atracción sobre otro cuerpo a través del espacio intermedio entre dichos cuerpos, y su formulación de su ley de atracción universal requería que tal “acción a distancia” ocurriera de manera **instantánea**, sin límite alguno impuesto a la rapidez de tal interacción. Aquí la velocidad de la luz no era obstáculo alguno, y si bien un rayo de luz tarda cierto tiempo en llegar desde la Tierra hasta el planeta Marte, los efectos de la atracción gravitatoria universal Newtoniana de un cuerpo sobre otro eran instantáneos aunque dichos cuerpos estuviesen situados en extremos opuestos de una galaxia. La velocidad de la luz ni siquiera aparece en la fórmula de Newton. Esta hipótesis que nos dice que si tenemos dos cuerpos celestes pesados separados el uno del otro a una distancia de mil trillones de kilómetros y uno de dichos cuerpos es alejado súbitamente del otro (al ser golpeado por un asteroide enorme, por ejemplo), de alguna manera el otro cuerpo “sabe” instantáneamente lo que ocurrió a esa enorme distancia. Es un efecto que se antoja más como un truco de magia que como una teoría científica seria.

La enorme influencia ejercida por los conceptos filosóficos de Newton, el cual creía firmemente en la existencia del espacio absoluto y del tiempo absoluto, no tardó en ser aplicada en las primeras leyes que se fueron formulando para los fenómenos eléctricos y magnéticos, empezando con la Ley de Coulomb, la cual a primera vista parece una calca de la ley de gravitación universal de Newton por la manera en la que está formulada: Dos cargas eléctricas se atraen (o se repelen, dependiendo del signo de las cargas) en razón directa del producto de las magnitudes de las cargas y en razón inversa al cuadrado de la distancia que las separa.

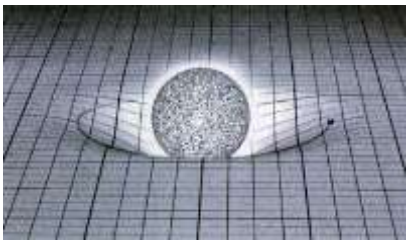
La ley de Coulomb, al igual que la ley de Newton, también se basa en la creencia de un efecto de “acción a distancia”, el cual se propaga instantáneamente entre dos cargas eléctricas sin importar la distancia que haya entre dichas cargas.

En contraste, la mecánica Einsteniana niega por completo la existencia de los efectos instantáneos y casi mágicos de la “acción a distancia”, niega por completo la existencia de una fuerza de atracción gravitatoria universal entre dos cuerpos celestes. El concepto de la “acción a distancia” es reemplazado por otro concepto, el concepto de que la presencia de cualquier cantidad de masa o de energía introduce una curvatura en el espacio cuatri-dimensional que de otra manera sería perfectamente plano, y esta curvatura es precisamente la que explica los movimientos de los planetas alrededor del Sol y todos los demás fenómenos celestes.

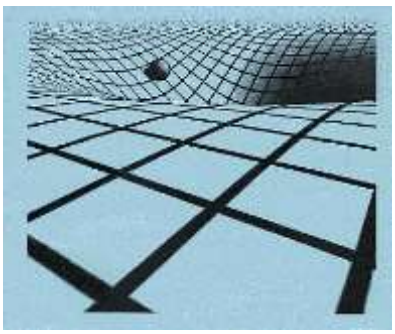
En una región del universo completamente desprovista de la cercanía de objeto alguno, el diagrama espacio-tiempo de Minkowski de tal región es perfectamente plano, porque no hay nada que introduzca curvatura alguna en dicho diagrama:



Pero la sola presencia de un objeto cualesquiera introduce una curvatura en el plano espacio-tiempo cuya magnitud dependerá de la magnitud de la masa que produzca dicha curvatura, siendo la curvatura mayor en tanto mayor sea la masa. Es así como el Sol en torno al cual gira nuestro planeta introduce su propia curvatura la región del espacio-tiempo que está ocupando (por cierto, el marco de la figura de abajo no es un rombo con el lado inferior más pequeño que el lado superior, la forma aparente de trapecio no es más que una ilusión óptica, del mismo modo que la mecánica Newtoniana no es más que una ilusión que prevaleció por muchos años):

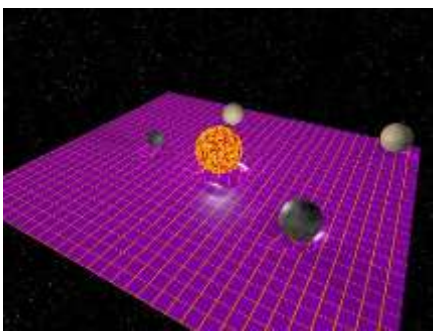


Bajo la mecánica Einsteniana, cuando un objeto pequeño está en la proximidad de un objeto masivo, rodará enfilándose hacia el objeto masivo a causa de la curvatura en el continuo espacio-tiempo del mismo modo en que una canica rodará hacia una pequeña región que esté situada a una altura menor que la altura a la cual se encuentra:



Si el cuerpo pequeño no está enfilado directamente hacia el objeto de mayor tamaño sino que va a pasar de lado, entonces la curvatura en el espacio-tiempo provocada por el objeto mayor lo jalará haciéndolo caer en una espiral hacia él. Si el cuerpo pequeño va viajando con suficiente rapidez al irse acercando hacia el cuerpo mayor, entonces no caerá sino que *entrará en órbita permanente alrededor del cuerpo*. Esto es posible porque si el cuerpo que servirá de centro orbital (en torno al cual girará otro cuerpo) tiene suficiente masa, entonces **hará que el espacio-tiempo se cierre sobre sí mismo** produciendo las trayectorias curvas cerradas que el cuerpo en movimiento seguirá en torno al cuerpo alrededor del cual estará girando. Esta es la verdadera razón, de acuerdo con la Relatividad General, por la cual la Tierra gira alrededor del Sol, no porque haya una fuerza de atracción entre dos masas según lo propuso Newton. Esta es esencialmente la explicación Einsteniana moderna de la mecánica celeste.

En nuestro sistema solar, no sólo el Sol produce una hendidura en el espacio-tiempo introduciendo una curvatura que le permite mantener a todos los planetas del sistema solar girando en torno suyo, también cada planeta introduce su propia hendidura que le permite tener sus propios satélites. Es así como tenemos un conjunto de hendiduras en el espacio-tiempo de nuestro sistema solar:



De este modo, la Teoría de la Relatividad reemplaza todo el concepto filosófico en el que estaban basadas las ideas de Newton por otro concepto que está más acorde con resultados experimentales que están siendo obtenidos en la actualidad.

Se puede encontrar una explicación moderna, detallada, a la explicación de la precesión de la órbita de Mercurio alrededor del Sol, en el siguiente enlace Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Kepler_problem_in_general_relativity

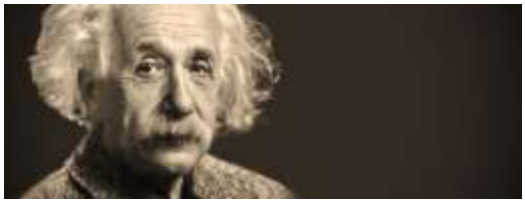
Continúa en el próximo número…

¿Entiendes realmente la ecuación $E=mc^2$?

No vuelvas a pensar en la masa como la cantidad de "cosas", si no como su cantidad de energía.

Versión del artículo original de MIGUEL PEIRÓ
FUENTE: REWISOR.COM / 28 de noviembre de 2018

Enviado vía Facebook por Pedro Cabrera – Docente FACES-UC



Casi todo el mundo conoce la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$. Podríamos decir que se ha convertido en un icono de la ciencia. Pero, ¿sabes realmente qué nos dice esta ecuación? A esta pregunta muchos responderán que sí, que nos dice que la masa puede convertirse en energía, ¡pues no, esa especie de alquimia de "convertir" no existe en física!

En este post vamos a intentar explicar cuál es el significado profundo de esta ecuación de forma sencilla y concisa. Es una tarea muy complicada ésta, pero en Rewisor nos encanta la ciencia así que vamos a hacer ese pequeño esfuerzo por ayudarte a acercarte a una forma maravillosa de ver el mundo absolutamente.

MASA Y ENERGÍA, ENERGÍA Y MASA

Para encontrar por primera vez esta fórmula en la literatura científica nos tenemos que remontar al año 1905, el "*annus mirabilis*" de Einstein. En uno de sus artículos de ese año (concretamente en el artículo "*Does the inertia of a body depend upon its energy-content?"* = "¿La inercia de un cuerpo depende de su contenido energético?"), Einstein nos descubrió su famosa fórmula pero escrita un poco diferente y mucho más sugerente, $m=E/c^2$, que si nos fijamos es exactamente lo mismo pero despejando la masa en vez de la energía.

Su famosa ecuación leída así evidencia de manera mucho más clara que la masa y la energía son exactamente lo mismo. Para entender bien qué significa esto, que no es para nada tan fácil como parece, te hago una pregunta. Imagina que tienes una báscula de pesaje que puede medir con mucha precisión, y te pesas con una linterna en la mano… ¿pesarías más con la luz de la linterna encendida o apagada? ¡Pensadlo mirando la ecuación!

Tic, tac, tic, tac…vale, ya se te ha pasado el tiempo. La respuesta es que, efectivamente, pesarías más con la linterna… ¡apagada! Es muy sencillo de pensar con la ecuación de Einstein en la mano. Mirad, cuando encendemos la linterna, la luz que ésta despide lleva consigo una energía. Esta energía antes estaba almacenada en la pila de la linterna, pero ahora se la lleva la luz, y si la masa es energía entonces la linterna encendida está perdiendo energía y por tanto masa.

Es así como hay que pensarlo. La masa es una manifestación de la energía, en sí misma la masa no es nada. Es decir, que a lo largo de tu vida que te habrás pesado muchas veces, no has hecho más que medir cuanta energía almacenas. Cada vez que peses algo piénsalo.

ENERGÍA NEGATIVA Y ¿MASA NEGATIVA?

Ahora vamos a entrar en algo un poco más sorprendente. Todos saben que un átomo de Hidrógeno está compuesto por un protón y un electrón. Sorprendentemente, el Hidrógeno pesa menos que la suma de las masas de un protón y un electrón…¡¡¡¿Qué?!!! Sí, sí, es más, cada uno de los elementos de la tabla periódica (eso que odiábamos porque nos explicaban horriblemente mal en el colegio) pesa menos que la suma de sus componentes.

Efectivamente, el que haya pensado en energía negativa está en lo correcto. La energía acumulada por la atracción electromagnética de un protón (carga +) y un electrón (carga -) es negativa, lo que hace que la masa del Hidrógeno sea la suma de las masas de ambas partículas MENOS la energía negativa acumulada, haciendo que ésta sea menor. Es algo así como decir que un protón y un electrón prefieren estar juntos que separados ya que minimizan la energía, es decir, la masa… ¿qué bonito, no?

$E=mc^2$ nos ha enseñado que la masa de algo no es la suma de la masa de sus componentes, existe algo más, y esto es la energía que hace que esas cosas estén juntas o la que se produce cuando lo están, es decir, toda la energía contenida en algo. Por lo tanto, dos objetos compuestos de exactamente los mismos átomos no tienen por qué tener la misma masa. En mi opinión, esta es de las cosas más alucinantes que se desprenden de la ecuación.

LA CANTIDAD DE ENERGÍA CONTENIDA EN TI ES TREMENDA

Esta frase, que podría parecer de esas de Facebook o de coaching barato, es una realidad como una catedral. La velocidad de la luz, expresada como c en la ecuación, es de 300.000 km/s, o lo que es lo mismo, es enorme. Si la elevamos al cuadrado, como aparece en la ecuación, c^2, es muchísimo más grande aún.

Esto quiere decir que, si multiplicamos tu peso (vamos a asumir un peso medio de 65 kg) y lo multiplicamos por c^2 para calcular la energía nos daría algo parecido a 5.000.000.000.000.000.000 Julios. Vale, sí, es grande pero ¿sabes a cuánto equivale esto? Para hacernos una idea, un solo ser humano equivale a 70.000 bombas atómicas como la que asoló Nagasaki durante la segunda guerra mundial.

Otra forma de verlo es que con 1kg de masa se podría alimentar energéticamente a Reino Unido durante un año entero, ¡casi nada! Quizá algunos están pensado que por qué entonces se habla del problema del abastecimiento energético si con un una tonelada de masa quizá tenemos para sostener el planeta Tierra anualmente. La cosa es que no se sabe cómo controlar esa extracción de forma eficiente. Basta con ver lo que pasa en una bomba atómica…

¿TIENES AHORA CLARO QUÉ SIGNIFICA $E=mc^2$?

Exacto, esta fórmula nos dice que la masa es una manifestación de la energía. Nos dice que ambas cantidades no son cosas diferentes, o "convertibles" como dicen algunos. Es algo más profundo. La masa es una propiedad que toda la energía "exhibe".

No vuelvas a pensar en la masa como la cantidad de "cosas", en un sentido material, que tiene algo o alguien, si no como su cantidad de energía. Lo que has hecho a lo largo de tu vida pesándote, o cuando vas a preparar un pastel, no es más calcular la cantidad de energía contenida en un cuerpo.

Un raudal de materiales topológicos.

Una nueva manera de analizar la estructura electrónica de los materiales ha revelado que un ingente número de ellos posee propiedades topológicas.

Versión del artículo original de MAIA G. VERGNIORY y BARRY BRADLYN

TOMADO DEL BLOG: Investigación y Ciencia

TOPOLOGÍA OCULTA: UN ENFOQUE BAUTIZADO COMO «QUÍMICA CUÁNTICA TOPOLÓGICA» HA REVELADO QUE UN GRAN NÚMERO DE MATERIALES, COMO EL BISMUTO (*IMAGEN*), PRESENTAN EXÓTICAS PROPIEDADES DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO HASTA AHORA DESCONOCIDAS. CRÉDITO IMAGEN: GETTY IMAGES/JONNYSEK/ISTOCK.

Hace más de una década se descubrieron los llamados materiales topológicos. Se trata de materiales con extraordinarias propiedades de transporte electrónico que prometen todo tipo de aplicaciones técnicas, desde la electrónica de baja potencia hasta la espintrónica o la computación cuántica. Su enorme potencial impulsó a los mejores laboratorios y universidades del mundo a buscar compuestos con estas características. Sin embargo, de los aproximadamente 200.000 materiales que sabemos que nos ofrece la naturaleza, solo un centenar fueron diagnosticados como tales. De ellos, la mayoría eran variaciones de una misma estructura química. El cuello de botella se encontraba en la forma en que los físicos buscaban el santo grial en el bosque de los compuestos químicos conocidos: incluso después de encontrar un candidato, los cálculos que había que realizar para determinar sus propiedades eran computacionalmente costosos.

Hace dos años, en una colaboración internacional en la que participamos los dos autores de este artículo, desarrollamos un método transversal que bautizamos como «química cuántica topológica» y que unía aspectos de la física, la química y la teoría de grafos. Gracias a él, en fecha reciente hemos diseñado un procedimiento que permite diagnosticar las propiedades topológicas de cualquier material en pocos minutos y con un coste computacional muy bajo. De esta manera hemos pasado de tener unos 100 candidatos a materiales topológicos a aproximadamente 7500; un número que sin duda crecerá en el futuro. Los principios de este nuevo método se publicaron en la revista *Nature* y el catálogo de materiales se encuentra disponible para investigadores y empresas en el sitio web www.topologicalquantumchemistry.com.

Electrónica topológica

La topología es la rama de las matemáticas que estudia las propiedades de un cuerpo que permanecen invariantes cuando lo sometemos a transformaciones continuas o «suaves»: aquellas consistentes en doblarlo, comprimirlo o estirarlo, por ejemplo, pero sin agujerearlo o partirlo en dos. Consideremos una naranja. No importa cuánto la doblemos o moldeemos, jamás podremos transformarla en una rosquilla. La razón se debe a que esta última presenta un agujero, mientras que la naranja no. El número de agujeros de un objeto es un ejemplo de invariante topológica: una de las propiedades básicas de un cuerpo que no pueden alterarse mediante deformaciones continuas.

La topología llegó a la física de materiales de la mano de Klaus von Klitzing y su descubrimiento del efecto Hall cuántico. En 1980, Von Klitzing observó que, en presencia de un campo magnético intenso, la resistencia de una placa metálica pasaba a estar cuantizada: su valor solo podía ser un múltiplo entero de cierta cantidad (la carga del electrón al cuadrado dividida por la constante de Planck). Dos años después, David Thouless y otros investigadores demostraron que —de manera similar a lo que ocurre con el número de agujeros de un objeto— la resistencia del efecto Hall solo podía tomar valores enteros porque estaba asociada a una invariante topológica; en este caso, a una correspondiente a la función de onda cuántica de los electrones.

El hallazgo de Von Klitzing fue reconocido en 1985 con el premio Nobel de física. Por su parte, Thouless, Duncan M. Haldane y J. Michael Kosterlitz se vieron laureados en 2016 por sus investigaciones sobre las propiedades topológicas de la materia. Hoy, este campo de investigación ha entrado en la vanguardia de la física de materiales.

Entrevista a:

Gioconda Cunto de San Blas

Individuo de número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela.

Entrevista realizada por NELSON RIVERA para Papel Literario

TOMADO DE: El Nacional / Julio 12, 2020

GIOCONDA CUNTO DE SAN BLAS. FOTO: CORTESÍA DE LA AUTORA.

Gioconda Cunto de San Blas. Nació el 14 de diciembre de 1943 en Caracas, Venezuela. Es bióloga molecular y bioquímica. En el momento que se le hizo esta entrevista, se desempeñaba como Presidenta de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela e investigadora emérita del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Es Licenciada en Química egresada de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

—En 2017, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales cumplió 100 años. Tres años después ¿podría esbozarnos un panorama del estado de la ciencia hoy en Venezuela?

—Como todo en el país, ha habido una regresión en lo logrado entre 1958 y 1998, particularmente los primeros 25 años. La creación de instituciones científicas, el reforzamiento en infraestructura y formación de personal altamente capacitado, permitieron que en Venezuela se hiciera investigación de calidad, entre las mejores de América Latina, a pesar de que la contribución presupuestaria del Estado siempre estuvo lejos de 2% del PIB recomendado por la Unesco como el mínimo para garantizar un desarrollo razonable en ciencia, tecnología e innovación (CTI). A principios de este siglo el gobierno tuvo algunos aciertos, como la creación del Ministerio de CTI, que permitió darle mayor visibilidad al sector dentro del gabinete ejecutivo, y la Ley Orgánica de CTI (Locti), con la cual los investigadores científicos pudimos tener acceso a fondos externos a través de convenios con empresas y el estado para investigaciones específicas de interés mutuo. Lamentablemente, el mismo régimen se encargó de acabar con esas posibilidades de progreso. Su declarado desprecio por el conocimiento obtenido a partir de una ciencia rigurosa ha conducido a favorecer una pseudociencia generada a partir de la ignorancia. Ejemplos recientes han sido el entusiasta respaldo del Ejecutivo a un brebaje para la "cura" del covid-19, patrocinado por un "científico" de difuso origen y el declarado desdén por el desarrollo de modelos bioestadísticos que ayuden a las autoridades en las decisiones a tomar sobre el confinamiento por coronavirus, como se está haciendo en otros países.

De 2008 hasta hoy, el número de publicaciones y patentes (medidas internacionales de productividad científica) ha caído notoriamente. Entre 30 y 60% del personal científico de alto nivel, dependiendo de las instituciones, han abandonado sus cargos, casi todos por éxodo hacia otros países donde ahora desarrollan exitosas carreras. Los ridículos sueldos, los presupuestos irrisorios para investigación y el acoso contra quienes manifestaban su inconformidad crearon ese milagro al revés. La Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (Acfiman) ha alertado pública y repetidamente sobre este estado de cosas, sin que el Ejecutivo se haya hecho eco de nuestros reclamos.

— ¿Hay alguna institución del Estado, alguna iniciativa de orden científico que haya logrado mantenerse o avanzar en los últimos 20 años? Por ejemplo, ¿qué está pasando en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)?

—En sus últimos años de vida, mi esposo —también investigador en el IVIC— solía decir que nosotros habíamos vivido la etapa de oro de la institución. Yo acompaño esa afirmación. Una profunda crisis presupuestaria y de valores ha hecho que muchos miembros del personal científico se hayan ido del país en busca de un mejor destino para sí y sus familias. Los laboratorios carecen de reactivos cruciales para su funcionamiento pleno, algunos se sostienen con lo poco que queda de años anteriores. Hacer estudios *in silico*, esto es, análisis en bases de datos publicados por investigadores alrededor del mundo, se ha convertido en una forma de subsistencia académica para los heroicos científicos del IVIC. Ejemplos recientes son dos trabajos publicados hace pocas semanas por el equipo que lideran Flor Pujol y Héctor Rangel en el laboratorio de Virología Molecular del IVIC, en los que toman secuencias del coronavirus causante del covid-19, depositadas en bancos de genes, para rastrear proteínas específicas que pudieran estar involucradas en los mecanismos de virulencia o de acción por agentes antivirales.

La Biblioteca Marcel Roche, otrora orgullo del IVIC, era desde 1996 Biblioteca Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, declarada así por la Unesco en razón de la actualización permanente de su vastísima colección bibliográfica especializada. Hoy languidece por falta de presupuesto para renovar sus suscripciones, convirtiéndose en una biblioteca del pasado, menoscabada en el servicio a sus destinatarios naturales, los científicos y tecnólogos del país y la región.

—En los últimos años, en el planeta se está produciendo un vasto boom de las ciencias. Hay una expansión incalculable de nuevos conocimientos en ámbitos que van del cuerpo humano hasta la astrofísica, de la invención de medicamentos y tecnologías para la salud hasta la creación de nuevos materiales. Mi sensación es que, en líneas generales, nuestro país permanece completamente ajeno y rezagado a estas nuevas realidades. ¿Es correcta mi percepción? ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de este fenómeno?

—Comparto su percepción. Este siglo, no en balde llamado el siglo del conocimiento, es vertiginoso en materia de descubrimientos científicos y aplicaciones en tecnología e innovación. La inteligencia artificial, los desarrollos en energías no contaminantes, la biosfera comunicacional, la ingeniería genética, la biotecnología, las ciencias de los materiales y mucho más han creado un ambiente global del cual Venezuela como país permanece ajeno. Tomemos como un ejemplo de muchos el área agropecuaria, con tantas carencias, muchas de ellas provocadas intencionalmente por el régimen para devastarla. Por ley, se prohíbe cualquier aplicación de herramientas biotecnológicas al mejoramiento de especies para el consumo humano, mientras otros países tradicionalmente conservadores en el tema ya se están abriendo paso al consumo de productos transgénicos debidamente evaluados. En pleno siglo XXI, el régimen impulsa el cultivo en conucos, en un infeliz retorno al siglo XVI.

Cuando este período lastimoso acabe, los venezolanos tendremos que trabajar duramente en el diseño y aplicación de políticas públicas de emergencia para saltar los 60 años de atraso que ahora tenemos en educación, salud, productividad, economía, CTI. Parafraseando la mil veces citada expresión de Mariano Picón Salas ("Venezuela entró en el siglo XX con 35 años de retraso"), los venezolanos de hoy tendremos que decir que Venezuela entró al siglo XXI con esos 60 años de atraso, acumulados en estos cuatro lustros de desbarajuste "revolucionario", a lo cual debe sumarse el progreso acelerado que está ocurriendo fuera de nuestras fronteras. Como decía la Reina Roja a Alicia en el famoso cuento de Lewis Carroll, habrá que correr el doble para quedarse en el mismo sitio. De no hacerlo, nos quedaremos atrás irremediablemente. Y eso es un fracaso monumental, habida cuenta de que aun en medio de dificultades no siempre superadas, en la segunda mitad del siglo XX el país había ido creciendo paulatinamente en su desarrollo humano y social.

—Le pido que nos hable de la situación de las universidades en las áreas científicas. ¿Cuál es el estado de la matrícula? ¿Se mantienen los docentes actualizados? ¿Las universidades han incorporado carreras científicas en su oferta en los últimos años?

—Lo que he dicho sobre el IVIC aplica a las universidades. Bajos salarios, presupuestos lastimosos, ataques a la autonomía universitaria, persecución a la libertad de cátedra, expresión y pensamiento han traído como consecuencia la renuncia de gran parte del personal docente y de investigación altamente calificado. En dos de las más prestigiosas universidades venezolanas, UCV y USB, se menciona una deserción que ronda entre 50 y 60%. Los que quedan, igual a los del IVIC y otras universidades e instituciones científicas, son héroes tratando de cumplir sus obligaciones en medio de carencias y fatigas. En diversos postgrados hay materias declaradas inactivas por falta de docentes para dictarlas o de alumnos para recibirlas. Los jóvenes apenas graduados ansían mayoritariamente irse del país y buscar fortuna en horizontes más amables para el desarrollo de sus nacientes carreras.

—En términos culturales, ¿goza el científico y la ciencia de verdadero aprecio por parte de la sociedad venezolana y de sus instituciones? ¿Tiene fundamento mi percepción de que hay un tenue reconocimiento teórico, pero que, en la práctica, hay una marginación de carácter histórico?

—Los latinoamericanos somos herederos de una tradición cultural hispana que siempre privilegió las carreras humanísticas. Las ciencias, hasta época reciente, fueron vistas como algo exótico del cual podría prescindirse, aunque la gente haya ido incorporando gozosamente las aplicaciones tecnológicas en su día a día, sin inferir la relación entre ambas. Un ataque reciente a la Acfiman por parte de representantes del régimen ha puesto de manifiesto el respaldo creciente que la CTI tiene en la ciudadanía. No obstante, el porcentaje de estudiantes que se enrola en las facultades de ciencias del país apenas llega a poco más de 1% de los solicitantes a ingreso en el sistema universitario. En la población en general hay un cierto desconocimiento de la existencia de esas carreras. El enfoque históricamente privilegiado por los padres es que sus retoños estudien medicina, ingeniería, comunicación social o derecho y, más recientemente, computación o informática, porque las ven como carreras socialmente reconocidas. Explicarles para qué sirven las carreras científicas, por qué son importantes y por qué quieren estudiarlas es una conversación frecuente de esos jóvenes con sus padres. Es también obligación nuestra divulgar la ciencia para que la sociedad comprenda su decisiva importancia en el mundo actual. Es decir, hacer de la CTI un segmento obligatorio de la cultura general del ciudadano del siglo XXI.

— ¿Qué oportunidades tiene nuestro país en el ámbito científico? ¿Cuál debería ser la lógica de un plan de incentivo a la ciencia en Venezuela? ¿Cómo deben afrontar los países pobres como Venezuela las inmensas ventajas que nos llevan decenas de países que disponen de enormes presupuestos y una sólida estructura de universidades y centros de investigación?

—Lo primero que me llama la atención en su pregunta es el reconocimiento, con el cual concuerdo, de que Venezuela es un país pobre, ahora más pobre que nunca. Esta realidad es rara vez enfrentada por los venezolanos, que preferimos seguir soñando con la fantasía de que somos un país rico. Para hacer un país próspero debemos construir la única riqueza capaz de hacer crecer sistemáticamente a los pueblos: su riqueza humana, una ciudadanía culta, estudiosa, responsable, hacer de la gente el principal activo de la nación. Eso no cae del cielo, hay que trabajarlo duramente y de manera continuada, sin pausa, como lo han hecho otros países. Con tanta destrucción institucional a nuestro alrededor requerimos crear esa riqueza humana a tono con el siglo XXI, a partir de un sistema educativo sólido desde sus raíces —educar es una función de largo plazo, planificada, sin improvisaciones—, que haga posible en una o dos generaciones esa ciudadanía culta a la que nos hemos referido, un sistema exigente tanto para el estudiante como para el docente, que no esté sujeto a avatares políticos, un proyecto inspirado en los de países escandinavos, Japón, el sureste asiático, por mencionar algunos, un plan que signifique un compromiso democrático de país, por encima de parcialidades políticas y temporales.

Eso habrá que hacerlo cuando haya un cambio político que permita la apertura al progreso en democracia, a la vez que un saneamiento económico que a mediano y largo plazo restablezca el equilibrio financiero y fiscal. No será fácil ni inmediato. En la diáspora hemos perdido el bono demográfico, ese período irrepetible en el devenir de un país, durante el cual la población económicamente activa (entre 15 y 64 años) supera en cantidad a las personas económicamente dependientes (niños y adultos mayores), dando al país su período de mayor capacidad de generación de riqueza. Cuando el país pueda enrumbarse en una ruta de progreso, aquí estaremos los científicos y tecnólogos que hemos permanecido en el país, dispuestos a aportar desde la CTI para la construcción de ese nuevo país inserto en el siglo XXI.

Queremos contar también con los científicos exiliados. Sería ilusorio pensar que regresarán en masa cuando las condiciones cambien. Muchos de ellos han echado raíces en sus países de adopción y no volverán para asentarse en su país de origen. Sin embargo, su aporte será fundamental para contribuir con sus conocimientos actualizados, a través de cursos aquí o a distancia y pasantías estudiantiles en sus laboratorios foráneos, a elevar el nivel científico y tecnológico de Venezuela.

— ¿Siente que, producto de la pandemia, hay un apogeo de la ciencia y de la figura del científico?

—Sumergirse en el mundo científico supone responder a principios claramente establecidos en el *ethos* de la profesión. El conocimiento científico como tal es neutro, es el ser humano quien le da sentido moral al usarlo para beneficio de la humanidad o, por el contrario, para su perjuicio. Ejemplos sobran. Uno a tono con el tiempo que vivimos (el confinamiento como medida preventiva contra el contagio por el virus SARS-Cov-2, causante del covid-19) muestra el papel protagónico de la ciencia y los científicos en este proceso en pleno desarrollo, a la vez que revela el pulso entre estos, los políticos, los economistas y la población en general para lograr un equilibrio en las decisiones a tomar. Debido a los avances de la ciencia se han implementado medidas que, de no tomarse, nos llevarían a un escenario similar al de la gripe española hace cien años, cuando murieron unos 50 millones de personas por causa de aquella infección viral. Quienes antes fruncían el ceño ante una solicitud de fondos para investigación científica, hoy están dispuestos a conceder subvenciones antes negadas pretendiendo, además, que la solución a la falta de vacunas o medicamentos para tratar el covid-19 se produzca en semanas con el fin de rescatar la economía, afectada seriamente por el confinamiento, sin asumir que una cosa es hacer ciencia y otra muy distinta, milagros.

No deja de ser preocupante que quienes presionan a los investigadores para producir una vacuna o un medicamento en tiempo perentorio lo hacen sin darse cuenta del peligro que supone poner a disposición masiva sustancias que no han sido sujetas previamente a los estrictos y laboriosos controles experimentales exigidos hasta ahora mundialmente para dar el visto bueno a su uso general en la población, controles que consumen varios años de pruebas. Así las cosas, nos enfrentamos a un dilema: o seguimos, como hasta ahora, el riguroso Código de Nuremberg y la Declaración de Helsinski para regular experimentos en humanos o, por el contrario, relajamos parcialmente tales parámetros, en razón de la emergencia sanitaria actual y en aras de una respuesta rápida, con la esperanza de frenar el avance del coronavirus de marras, apostando a ciegas a la inexistencia de daños colaterales en su aplicación. Ojalá la prudencia impere.

Mientras tanto, hay quienes ven en los avances de la CTI una manera de aumentar el control social a límites inaceptables para cualquier democracia. La pandemia del covid-19 también podría estar sirviendo para tales fines. Con el expreso propósito de saber la ubicación de quienes han sido contagiados, seguirles el rastro, saber con quién se reúnen para localizar a nuevos contagiados y controlar la propagación del virus, tanto el gobierno chino, de indiscutible cariz totalitario, como el surcoreano, que reivindica su tradición democrática, han impuesto controles cibernéticos a la población a partir de sus teléfonos celulares, tarjetas de crédito y sistemas masivos de reconocimiento facial, por vía de sofisticadas tecnologías e inteligencia artificial. El gobierno surcoreano asegura que solo lo hace en relación con los problemas de control de la pandemia, mientras que del otro podríamos pensar lo peor. En todo caso, la tentación totalitaria estará presente para cualquier gobierno con capacidad de llevar adelante tal control poblacional, sin que los sujetos de la acción ni siquiera estén conscientes de estar vigilados. Es un tema que deberá preocupar no solo a los científicos sino a todo aquel que sienta invadida su privacidad con estas técnicas, que considere violados sus derechos humanos a la libertad, vengan del gobierno que vengan. A todos los efectos, estamos frente a la posibilidad real de vivir una distopía al estilo de *1984* o *Un mundo feliz*. De súbito, el coronavirus nos ha puesto frente a un experimento social en escala planetaria, cuyas consecuencias apenas comenzamos a atisbar en este mundo globalizado de hoy.

Notas

1. https://acfiman.org/2020/03/28/comunicado-de-la-academia-de-ciencias-fisicas-matematicas-y-naturales-y-la-academia-nacional-de-medicinas-obre-el-virus-causante-de-la-covid-19-y-tratamientos-caseros-27-de-marzo-de-2020/
2. Requena, J. y Caputo, C. 2016. Interciencia 41: 444-453.
3. https://acfiman.org/2020/05/08/estado-actual-de-la-epidemia-de-la-covid-19-en-venezuela-y-sus-posibles-trayectorias-bajo-varios-escenarios/
4. Ortega, J. T. y col. 2020. EXCLI J. 19: 400-409.
5. Ortega, J. T. y col. 2020. EXCLI J. 19: 410-417.
6. Cunto de San Blas, G. 2017. Pensar la transición: hablan los científicos. Abediciones, Universidad Católica Andrés Bello.
7. Hariri, Y. 2020. The world after coronavirus. https://www.ft.com/content/19d90308-6858-11ea-a3c9-1fe6fedcca75

Olga Alexandrovna Ladyzhenskaya: Matemática rusa desconocida ¿La más grande de la historia?

Sabemos que por diversas razones, hay pocas mujeres que se han dedicado a la ciencia a lo largo de la historia. Particularmente en Matemáticas han sido pocas las que lo han hecho. Cuando así ha ocurrido hay detrás, de casi todas ellas, una tragedia. Hoy traemos aquí a una casi desconocida, que cumple fielmente con las adversidades sufridas por el género femenino en su dedicación a la investigación, la ciencia y en nuestro caso, las matemáticas. Se trata de ***Olga Alexandrovna Ladyzhenskaya***, que acompaña a una dilatada vida repleta de sufrimiento, una constancia e investigación matemática digna de ocupar un sitio en la historia de esta ciencia.

Nacida en el año 1922 en Kologriv (Rusia), una mente tan brillante tuvo la mala suerte de cruzarse en su camino a Stalin. No es necesario recordar las atrocidades cometidas en el régimen ruso bajo el dictador: asesinatos, expropiaciones, deportaciones masivas, **etc.**, todas ellas de millones de personas. Unos por oponerse al poder establecido, otros por pertenecer a una etnia o grupo que no "le caía simpático". Ella era hija de un profesor de Matemáticas que descendía de la nobleza rusa y nieta de un famoso pintor ruso, Gennady Ladyzhensky. Si ya la vida era complicada para cualquier ruso de a pie, para ellos fue incluso peor. Tuvieron problemas de alimentos, ropa,…y además un seguimiento especial de la policía, por su procedencia. Tarde o temprano iban a hacerles pagar por ello. Fue en 1937 cuando su padre fue detenido por el NKVD (la policía secreta rusa, de asuntos internos y precursor del famoso KGB) y ejecutado sin juicio alguno. Previamente había sido señalado *como enemigo del pueblo,* lo que supuso que sus dos hermanas no pudiesen estudiar, sin embargo a ella si se le permitió, no sin problemas y , seguro, siendo señalada por los demás. Su padre **l**o había previsto con anterioridad: había dado clases a sus hijas desde muy temprano y fue quien inoculó en Olga el "virus matemático".

La mayoría de su familia había desaparecido en 1940 y los que quedaban y ella tienen que dedicarse a labores artesanales: confección de vestidos, zapatos,…como únicos medios de subsistencia. Después de la escuela secundaria trabajó en la Escuela de Formación de Maestros (durante la II Guerra Mundial disminuyó la persecución de los oponentes por el régimen ruso), aunque se le prohibió matricularse en la Universidad de Leningrado, llegando a dar clases de Matemáticas en el mismo colegio que su padre en Kologriv.

En 1943 logra, a través de conocidos, matricularse en la Universidad de Moscú, a la que se traslada con una beca Stalin (¡que sarcasmo!) y una cartilla de racionamiento, para poder subsistir. ¿Qué es lo que estudia? Pues sin duda: Matemáticas. Primero álgebra y teoría de números y ecuaciones en derivadas parciales después, para especializarse en estas últimas. Alumna de Petrosvky, primero, y colega después fue una de sus máximas influencias. Graduada ya se traslada a Leningrado en 1947 donde su amistad con Smirnov y su boda con Kiselev, un especialista en teoría de números, hicieron de nuestra flamante matemática toda una experta.

Y nosotros se lo agradecemos. Muchas otras mujeres a lo largo de la historia tuvieron que elegir el camino para el que estaban predeterminadas y la sociedad les había asignado. Menos mal que algunas tomaron el que les dictaba su conciencia.

Su matrimonio duró muy poco: ella no quería tener hijos y compartirlos con su obsesión. Todo su tiempo quería dedicarlo a las matemáticas. Eligió su camino.

Se doctoró en 1949, con una tesis del campo de las ecuaciones en derivadas parciales, pero no pudo completarse y publicarse hasta después de la muerte de Stalin, en 1953, lo que supuso de alguna forma su rehabilitación (aunque hasta el discurso de Kruschov en 1956 la apertura no llegó a la URSS). Su primer libro lo publicó, también, en 1953, sobre ecuaciones hiperbólicas y ya en 1954 es nombrada profesora de la Universidad de Leningrado e investigadora de la Steklov –Instituto de Matemáticas-. Así otro libro suyo en la rama de la física matemática "*La teoría matemática de flujo viscoso incomprensible*" fue un éxito y hoy día es considerado como un clásico de la materia.

Con la llegada en 1989 de la Perestroika, la apertura de Gorbachov, la democracia y la apertura económica se abrieron paso en Rusia, pero un tiempo de penurias económicas de los investigadores y científicos se apoderó de ellos. Pero después de todo lo que había sufrido y resistido no le importó continuar viviendo donde lo hizo toda su vida, adaptándose a los nuevos tiempos. Quedó sorprendida al observar que los avances que había conseguido eran parecidos a los de Leray, pero que al no haber trasvase de conocimientos entre Este y Oeste durante la Guerra Fría esa falta de comunicación hizo que todo avance fuese mucho más lento.

Es considerada como una de las matemáticas más influyentes del siglo XX, y fue premiada en muchas ocasiones: Premio Chebyshev, el Premio estatal de la URSS, Premio Kovalevsky en 1992, la Medalla de Oro Lomonosov entre otros. Acumuló distintos puestos directivos de institutos científicos como: Jefe de laboratorio de Física Matemática de la Steklov, presidenta de la Sociedad matemática de San Petersburgo (antigua Leningrado), etc. Amiga de Alexander Solszhenitsyn (¡que también era matemático, además de premio Nobel de Literatura!) fue considerada toda su vida como un espíritu libre, próximo a la disidencia. Fue también una apasionada del arte y religiosa, de creencias profundas. Solidaria con los desfavorecidos, incluso desatendiendo su propia seguridad. Estuvo trabajando hasta sus últimos días, muriendo en San Petersburgo cerca de cumplir los 82 años, en 2004.

Aunque tuvo problemas de visión durante los últimos años de su vida, ello no le impidió viajar a Occidente a numerosos congresos y recogidas de premios y galardones, - hasta 1989 solo se le permitió salir una vez, en 1958-, y sobre todo tuvo tiempo de resarcirse de las calamidades pasada, por lo menos de vivir libremente, en un país que le reconoció su talento y le admiró hasta su desaparición. Como hemos visto esta desconocida matemática rusa, eclipsada por un régimen totalitario que impidió el desarrollo libre de la Ciencia, el Arte y la Cultura, pero que no pudieron impedir su contribución al avance de la Ciencia, ocupa por méritos propios un lugar en la Historia de las Matemáticas. Sin lugar a duda. Incluso algunos se preguntan si es la más grande matemática de todos los tiempos. Desde luego un importante legado nos dejó.

María Mitchell: Una científica en la lucha por los derechos de las mujeres.

Versión del artículo original de JOANA OLIVEIRA - @joanaoliv
Elaborado por Materia para OpenMind

LA ASTRÓNOMA Y PIONERA DE LOS DERECHOS HUMANOS, MARIA MITCHELL.
RETRATO DE 1851. AUTOR: H. DASSELL.

La noche del 1º de octubre de 1847, un cometa todavía desconocido cruzaba el cielo de Estados Unidos. La joven Maria Mitchell, que escudriñaba el firmamento desde el techo del Banco Nacional del Pacífico, en una pequeña isla al sur de Massachusetts, con un telescopio de latón con un refractor de siete centímetros, fue la primera en observarlo. Aquel descubrimiento convirtió a Mitchell, nacida el 1º de agosto de 1818, en la primera astrónoma de Estados Unidos.

En su homenaje, el astro fue bautizado como Miss Mitchell's Comet (Cometa de la Señorita Mitchell). No se espera que ese cuerpo celeste, que es no periódico, vuelva a acercarse a nuestro planeta, pero su rastro hizo famosa a la primera mujer elegida para la Academia Americana de Artes y Ciencias, y la única hasta 1943. Ella dedicó su vida no solo a la ciencia, sino también a la lucha por los derechos de las mujeres.

La pasión de Mitchell por el cielo estrellado empezó en la infancia, cuando ella, como todas las niñas de la comunidad cuáquera, bordaba globos terráqueos y esferas celestes. Ella creció en la isla de Nantucket, capital de la industria ballenera, donde todas las casas tenían miradores para divisar la vuelta de los barcos. Mitchell, sin embargo, los utilizaba para *barrer el cielo* con su padre, también aficionado a la astronomía, quien ofreció la misma educación a su hijo que a sus hijas. A los 12 años, María le ayudó a calcular la posición de su casa al observar un eclipse solar. Dos años después, la adolescente ya ayudaba a los marineros de la isla a calcular la mejor ruta para sus largos viajes.

UNA CIENTÍFICA MUNDIALMENTE RECONOCIDA

El hecho de tener libros siempre disponibles en casa le hizo consciente del poder de la educación, sobre todo para las mujeres. Ella creía que las mentes de las mujeres eran muchas veces desaprovechadas cuando se veían obligadas a dedicar más tiempo a actividades como coser o cocinar que a realizar actividades intelectuales. Mitchell se convirtió en asistente de profesor a los 16 años y un año después creó su propia escuela, pero dejó el cargo para convertirse en la primera bibliotecaria del Ateneo de su ciudad.

LOCALIZACIÓN DEL CRÁTER LUNAR NOMBRADO EN HONOR A MARIA MITCHELL.
CRÉDITO FOTO: ERIC S. KOUNCE / WEST TEXAS ASTRONOMERS.

Ella volvió a la enseñanza ya como una científica mundialmente reconocida, cuando las mujeres no tenían mucha oportunidad de continuar su educación después de la adolescencia. Impresionado con el éxito de la joven astrónoma —Mitchell no sólo había ganado una medalla ofrecida por el rey de Dinamarca, Federico VI, por el descubrimiento del Miss Mitchell's Comet, sino que también observó manchas solares, estrellas, nebulosas y las lunas de Júpiter y Saturno—**,** Matthew Vassar la contrató como la primera profesora de la recién abierta universidad Vassar College. Él también la veía como un modelo para mujeres "ambiciosas e inteligentes". Y así fue. Maria Mitchell allanó el camino para las astrónomas y, además, exigió y recibió el mismo sueldo que un profesor varón.

TRABAJO CIENTÍFICO Y ACTIVISMO SOCIAL

La astrónoma a veces se mostraba sorprendida con la atención que recibía gracias a su trabajo científico, a pesar de ser mujer. Ella escribió en su diario una vez: "Es realmente divertido ver que una de repente es tratada como una celebridad, ver las puertas abiertas para recibirte, cuando nunca se abrían antes". Una de esas puertas fue la del Observatorio del Vaticano, uno de los más antiguos del mundo. Durante un viaje a Roma, en 1858, Mitchell escribió a Angelo Sacchi, el astrónomo del Vaticano para pedirle permiso para usar el Observatorio. Gracias a él, ella se convirtió en la primera mujer no religiosa en pisar el local —a Mary Somerville, la mujer científica más famosa de Europa en ese momento, se le había negado la entrada—, aunque tuvo que dejarlo a la puesta del Sol.

El trabajo científico y el activismo social de Maria Mitchell dieron muchos frutos. Después de su fallecimiento, en 1889, el observatorio de Nantucket recibió su nombre, así como un asteroide y un cráter en la Luna. Con respecto a la situación de la mujer, la primera científica oficialmente reconocida en todo el continente americano dejó escrito: «En mis años jóvenes, solía decir: "¡Cuánto necesitan las mujeres las ciencias exactas!" Pero desde que he conocido a algunos científicos que no siempre atienden a las enseñanzas de la naturaleza, que se quieren a sí mismos más que a la ciencia, digo: "¡Cuánto necesita la ciencia a las mujeres!"».

Sally Ride:

La eterna inspiración femenina en el mundo de la ciencia.

FUENTE:

STARS INSIDER

TOMADO DE: ***MSN*** **/ 23-07-2020**

Sally Kristen Ride nació el 26 de mayo de 1951 en Los Ángeles. Sus padres eran Dale Ride y Carol Joyce Ride.

Sally K. Ride se convirtió en la primera mujer estadounidense en alcanzar el espacio el 18 de junio de 1983. Ese día, millones de personas fueron testigo de cómo esta física californiana de 31 años de edad se subía al transbordador espacial Challenger para hacer historia y completar una misión de seis días junto a sus cuatro acompañantes. De hecho, ¡Ride amó tanto la experiencia que repitió al año siguiente!

Sin embargo, el camino de la astronauta al espacio no fue fácil, pues tuvo que soportar la discriminación sexista de los expertos de la NASA en forma de preguntas inadecuadas (que sus colegas varones nunca tuvieron que responder) y críticas exageradas hacia sus habilidades e inteligencia, además de hacer frente a varios rumores sobre su vida privada.

Su legado en la exploración espacial y en la ciencia continúa inspirando a niñas y mujeres de todo el mundo, quienes serán pronto testigo de un nuevo hito histórico: la mujer pisará la Luna. La NASA anunció que su objetivo es enviar a la primera mujer a la Luna en el año 2024 a bordo de la misión Artemis, que intentará establecer una presencia humana sostenible en la Luna en el 2028.

La mayor hazaña de Ride fue ser la primera mujer estadounidense en alcanzar el espacio. Sin embargo, su vida estuvo repleta de otros hitos.

Ride fue deportista antes de iniciar su gran carrera como astronauta. Durante su adolescencia, la californiana fue una tenista que figuraba en la clasificación nacional. La histórica tenista Billie Jean King sugirió personalmente a Ride que dejase sus estudios en la Universidad de Standford para convertirse en una jugadora profesional de tenis.

Sin embargo, Ride descubrió que su verdadera pasión eran los estudios. La futura astronauta consiguió cuatro títulos universitarios diferentes, incluyendo un doctorado en física en la Universidad de Stanford.

Ride fue una de las seleccionadas entre las 8.000 personas que intentaron entrar en el programa espacial de la NASA en 1978. La californiana trabajó como comandante de cápsula desde el suelo durante el segundo y el tercer viaje de transbordador de la NASA. Además, asistió en el desarrollo de un brazo robótico que permitió que las naves tuviesen la capacidad de recuperar satélites.

Ride fue seleccionada junto a cuatro compañeros para comandar la séptima misión de transbordador espacial de la NASA. El primer vuelo de la astronauta despegó del Kennedy Space Center el 18 de junio de 1983. Esta misión de la NASA significaba un momento histórico tanto para Ride como para el mundo: la californiana era la primera mujer estadounidense en el espacio (tercera en total). Poco después se uniría el famoso Grupo 8 de astronautas.

Ride alcanzó el espacio junto a sus compañeros Robert L. Crippen, Frederick H. Hauck, John M. Fabian y Norman E. Thagard. De regreso, tras el aterrizaje del Challenger el 24 de junio de 1983, Ride afirmó que la experiencia era "la cosa más divertida que jamás he vivido", según explicó luego la NASA.

A pesar de su experiencia positiva en la misión, Ride tuvo que contestar a multitud de preguntas muy poco afortunadas antes de despegar. Un reportero llegó incluso a preguntarle cómo afectaría el vuelo a sus órganos reproductivos.

Poco después de la misión STS7 de la NASA, otro reportero le preguntó en plena conferencia de prensa si solía llorar cuando se frustraba.

Ride contestó con gracia y severidad a aquellas preguntas sexistas con otra pregunta: "¿Por qué no le haces a Rick (piloto del STS-7) esas mismas preguntas?"

Ride dejó la NASA en 1989 para comenzar una nueva carrera académica en el Instituto Espacial de San Diego, perteneciente a la Universidad de California. Ride fue profesora de física y también trabajó durante un tiempo en el Centro de Seguridad Internacional y Control de Armas de la Universidad de Stanford. Ride dirigió dos proyectos educacionales de instituto para la divulgación de la labor de la NASA llamados ISS EarthKAM y GRAIL MoonKAM. La famosa astronauta dedicó todo su tiempo y su corazón a esta causa desde 1990 hasta el día de su muerte.

Tras el final de su carrera en la NASA, Ride fundó en 2001 su propia compañía: Sally Ride Science. Esta empresa buscaba inspirar a las niñas y las jóvenes para seguir una carrera en matemáticas y ciencia.

Tras retirarse de la NASA, la pasión de Sally Ride por la educación en edades tempranas se avivó aún más: la californiana llegó a escribir varios libros infantiles con temática basada en la exploración espacial.

Ride fue una fuente de inspiración para miles de niñas y mujeres que quisieron tener más protagonismo en las industrias dominadas por el género masculino.

Ride también trabajó en el Columbia Accident Investigation Board, la comisión de investigación que estudió el accidente en el que falleció la tripulación del transbordador espacial STS-107 en 2003.

Sally Ride falleció el 23 de julio de 2012 tras perder una larga batalla contra el cáncer de páncreas. Se marchaba todo un símbolo de la formación de las mujeres y el empoderamiento femenino. Tras su muerte, decenas de científicos, celebridades y figuras políticas recordaron su figura histórica, su valentía y su brillantez.

En 2013, el ex presidente Barack Obama le entregó la Medalla de Honor a su gran amiga de toda la vida, Tam O'Shaughnessy, quien la recogió en nombre de la astronauta. Como contó la CNN, Obama expresó su admiración por los logros académicos y espaciales de Ride, además de sus programas escolares, en un comunicado de la Casa Blanca: "Ella inspiró a varias generaciones de niñas y jóvenes para alcanzar las estrellas y luego les ayudó a llegar ahí".

La CNN también contó que, tras la muerte de la astronauta en 2012, uno de los dos primeros hombres en la Luna, Buzz Aldrin, escribió el siguiente tuit: "Siento la pérdida de mi amiga y compañera Sally Ride. Siempre serás una inspiración para las mujeres y el espacio".

Tom Hanks, estrella de la película de 1995 *Apollo 13,* también acudió a Twitter para recordar la figura de la astronauta: "Buena suerte, Sally Ride. Ella apuntaba a las estrellas, hagamos todos lo mismo. Hanks". Lo contó **E! News**.

El administrador de la NASA Charles Bolden también dedicó unas palabras de despedida a Ride: "Sally Ride superó varias barreras con elegancia y profesionalismo, además de cambiar la cara del programa espacial estadounidense por completo". Bolden añadió lo siguiente: "La nación ha perdido a una de sus mejores líderes, maestras y exploradoras. La echaremos de menos pero su estrella siempre brillará".

Florence Nightingale:
La dama de la lámpara que salvó vidas con las matemáticas.

FUENTE: BBC NEWS | MUNDO

CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Nació el 12 de mayo de 1820 en Florencia, Italia; y falleció el 13 de agosto de 1910 en Mayfair, Londres, Reino Unido. Su educación la recibió en el King`s College de Londres y en Cambridge University. Sus padre fueron William Nightingale y Frances Nightingale. Durante su vida, recibió los premios Real Cruz Roja y la Orden del Mérito del Reino Unido.

Florence Nightingale fue mucho más que una dama con una lámpara. La leyenda de la santa enfermera a veces oculta la verdad: que su genio matemático fue lo que realmente salvó tantas vidas.

Su ambición la llevó al infernal mundo de la Guerra de Crimea y, como consecuencia, por un camino que terminó transformando la enfermería y los hospitales.

Hagamos un rápido recorrido por su vida.

1820

Una niña dotada

EL DÍA INTERNACIONAL DE LA ENFERMERÍA SE CELEBRA EN EL DÍA DE SU CUMPLEAÑOS: EL 12 DE MAYO.
CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Por haber nacido en la ciudad italiana de Florencia, la nombraron así, pero creció en pintorescas casas de campo inglesas con su hermana mayor Parthenope.

La criaron al estilo de la clase media alta de la época, que incluía una extensiva educación impartida en casa por su padre, quien les enseñó a sus hijas los clásicos, filosofía y lenguas modernas.

Florence se destacaba en matemáticas y ciencia.

Su afición por registrar y organizar información se notó desde una edad temprana, cuando documentó su enorme colección de conchas del mar con listas y tablas diseñadas con mucha precisión.

"Le gustan las matemáticas... la absorben y trabaja duro en ellas".
PARTHENOPE NIGHTINGALE HABLANDO DE LOS HÁBITOS DE ESTUDIO DE SU HERMANA EN 1840.

1837

Florence oye a Dios

Los Nightingales llevaron sus hijas a una gira por Europa, una costumbre de la época cuya función era educar y refinar a las mujeres del siglo XIX.

Pero en el caso de Florence, el viaje sirvió más bien para que se siguiera desarrollando su poco convencional personalidad, como demuestran sus escritos en su diario de viaje. Registraba detalles sobre las estadísticas de población, hospitales y otras instituciones de caridad.

A pesar de que su madre se oponía, recibió después más clases de matemáticas. Pero su principal rebelión estaba por venir.

En 1837 se convenció de que Dios la había "llamado" a su servicio…

"Dios me habló y me llamó a su servicio. La voz no dijo qué tipo de servicio era".
FLORENCE NIGHTINGALE

… Y cuando reveló lo que pensaba que era ese servicio, sus padres se horrorizaron.

1844

Una propuesta

CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Florence era una joven atractiva, inteligente y rica. No había duda de que llegarían pretendientes, pero ella tenía sus propios planes.

Su familia esperaba que se casara con un hombre apropiado pero la idea de una vida doméstica a ella la dejaba fría.

Para 1844 ya había decidido que su vocación era la enfermería y les propuso a sus padres que se entrenaría en Salisbury. Ellos se negaron. Desde su punto de vista, la enfermería era un trabajo bajo e inmodesto que debían hacer los pobres o los sirvientes, por lo que era una ocupación completamente inadecuada para una mujer del estatus social de su hija.

Florence perseveró. En 1849, tras un largo período de cortejo, hasta rechazó una propuesta de matrimonio, convencida de que su destino no era casarse.

"No anticipo que los episodios de amor serán frecuentes en su vida".
MADRE DE FLORENCE, EN 1838

1853

El logro

Nada desviaba a Florence de su misión: quería ser enfermera, de manera que desafiando a sus padres, continuaba visitando hospitales en París, Roma y Londres.

En 1850 su padre finalmente se dio por vencido y le permitió entrenarse como enfermera en Alemania. A su hermana le quedó tan difícil aceptar que Florence era tan independiente que sufrió una crisis nerviosa en 1852. Eso la forzó a devolverse para cuidarla. Pero en agosto de 1853 finalmente logró lo que quería: fue nombrada superintendente en un hospital de mujeres en Harley Street, Londres.

Después de casi una década, colmó su ambición de convertirse en enfermera.

1854

El llamado de Crimea

CADA QUIEN LA PINTABAN COMO SE LA IMAGINABAN. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

La Guerra de Crimea estalló en 1853. Las historias que aparecían en los diarios eran de horror por las terribles condiciones de los hospitales del ejército británico.

Sidney Herbert, el secretario de Estado en Guerra, conocía muy bien a Florence. Por ello le encargó llevar a 38 enfermeras al hospital militar en Scutari, en Turquía.

Fue la primera vez que se les permitió a mujeres servir oficialmente en el ejército.

Cuando Florence llegó, el hospital de campaña estaba imposiblemente sucio, con el piso cubierto por una capa de heces.

Puso a sus enfermeras a limpiar el lugar y a asegurarse de que los soldados estuvieran alimentados y vestidos apropiadamente. Por primera vez, las tropas regulares fueron tratadas con decencia y respeto.

1855

Aumenta el número de muertos

NADA DE LO QUE HACÍA MEJORABA LA SITUACIÓN. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Ni los mejores esfuerzos pudieron reducir el total de muertes, que aumentaba sin cesar y alcanzó 4.000 en un solo invierno.

Aunque Florence había logrado que el hospital fuera más eficiente, no era menos mortal.

En la primavera de 1855, el gobierno británico envió una comisión sanitaria para investigar las condiciones en Scutari. Descubrió que el hospital de militar estaba construido sobre una cloaca, por lo que los pacientes estaban tomando agua contaminada.

La solución fue limpiar los vertederos contaminantes y mejorar la ventilación en ese hospital y otros.

Y el resultado: menos muertos.

1855

La dama de la lámpara

SU LABOR LA CONVIRTIÓ EN UNA HEROÍNA. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Cuando un retrato de Florence llevando una lámpara y atendiendo pacientes apareció en los diarios, rápidamente se ganó un ejército de fans.

Su trabajo en Scutari para mejorar las condiciones de vida de los soldados en los hospitales fue aplaudido tanto por la prensa como por el público.

Su familia tuvo que lidiar con un mar de poemas que le enviaban a Florence –el equivalente victoriano de correo de fanáticos- y la imagen de la "dama de la lámpara" fue impresa en bolsos y souvenires.

Pero a Florence no le entusiasmaba la celebridad. Aunque al retornar a casa la recibieron como una heroína, mantuvo un bajo perfil viajando bajo el pseudónimo de Miss Smith.

1856

A trabajar

No fue sino hasta después de que procesó todo lo que había aprendido en Scutari que Florence usó su fama como una poderosa arma en su misión de salvar vidas.

Atormentada por la horrenda pérdida de vidas, Florence se reunió con una de sus más grandes fans: la reina Victoria. Con su respaldo, persuadió al gobierno de establecer una comisión para investigar la salud del ejército.

El reconocido estadístico William Farr y John Sutherland, de la comisión sanitaria, le ayudaron a analizar vastas cantidades de datos complejos, y la verdad que revelaron fue impactante: la causa de 16.000 de las 18.000 muertes no fueron heridas sufridas en batallas sino enfermedades prevenibles, cuyo contagio se debía a la falta de higiene.

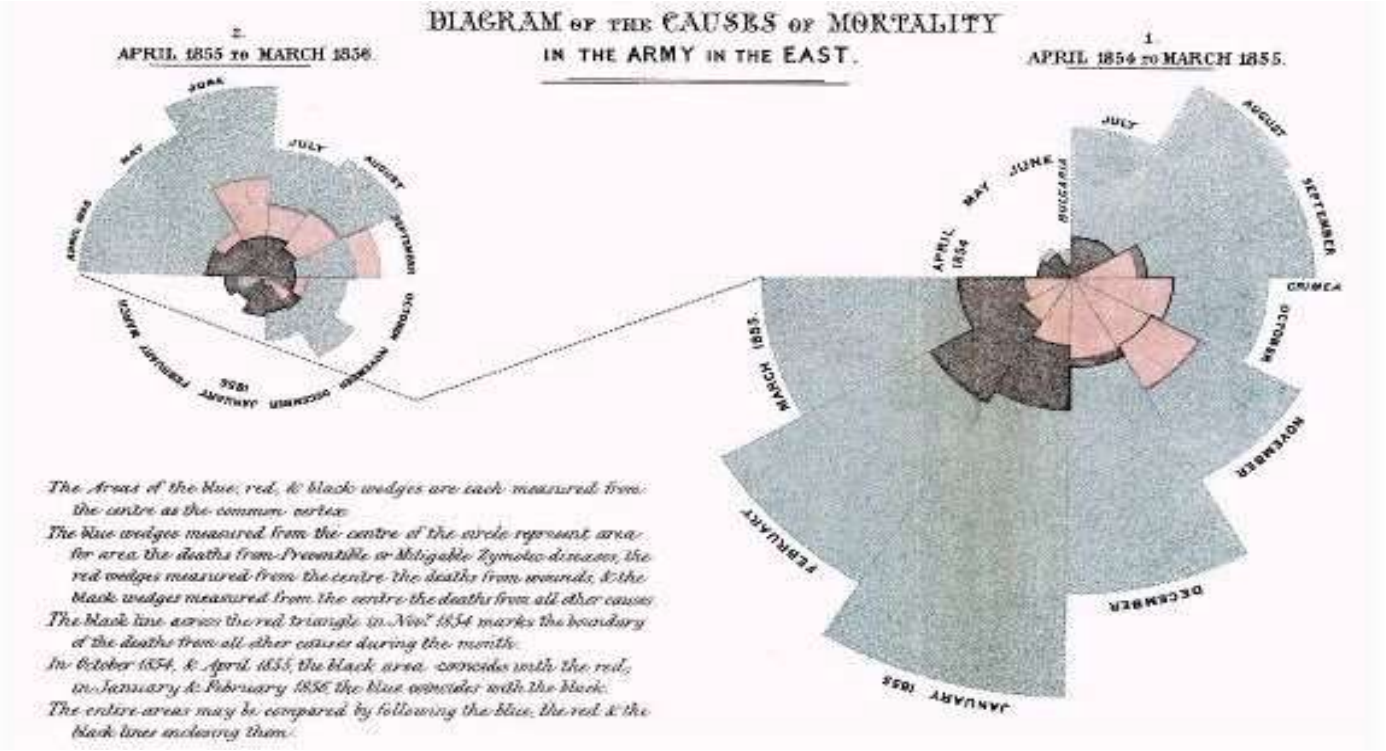
1857

Florence revela la verdad

Florence sabía que su talento para la estadística no sería suficiente para asegurar que el informe tuviera efecto. Había llegado el momento de probar sus habilidades para la comunicación.

En vez de presentar listas o tablas, representó los números de muertes en una manera para entonces revolucionaria.

Su "diagrama de la rosa" –un gráfico circular- mostraba la aguda caída en las fatalidades que se dio tras la labor de la comisión sanitaria: habían bajado 99% en un solo año.



UN DIAGRAMA PARA DEMOSTRAR QUE LOS HOSPITALES -ASÍ COMO ESTABAN- ERAN MÁS MORTALES QUE LA GUERRA.

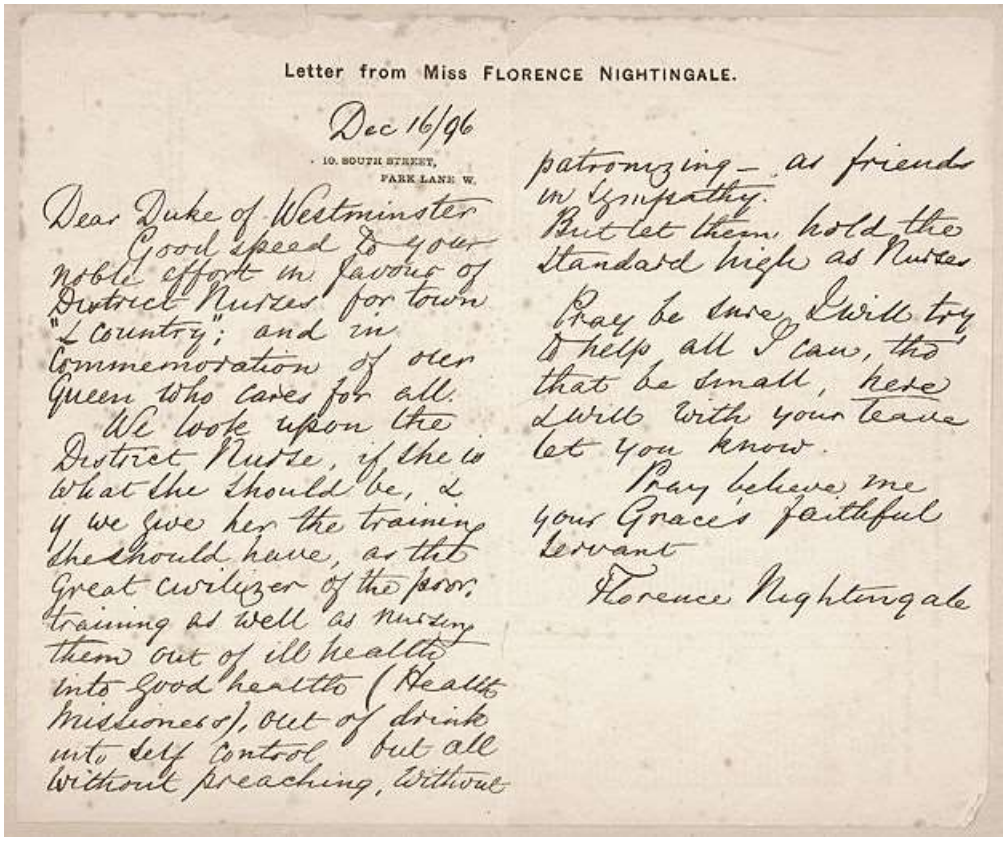
El diagrama era tan fácil de entender que fue publicado en muchos lugares y el público comprendió cuál era la falla del ejército y cuán urgente era el cambio.

Gracias a la obra de Florence se establecieron nuevos departamentos –de medicina, ciencia sanitaria y estadística- en el ejército, para mejorar el cuidado de la salud.

"Debe transimitir a través de los ojos lo que no logramos comunicarle al público a través de sus oídos resistentes a las palabras"
Florence Nightingale hablando de su diagrama rosa

1859

Las campañas de Florence


Letter from Miss FLORENCE NIGHTINGALE.

Dec 16/96

10. SOUTH STREET,
PARK LANE W.

Dear Duke of Westminster
Good speed to your noble effort in favour of District Nurses for town & country; and in commemoration of our Queen who cares for all.
We look upon the District Nurse, if she is what she should be, & if we give her the training she should have, as the Great Civilizer of the poor: training as well as nursing them out of ill health into good health (Health Missioness), out of drink into self control but all without preaching, without patronizing — as friends in sympathy.
But let them hold the standard high as Nurses.
Pray be sure, I will try & help all I can, tho' that be small, here I will with your leave let you know.
Pray believe me
Your Grace's faithful servant
Florence Nightingale

NUNCA DEJÓ DE ESCRIBIRLE A QUIENES TENÍAN PODER DE DECISIÓN PARA PRESIONAR POR EL CAMBIO.
CRÉDITO IMAGEN: BBC WORLD SERVICE.

En 1859 publicó sus más famosos libros, "Notas sobre enfermería" y "Notas sobre hospitales", y el año siguiente se fundó una escuela de enfermería en su nombre.

Su trabajo durante las décadas siguientes ayudó a establecer a la enfermería como una carrera respetable para las mujeres y a mejorar los hospitales, para que se volvieran lugares limpios y espaciosos en los que los pacientes se pudieran recuperar.

Pero mientras hacía campaña, su propia salud se fue deteriorando.

Se cree que en Crimea contrajo brucelosis crónica, una infección que causa fiebre, depresión y dolor extremo. Frágil y aislada, lucho por mejorar los servicios sanitarios examinando datos estadísticos desde su lecho de enferma, realizando trabajos pioneros que se propagaron por el mundo.

1870

Salud para todos

A LAS ENFERMERAS LAS EMPEZARON A LLAMAR "RUISEÑORES" PUES EL APELLIDO DE FLORENCE SIGNIFICA "RUISEÑOR". CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Florence estaba enferma pero era rica, de manera que podía pagar por medicina privada. Pero estaba consciente de que la mayoría de sus contemporáneos victorianos no podían darse ese lujo.

Los pobres sólo podían cuidarse entre ellos. Su libro "Notas sobre enfermería" intentaba educar a la gente sobre la manera de atender a los familiares y vecinos enfermos, pero ella quería hacer más por los menos pudientes de la sociedad.

Envió enfermeras entrenadas a las casas de trabajo para ayudar a darle tratamiento a los necesitados.

Ese intento por hacer que el cuidado médico estuviera al alcance de todos, sin importar clase o sueldo, sirvió como precursor para el Servicio Nacional de Salud, del que hasta hoy en día se vanagloria Reino Unido, el cual fue fundado 40 años después de su muerte.

Para la década de 1880, el conocimiento científico había avanzado de manera que respaldaba aún más las ideas reformistas de Florence.

Como muchos practicantes de la medicina, para ese entonces ella también aceptaba la teoría de los gérmenes o teoría microbiana de la enfermedad.

1910

Muerte de Florence

SU LEGADO ES EXTRAORDINARIO, NO SÓLO POR SU TRABAJO PIONERO EN ENFERMERÍA Y ESTADÍSTICA, SINO POR INSPIRAR AL FUNDADOR DE LA CRUZ ROJA Y AUTOR DE LAS PROPUESTAS PARA LA CONVENCIÓN DE GINEBRA, Y AL MOVIMIENTO FEMINISTA. CRÉDITO IMAGEN: GETTY.

Antes de que muriera, a los 90 años, Florence fue la primera mujer en recibir la Orden de Mérito de Reino Unido, una recompensa por servicios extraordinarios en el ámbito del ejército, la ciencia, el arte o la literatura.

La niña terca con una bien documentada colección de conchas había logrado más de lo imaginado en un campo que había sido considerado inapropiado para las mujeres de su clase.

A pesar de haber sido a menudo una voz femenina solitaria en la sociedad victoriana, gracias a su talento para la comunicación y sus dotes matemáticas ayudó a revolucionar los cuidados sanitarios castrenses y civiles y salvó a miles de una muerte macabra.

La melodía de una hipótesis.

El sueño pitagórico que acompaña a la ciencia se presenta en nuestros días cada vez que surge la polémica en torno a la Teoría de Cuerdas.

Versión del artículo original de MONTERO GLEZ

FUENTE: El Hacha de Piedra de El País - España

***El hacha de piedra* es una sección donde Montero Glez, con voluntad de prosa, ejerce su asedio particular a la realidad científica para manifestar que ciencia y arte son formas complementarias de conocimiento.**

MICHIO KAKU, EN UN CONGRESO CELEBRADO EN BARCELONA. CRÉDITO FOTO: ALBERT GARCÍA.

En algún sitio dejó dicho Leibniz que la música es un ejercicio oculto de aritmética. Pero el pensador alemán no fue el único en percibir la relación.

Al parecer, fueron Pitágoras y sus seguidores los primeros en manejar las claves matemáticas que subyacen en la música. Para ellos, ciencia y música no se podían entender por separado, y explicaron ambas desde su misma esencia: el número y su relación con el universo.

Hasta el siglo VI antes de Cristo, el ejercicio de aritmética permanecía oculto bajo la sucesión de notas, de igual forma que permanece oculto en cada partícula de realidad que nos rodea. Los pitagóricos desvelaron el secreto al descubrir que las leyes armónicas del universo están contenidas en la cuerda de una lira. El número y su conjugación ritual fueron asuntos esenciales a la hora de percibir la melodía perpetua que nos envuelve y que se vino a llamar la música de las esferas.

A mediados del siglo VI a. C. -según la lista contenida en el catálogo de pitagóricos elaborado por Jámblico- la escuela pitagórica estaba compuesta por 224 hombres y 18 mujeres entre las que se encontraba Teano, primera matemática de la Historia. Eran personas de ciencia que se adentraban en la mística sin perder de vista la materia. Una secta hermética sobre la que circulan muchas leyendas; una de ellas es la del oscuro final de Hipaso de Metaponto, que acabó ahogado por desvelar el secreto de los números irracionales. En otra ocasión hablaremos del suceso, ahora sigamos con la escuela pitagórica en su lectura actual.

Porque el sueño pitagórico que acompaña a la ciencia se presenta en nuestros días cada vez que surge la polémica en torno a la Teoría de Cuerdas y su última encarnación, la Teoría M; una hipótesis arriesgada que vendría a ser el eslabón perdido entre la relatividad general y la teoría cuántica, consiguiendo que dos tesis opuestas -por ser una teoría de lo grande y otra teoría de lo más pequeño- formasen un "todo". Ya dijimos que es una teoría que se nos presenta como nueva pero, en esencia, es tan antigua como el mundo que contemplaron los pitagóricos.

Uno de sus defensores, el físico *Michio Kaku* la explica de manera sencilla y elegante en su libro titulado *Universos paralelos* (Atalanta); lo más parecido a un viaje interestelar a través de la historia del universo y donde Kaku conecta lo más grande (Big bang, agujeros negros) con lo más pequeño (electrón, quarks).

Michio Kaku es físico especialista en teoría de cuerdas. Su fama *bestsellera* y sus constantes apariciones en programas de radio y televisión, han convertido al físico en una especie de *friki* a ojos de la comunidad científica. En el libro que aquí nos trae, se nos muestra como defensor de la teoría de cuerdas y de la teoría M, y nos explica que ambas teorías se basan en que la infinidad de partículas que forman el universo es similar a las notas que pueden tocarse en la cuerda de una lira.

Según cuenta, si pudiéramos ver un electrón, sería lo más parecido a una pequeña cuerda vibrante que oscila a diferentes frecuencias y resonancias. Pero lo curioso es que, cada vez que procedemos a tocarla, va cambiando de forma y de tamaño. Como si se tratase de diferentes notas, el electrón se convierte en un quark que, pulsado de nuevo, pasa a neutrino.

Lo que quiere decir que, si las notas musicales son partículas subatómicas, las leyes armónicas entrarían dentro del ámbito de la física. Por otro lado, la química se correspondería con la melodía de un universo que es igual a una sinfonía de cuerdas que resuena desde tiempos antiguos, mucho antes de que Leibniz definiese la música como el placer que experimenta la mente humana al contar sin darse cuenta de que está contando.

Científicos descifran por fin el secreto del mecanismo de Anticitera, el «ordenador» más antiguo de la historia.

TOMADO DEL BLOG: 20 minutos

RECREACIÓN DEL ASPECTO ORIGINAL DEL MECAMISMO DE ANTICITERA.EUROPA PRESS.

Investigadores del UCL (University College London) han resuelto una pieza importante del rompecabezas que forma la calculadora astronómica griega antigua conocida como el **mecanismo de Anticitera.**

Conocido por muchos como la primera computadora analógica del mundo, el mecanismo de Anticitera es la pieza de ingeniería más compleja que ha sobrevivido del mundo antiguo. El dispositivo de **2.000 años** se utilizó para predecir las posiciones del Sol, la Luna y los planetas, así como los eclipses lunares y solares.

Publicado en *Scientific Reports*, el estudio de UCL revela una nueva visualización del antiguo orden griego del Universo (Cosmos), dentro de **un complejo sistema de engranajes** en la parte frontal del Mecanismo.

El autor principal, el profesor de Ingeniría Mecánica Tony Freeth explicó en un comunicado: "El nuestro es el primer modelo que se ajusta a todas las pruebas físicas y **coincide con las descripciones** de las inscripciones científicas grabadas en el mecanismo mismo. El Sol, la Luna y los planetas se muestran en un impresionante *tour de force* de brillantez griega antigua".

DESCUBIERTO EN 1901

El mecanismo de Anticitera ha generado tanto fascinación como una intensa controversia desde su descubrimiento en un naufragio de la era romana en 1901 por **buzos de esponjas griegos** cerca de la pequeña isla mediterránea de Anticitera.

La calculadora astronómica es un dispositivo de bronce que consiste en **una combinación compleja de 30 engranajes de bronce** supervivientes que se utilizan para predecir eventos astronómicos, incluidos eclipses, fases de la luna, posiciones de los planetas e incluso fechas de los Juegos Olímpicos de la Antigüedad.

Si bien se ha logrado un gran progreso durante el último siglo para comprender cómo funcionaba, los estudios de 2005 que utilizaron rayos X 3D e imágenes de superficie permitieron a los investigadores mostrar cómo el Mecanismo predijo eclipses y **calculó el movimiento variable de la Luna.**

Sin embargo, hasta ahora, una comprensión completa del sistema de engranajes en la parte frontal del dispositivo ha eludido los mejores esfuerzos de los investigadores. Solo alrededor de un tercio del Mecanismo ha sobrevivido y **está dividido en 82 fragmentos**, lo que crea un desafío abrumador.

El fragmento superviviente más grande, conocido como Fragmento A, muestra características de cojinetes, pilares y un bloque. Otro, conocido como Fragmento D, **presenta un disco inexplicable**, un engranaje de 63 dientes y una placa.

Investigaciones anteriores habían utilizado datos de rayos X de 2005 para revelar miles de caracteres de texto ocultos dentro de los fragmentos, sin leer durante casi 2.000 años. Las inscripciones en la contraportada incluyen una descripción de la pantalla del cosmos, con los **planetas moviéndose en anillos** e indicados por cuentas de marcador. Fue esta exhibición la que el equipo trabajó para reconstruir.

Dos números críticos en los rayos X de la portada, de 462 años y 442 años, representan con precisión los ciclos de Venus y Saturno, respectivamente. Cuando se observan desde la Tierra, los ciclos de los planetas a veces invierten sus movimientos contra las estrellas. Los expertos deben rastrear estos ciclos variables durante largos períodos de tiempo para **predecir sus posiciones.**

"La astronomía clásica del primer milenio antes de Cristo se originó en Babilonia, pero nada en esta astronomía sugirió cómo los antiguos griegos encontraron el ciclo altamente preciso de 462 años para Venus y el ciclo de 442 años para Saturno", explicó el candidato a doctorado y miembro del equipo **Aris Dacanalis.**

Utilizando un método matemático griego antiguo descrito por el filósofo Parménides, el equipo de la UCL no solo explicó cómo se derivaron los ciclos de Venus y Saturno, sino que también **logró recuperar los ciclos** de todos los demás planetas, donde faltaba la evidencia.

El candidato a doctorado y miembro del equipo David Higgon explicó: "Después de una lucha considerable, logramos hacer coincidir la evidencia en los Fragmentos A y D con un mecanismo para Venus, que **modela exactamente su relación de período planetario de 462 años**, con el engranaje de 63 dientes jugando un rol crucial."

El profesor Freeth agregó: "El equipo luego creó mecanismos innovadores para todos los planetas que calcularían los nuevos ciclos astronómicos avanzados y **minimizarían el número de engranajes** en todo el sistema, de modo que encajarían en los espacios reducidos disponibles".

"Este es un avance teórico clave sobre cómo se construyó el Cosmos en el mecanismo", agregó el coautor Adam Wocjk. "Ahora debemos demostrar su viabilidad **haciéndolo con técnicas antiguas**. Un desafío particular será el sistema de tubos anidados que transportaban las salidas astronómicas".

Lía Schwartz: Filóloga e hispanista argentina.

Considerada una autoridad en los estudios del Siglo de Oro, la profesora fue una figura muy conocida y respetada en el ámbito académico neoyorquino.

Versión del artículo original de EDUARDO LUGO
FUENTE: El País – España / 5 de junio de 2020

LÍA SCHWARTZ
(1941-2020)

La filóloga e hispanista Lía Schwartz, nacida en Corrientes, Argentina, en 1941, falleció en Nueva York el 31 de mayo de 2020, a los 79 años de edad, víctima de una neumonía. Considerada una autoridad en los estudios del Siglo de Oro, la profesora Schwartz era una figura muy querida, conocida y respetada en el ámbito académico neoyorquino. Pese a su delicado estado de salud en los últimos años, tuvo a bien seguir impartiendo clases mientras las fuerzas le dieron de sí. Sus enseñanzas marcaron a varias generaciones de estudiantes a lo largo de más de medio siglo. Discípula de Borges en su Argentina natal, Lía Schwartz cursó estudios de Lenguas Clásicas y Filología Española en la Universidad de Buenos Aires, ampliando su formación en las universidades Johannes Gutenberg, en Maguncia, Alemania, e Illinois, Estados Unidos, donde se doctoró, dando comienzo a su ejemplar carrera docente. Ocupó puestos como catedrática de literatura en Fordham University y Dartmouth College, antes de ser nombrada Profesora Distinguida de Literatura Española y Comparada en el Centro de Estudios Graduados de la Universidad de la Ciudad de Nueva York, cuyo programa de estudios doctorales dirigió durante más de una década. Figura internacionalmente reconocida, la Doctora Schwartz fue profesora visitante y dictó cursos y conferencias en universidades de Latinoamérica, Europa y Estados Unidos, entre ellas las de Salamanca, Buenos Aires, la Sorbona, Harvard, Yale y Princeton.

Su ingente labor como investigadora cristalizó en una asombrosa cantidad de publicaciones. Rastreó la huella de la tradición grecolatina en la literatura española del Siglo de Oro, ofreciendo lecturas insólitas y novedosas de algunos de sus representantes mayores, publicando importantes trabajos sobre autores fundamentales del Siglo de Oro español, como Luis de León, Lope de Vega, Góngora, Garcilaso, Bartolomé Leonardo de Argensola o Alonso de Ercilla, entre otros. Escribió con luminosa precisión sobre los tres prosistas mayores de la lengua castellana: Cervantes, Gracián y Quevedo, haciendo de este último el centro de gravedad de sus investigaciones más relevantes y convirtiéndose en una de las autoridades mundiales sobre su obra. Sus estudios sobre la sátira menipea y la tradición del neoestoicismo en las letras áureas están considerados como una de sus aportaciones más significativas al campo de los estudios filológicos de los siglos XVI y XVII.

Figura señera del hispanismo, Lía Schwartz representaba una manera de entender la filología ajena a las modas académicas, enfocada en el valor esencial de las humanidades como componente central e insustituible de la educación. Entre 1992 y 1998 desempeñó el cargo de Secretaria General de la Asociación Internacional de Hispanistas (AIH), organización de la que fue presidenta desde 1998 hasta 2001, siendo ulteriormente nombrada Presidenta de Honor. Asimismo ejerció como vocal y vicepresidenta de la Asociación Internacional del Siglo de Oro (AISO). Fue miembro del consejo asesor de diversas instituciones, así como de varias editoriales y numerosas revistas especializadas de Estados Unidos, Argentina y España. El Gobierno de España reconoció sus extraordinarios méritos como difusora de la literatura de nuestro país en el ámbito internacional otorgándole la Encomienda de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio en 1999, así como la Orden del Mérito Civil en 2013. En 2016 fue nombrada Académica correspondiente de la Real Academia Española. El año pasado un distinguido elenco de colegas publicó un volumen de homenaje recogido bajo el título de *Docta y sabia Atenea. Studia in honorem Lía Schwartz.* Publicado por *A Universidade da Coruña*, el proyecto fue coordinado por Sagrario López Poza y auspiciado por el Queen Sofía Spanish Institute, de cuyo consejo cultural formaba parte. El volumen, que contó con la participación de una cuarentena de especialistas del más alto nivel, fue presentado en la sede del Instituto Cervantes de Nueva York en un acto tan memorable como emotivo.

Algunos elementos trascendentales en el modo de pensar la filosofía en el siglo XXI.

La estética del desastre.

POR BYUNG-CHUL HAN

Texto filósofo surcoreano Byung-Chul Han, publicado por primera vez en su libro "Die Errettung des Schönen".

TOMADO DE: Bloghemia marzo 04, 2021

"El amor al yo todavía está determinado por la negatividad, en la medida en que devalúa y protege al Otro en favor de lo propio."

Byung-Chul Han

En la Crítica de la razón práctica de Kant se encuentra la famosa sentencia que también está sobre su tumba: «Dos cosas llenan el ánimo de admiración y respeto, siempre nuevos y crecientes cuanto más reiterada y persistentemente se ocupa de ellas la reflexión: el cielo estrellado que está sobre mí y la ley moral que hay en mí». La ley moral tiene su sede en la razón. Tampoco el cielo estrellado representa un afuera, algo externo al sujeto, sino que se despliega en la interioridad de la razón. Etimológicamente, desastre significa «sin estrellas» (del latín des-astrum). En el cielo estrellado de Kant no aparece ningún desastre.

Kant no conoce el desastre. Ni siquiera los poderosos fenómenos naturales representan acontecimientos catastróficos. En presencia de la violencia natural, el sujeto se refugia en una interioridad de la razón que hace que todo lo externo aparezca pequeño. Kant se inmuniza permanentemente contra el afuera, el cual se sustrae a la interioridad autoerótica del sujeto. Todo debe conjurarse para que se encauce hacia el interior del sujeto: así reza el imperativo categórico de su pensamiento.

Según Hegel, la tarea del arte consiste «en transformar en ojo toda figura en todos los puntos de su superficie visible», «de modo que, en ese ojo, el alma libre se dé a conocer en su infinitud interior». La obra de arte ideal es un Argos de mil ojos, un espacio luminoso y viviente:

"O como exclama Platón en aquel famoso dístico dedicado a Aster: «Cuando miras las estrellas, estrella mía, ojalá fuera yo el cielo, para mirarte desde arriba con mil ojos»; el arte, de forma inversa, convierte cada una de sus configuraciones en un Argos de mil ojos, para que el alma interior y la espiritualidad sean vistos en todos sus puntos".

El espíritu mismo es un Argos de mil ojos que todo lo ilumina sin restricciones. El cielo de mil ojos del que habla Hegel se parece al cielo nocturno estrellado de Kant, que no se ve afligido por ningún des-astre, por ningún afuera. Tanto el «espíritu» de Hegel como la «razón» de Kant representan fórmulas conjuratorias contra el desastre, contra el afuera, contra lo completamente distinto.

Como ausencia de estrellas, el desastre irrumpe en el «espacio estrellado». Es la «enajenación radical», el afuera que quebranta la interioridad del espíritu: «No diré que el desastre es absoluto: por el contrario, desorienta lo absoluto, va y viene, desconcierto nónuda, sin embargo con la brusquedad insensible pero intensa de lo exterior». El desastre caracteriza otra forma de expectación que se distingue del «Argos de mil ojos» de Hegel: «Cuando digo: vela el desastre, no es para dar un sujeto a la vela, sino para decir: la vela no sucede bajo un cielo sideral». El desastre significa «estar separado de la estrellas».

El cielo vacío como contrafigura del cielo estrellado representa para Blanchot la escena primordial de su infancia. Ese cielo vacío le revela la atopía de lo completamente distinto, del exterior que no cabe interiorizar, cuya belleza y sublimidad colman al niño de una «alegría devastadora»: «El súbito y absoluto vacío del cielo, no visible, no oscuro […] sorprendió al niño con tal encanto y tal alegría, que por un momento se llenó de lágrimas». El niño se siente arrebatado por la infinitud del cielo vacío. Arrancado de su interioridad, se siente ilimitado y vaciado en un exterior atópico. El desastre es una fórmula de la dicha.

La estética del desastre se opone a la estética de la complacencia, en la que el sujeto goza de sí mismo. Es una estética del acontecimiento. Desastroso puede ser también un acontecimiento inaparente, como polvo blanco arremolinado por una gota de lluvia, una nevada silenciosa en el crepúsculo matinal, el olor de unas rocas en el calor estival, un acontecimiento de vacío que vacía al yo, lo desinterioriza, lo desubjetiviza, llenándolo así de dicha. Todos los acontecimientos son bellos porque expropian al yo. El desastre significa la muerte del sujeto autoerótico que se aferra a sí mismo.

En Las flores del mal de Baudelaire se encuentra el poema «Himno a la belleza». Las «estrellas», des astres, de las que emana la belleza, Baudelaire hace que rimen con «desastres», désastres. La belleza es un desastre que desbarata los órdenes de las estrellas. Es la antorcha (flambeau) a la que la mariposa se acerca y con la que se quema. Flambeau rima con tombeau, «tumba». La belleza (beau) es intrínseca tanto a la antorcha (flambeau) como a la tumba (tombeau). La negatividad del desastre, de lo mortal, es un momento de lo bello.

Lo bello, según se dice en la primera Elegía de Duino de Rilke, «no es más que ese comienzo de lo terrible que todavía llegamos a soportar». La negatividad de lo terrible constituye la matriz, la capa profunda de lo bello. Lo bello es lo insoportable que todavía llegamos a soportar, o lo insoportable hecho soportable. Nos escuda de lo terrible. Pero al mismo tiempo, a través de lo bello resplandece lo terrible. Eso es lo que constituye la ambivalencia de lo bello. Lo bello no es una imagen, sino un escudo.

También para Adorno la negatividad de lo terrible es esencial para lo bello. Lo bello es la forma intrínseca de lo amorfo, de lo indiferenciado: «El espíritu que forma estéticamente solo dejó pasar de aquello en lo que se activaba lo que se le parecía, lo que comprendía o tenía la esperanza de equipararse. Se trataba de un proceso de formalización». Lo bello se distingue de lo amorfo, de lo terrible, del todo indiviso, poniendo formas, es decir, diferencias: «La imagen de lo bello como lo uno y diferenciado surge con la emancipación respecto del miedo a la naturaleza abrumadora en tanto lo que un todo no diferenciado». Pero la apariencia bella no conjura por completo lo terrible. La impermeabilización «frente a lo que existe inmediatamente», contra lo amorfo, tiene fugas. Lo amorfo «se parapeta fuera, como el enemigo ante los muros de la ciudad sitiada, y la hace morir de hambre».

La apariencia bella es frágil y está amenazada. Se ve «progresivamente perturbada» por lo distinto a ella, por lo terrible: «La reducción que la belleza causa a lo terrible, desde lo cual y por encima de lo cual ella se eleva y a lo cual mantiene fuera de su templo, tiene a la vista de lo terrible algo de impactante». La relación entre lo bello y lo terrible es ambivalente. Lo bello no se limita a repeler lo terrible. Tampoco lo desacredita. Más bien, el espíritu configurador necesita lo amorfo, su enemigo, para no anquilosarse en una apariencia muerta. La racionalidad configuradora necesita la mímesis, la cual se amolda a lo amorfo, a lo terrible. Del espíritu es propio el «anhelo [mimético] de lo dominado, que no es otra cosa que lo terrible. Lo bello está emplazado entre el desastre y la depresión, entre lo terrible y lo utópico, entre la irrupción de lo distinto y el anquilosamiento en lo igual. La idea de Adorno de lo bello natural se dirige justamente contra la rígida identidad de la forma. Lo bello da testimonio de lo no idéntico:

"Lo bello natural es la huella de lo no-idéntico en las cosas bajo el hechizo de la identidad universal. Mientras este hechizo impera, nada no-idéntico existe positivamente. De ahí que lo bello natural esté tan disperso e incierto y que lo que se espera de él sobrepase todo lo intrahumano".

La negatividad del quebrantamiento es constitutiva de lo bello. Así es como Adorno habla de una coherencia «antagónica y quebrada». Sin la negatividad del quebrantamiento, lo bello se atrofia en lo liso y pulido. Adorno describe la forma estética usando fórmulas paradójicas. Su armonización consiste en «no estar en orden». No está libre de «divergencia» ni de «contradicciones». Su unidad está rota. Se ve interrumpida «mediante su otro». El corazón de lo bello está roto.

Lo sano es una forma de expresión de lo liso y pulido. Paradójicamente, irradia algo morboso, algo inerte. Sin la negatividad de la muerte, la vida se anquilosa en lo muerto. Se la satina, convirtiéndola en aquello que, por carecer de vida, tampoco puede morir. La negatividad es la fuerza vivificante de la vida. Constituye también la esencia de lo bello. Inherente a lo bello es una debilidad, una fragilidad, un quebrantamiento. Es a esta negatividad a lo que lo bello tiene que agradecerle su fuerza de seducción. Lo sano, por el contrario, no seduce. Tiene algo de pornográfico. La belleza es enfermedad:

"La proliferación de lo sano trae inmediatamente consigo la proliferación de la enfermedad. Su antídoto es la enfermedad consciente de sí misma, la restricción de la vida propiamente tal. Esa enfermedad curativa es lo bello. Este pone freno a la vida, y, de ese modo, a su colapso. Mas si se niega la enfermedad en nombre de la vida, la vida hipostasiada, por su ciego afán de independencia de ese otro momento se entrega a este de lo pernicioso y destructivo, de lo cínico y lo arrogante. Quien odia lo destructivo tiene que odiar también la vida: solo lo muerto se asemeja a lo viviente no deformado".

La actual calocracia, o imperio de la belleza, que absolutiza lo sano y lo pulido, justamente elimina lo bello. Y la mera vida sana, que hoy asume la forma de una supervivencia histérica, se trueca en lo muerto, en aquello que por carecer de vida tampoco puede morir. Así es como hoy estamos demasiado muertos para vivir y demasiado vivos para morir.

ARQUEO LITERARIO: Revisiones Críticas. (III)

Obra: *Concepciones de la Conquista. Aproximaciones interdisciplinarias.* AUTORES: CASTAÑEDA, F. y VOLLET, M. (eds.). Ediciones Uniandes, Bogotá, 2001, p. 414.

Crítico: Ángel Muñoz García. Universidad del Zulia – Venezuela.

Tomado de: Revista de Filosofía. ISSN 0798-1171 versión impresa. RF v.47 n.47 Maracaibo mayo 2004.

El volumen constituye las Actas del *IV Coloquio Colombo-Alemán de Filosofía* que, esta vez dedicado abiertamente al pensamiento colonial, y bajo el tema *"Cambios de imágenes de mundo durante la Conquista. La pretensión de racionalidad del extranjero"* se realizó en marzo del 2000 en la ciudad de Bogotá. Y un volumen que recoge los trabajos presentados en el Coloquio, por investigadores colombianos y alemanes, éstos fundamentalmente de la universidad alemana Johannes Gutemberg, de Mainz.

Diecisiete trabajos de otros tantos especialistas, en torno al tema fundamental de la conquista y el de la racionalidad del extranjero. Todos ellos, en definitiva y por más que asumida bajo muy distintos enfoques, respondiendo a una idea común, que se puede descubrir como *leitmotiv*del Coloquio: el llamado descubrimiento del Nuevo Mundo no fue en realidad sino un autodescubrimiento de la cultura del Viejo Mundo, que se contraponía a la (¿supuesta?) cultura del Nuevo Mundo. Al pretender el español entender al indio, termina entendiéndose (o, al menos, pudiéndose entender) a sí mismo; cuestionar la racionalidad del indio, lleva al español a cuestionar su propia racionalidad.

La concepción wittgensteiniana de la cultura como un juego de lenguaje lleva a considerar la conquista como una interacción de juegos de lenguaje y una interacción de culturas. En tal sentido, el proceso de conquista supuso la transferencia de la cultura europea al Nuevo Mundo, para incorporar a éste en ella, sí; pero logrando como resultado, en definitiva, una sola cultura, o una nueva cultura europea. La admiración que produjeron las construcciones aztecas, o la organización social inca, o el arrojo de los indios chilenos, llevaron al conquistador a la admiración por sus respectivas culturas y a su consecuente intento de asimilarlas. En tal sentido, por ejemplo, habría de entenderse todo el esfuerzo de Sahagún por entender la cultura azteca: no tanto para incorporar a los aztecas a la cultura europea, sino a su cultura. Sin olvidar un aspecto largo tiempo olvidado: el de la cultura africana, con la que se experimentó un proceso similar.

“Si no quisiera tanto a Dios pensaría que esto es un castigo”...

Por: Dr. EDGAR REDONDO

Enviado vía Facebook

EDGAR REDONDO

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

Mi admirado amigo el Profesor Antonio Osorio nos regaló, en su Muro de Facebook, un maravilloso relato...

Un dramático, cruento y triste texto de tiempos que creíamos haber dejado atrás pero que, lamentablemente, en mi Venezuela del Siglo XXI, vuelven a ser parte de nuestra cotidianidad...

Un país:

“... de hijos huérfanos con padres vivos”...

“...un país huérfano de padres”....

En fin, un cuento dedicado a la mujer desvalida”... a la mujer “con el dolor profundo de haber sucumbido a aquella miseria”...

Venga, ya está bueno de presentación, mejor sumérgete en nuestra realidad donde se estrellan nuestros sueños.

…Y el Mar Nunca se Llena

Cira la rezandera se ahogaba en letanías, “madre prudentísima, madre del buen consuelo, espejo de la justicia…”, los presentes acompañaban con ora pro nobis las toses silenciosas y los chasqueos compungidos, la urna negra charoleada descansando sobre la mesa y un cristo de latón encima de la tapa, por una ventana abierta entraba el soplido del viento, era la noche oscura devorando la casita blanca bucólica de las orillas de un pueblo, y el último niño, de meses, lloraba, quizá de hambre. Eran catorce los que había parido Consuelo, justo la edad que ella tenía cuando dejó estampada su virtud en la pared de atrás, donde gimió aterrada frente a aquel viejo de blusa curada por la mugre, un olor a guarapiche, a tocino rancio, el matarife de oficio quien había entregado algunas libras para hacerse de los favores de la familia de la joven; al final la pobre muchacha llena de babas de viejo, de un manoseo infernal y el dolor profundo de haber sucumbido a aquella miseria.

En su cabeza no peregrinaba la idea de que su padre hubiese participado en tan torcido compromiso, para Consuelo aquello fue una desafortunada casualidad y una afrenta al honor de su familia, al sentir una criatura en su vientre se apartó de la casa. Y nació el niño, “no te preocupes, yo te ayudo con ese muchacho” dijo el pulpero de la esquina mientras rutilaba el pote de leche en la mesa de aquella desventurada, y unido a esto venían los requerimientos, la insinuación, los manoseos primitivos en la sed de carne del pulpero. Así fue creciendo la familia de muchos hombres que no estuvieron, de una mujer madre azorada, atenazada por la necesidad, desfilaban en sus oficios aquellas bestias con propuestas, palabras falsas y otro, y otro hijo más.

Ya era pálida, seca, se hacía mustia, para ella no existió futuro, sólo el trajín diario, todos los días al dispensario, recorría el camino de tierra, las cotizas desgastadas, las huellas sobre el barro en los días de lluvia, y ella iba como empujada por el viento, muchacho enclenque en el cuadril, no existía nadie más en el camino, su mirada supina fija en aquella puerta azul donde la recibirían las enfermeras, y la harían esperar sentada en el banco duro sosteniendo en la mano un papelito numerado; el médico le indicaba vitaminas, antiparasitantes, jarabes, medicinas inocuas, y de vuelta a la casa. Agua de menestras para complementar aquel pote de leche que en sus principios la madre había sabido ganarse, la puerta de entrada a su cuerpo y una llamada al cielo para que ellos nacieran y pudieran disfrutar de otro pote de leche que trajera algún extraño.

La espalda advertía señales que ella no percibía, “a lo mejor por cargar tanto muchacho, debo estar pendiente porque son muchos y puede ser que alguno se me enferme, y no se cure con cualquier agua ni con vitaminas” se decía, y los niños macilentos, amarillos, los cabellos raídos, los pies descalzos; ese era su mundo de agua y tierra, el camastro lleno, la casa anegada en tiempos de lluvia y todos compartiendo el mismo camastro, eran los náufragos de su vida, y en tiempos de sequía había que transitar por patios polvorientos en busca de agua, el suelo agrietado, era la peor estación, para estos hijos del abandono los árboles esqueléticos danzaban al ritmo de los zamuros que se posaban sobre ellos, era el requerimiento del hambre. En cuclillas y sin sentido del pudor expulsaban los parásitos que se deslizaban sobre la tierra y las heces, ningún viandante se conmovió frente a aquel dantesco espectáculo que ya estaba incorporado al paisaje, todos ladeaban la cara para no ver sus propias falencias.

Era un verdadero espectáculo observar como las luciérnagas en su tiempo penetraban en la casa y llenaban todo con sus señales de constelaciones fabuladas, a Consuelo, que ya ni siquiera tenía voz, esto no la emocionaba, le preocupaba más bien el canto insistente de los malditos zancudos que algún día me van a llevar a uno de estos, la casa aún no estaba signada con el letrero azul del DDT, he aquí sus reales vecinos, ratones escuálidos que hacían piruetas en el suelo, tratando de alcanzar alguna miga del agua de ocumo, era preferible no encender una mecha en esta casa invadida de cucarachas, las que retozaban debajo de las sábanas para morder las puntas de los pies, “¿qué dirá el doctor cuando vea esto?” pensaba mientras examinaba los dedos ruñidos de sus hijos, “esta confiscada plaga, si se pudieran comer no abundarían, si no quisiera tanto a dios pensaría que esto es un castigo”.

Y aquella mañana iba religiosamente Consuelo Gómez con su correspondiente muchacho y su arrastre de cotizas a ver al médico, seca como los árboles del patio, la cabeza a gachas y pensando en nada. Pasó al consultorio, imaginó que se había equivocado, no era el medico de costumbre, una aparición, le pareció ver al San Antonio de Chucha León, impoluto y terso, de ojos claros y una voz sedosa "dígame, ¿qué le pasa al niño?", "eee, bueno doctor, aquí está, los otros están igual, este…", "¿cuántos más tiene?", "son catorce"; y el doctor con sus manos blancas y largas auscultó al niño, y Consuelo detallaba como aquel santo le pelaba los ojos, "voltea hacia arriba niño. A este muchacho se lo está comiendo la anemia", al colocar el estetoscopio en la espalda detalló lo pronunciado de sus huesos y la flema en los pulmones, y al ver sus pies "¿y esto?", "yo no sé doctor, es que en la casa hay muchos animales"; el médico después de examinar preguntó si ya estaba vacunado, "no, nunca supe de eso", "es necesario. Y traiga a los otros", Consuelo sintió en aquella voz al padre protector, "Dios me hizo el milagro"; el médico extendió una receta, y allí le entregaron pomadas, jarabes y pastillas, "yo se los voy trayendo doctor" dijo antes de marchar.

El amanecer de aquella mujer en adelante era distinto, resplandecía, se miró al espejo, se puso un vestido limpio, lavó las cotizas, se despejó la cara y se recogió el cabello, los ojos le brillaban y sonrió por primera vez, el espejo le devolvió otra imagen. Ese día caminó con la cabeza levantada, el camino se le hizo corto pues iba pensando, allí estaría aquel Doctor esperándola, y al oír su voz sentía cosas dentro de ella, algo caliente que le bajaba, indescriptible para la vida que había llevado; tenía las pestañas largas y las cejas negras y pobladas, él le tendió la mano y ella lo saludó, sintiéndose arropada de haber conocido por primera vez la mano de un hombre en la suya, aquella mano tersa de acariciar y curar; cuando era niña solía corretear detrás de las gallinas, agarrar los huevos del nidal, tan suaves y dóciles, en el Aguirrito donde su abuela Isabel le tejía la crineja hablando quedo, diciendo cosas bonitas, imaginaba las nubes azules y veía bajar las hélices de caobo que atrapaba entre sus manos, que no podía apretar porque se lastimaban, y los otros niños jugaban a la rueda cantando "alelimón alelimón el puente se ha caído".

"Maldigo la hora en la que aquel zángano me violó, y yo perdí mi inocencia con alguien que no quería, yo pequé mi Dios al aceptar a los que en mi debilidad se aprovecharon y lamieron mi infortunio, mis hambres". Al escuchar la voz del médico regresó de tan largo viaje sin siquiera moverse de aquella silla dura, y miró los labios de aquel hombre, eran rosados como sus mejillas, y eran carnosos, se imaginó perdida en aquellas manos y aquellos brazos, otra vez el calor que bajaba, "mañana le traigo otro", y saliendo del consultorio volteó como azorada "doctor, quería pedirle licencia para…", "ajá, sí dígame", "mmm, no doctor, está bien, ya lo he molestado mucho, ¿Cuál es su nombre?", en un gesto el medico señaló el nombre rotulado en azul sobre su bata.

"Qué cabeza la mía, ni siquiera he ido a la prefectura a presentar a los dos últimos". En la prefectura las funcionarias apenas levantaron la cabeza, farfullaban a manera de regaño "¿a estas alturas?, no me vayas a decir que no has tenido tiempo", y ella callaba y asentía, "nombre del niño" dijo aquella mujer de pelo ensortijado, "Reucar" dijo ella "Reucar Gómez", "¿y el otro?", "Reucar también", "¿ese es el nombre del papá?", "sí, el único que los ha querido, es un santo", la otra mujer, la de al lado, con una risa sardónica y sus manos grasientas de la última dentellada que había llevado a su boca, agregó "firme aquí". De camino a su casa rondaban las ideas "¿Qué habría tenido que pasar para que con mi suerte hubiese sido feliz mujer de un hombre con todas sus letras?, qué tragedia ser pobre de una familia pobre, la resignación como enemiga del mañana, de llevarse un bocado hoy para no morir, y aplazar la muerte para luego, hace poco que conozco el amor, por esto sé con seguridad que estoy muriendo".

Sentía el dolor en su espalda, la tos apareció de manera persistente, "es lo que me falta, enfermarme ahora", apretó el paso para no pensar. Ya en su casa, después de haberlos dejado a todos montados en su única cama, se asomó al espejo, "esta soy yo, un esqueleto con ojeras, que pena preguntarle al doctor por algo que me haga entrar en carnes, sería muy humillante", un vahído opacó su pensamiento, buscó el lecho para acomodarse entre sus muchachos, toda la noche intentó reprimir la tos para no despertarlos, sin embargo buscaba salir, gorgojeaba un pájaro ahogado y constante en la tiniebla de la noche, y ella trataba aún más reprimir su canto atrapándolo en su boca con la sábana. Cuando aclaró, el mareo era aún más en Consuelo, se alarmó al ver sobre las sábanas una mancha escarlata, al detallar pudo distinguir el coágulo.

Llegó a rastras con el muchacho de turno, la tos durante todo el camino, allí había revuelo, sintió que se le iba la vida, "después que vean al niño pregunto por esto" pensó, se sentó con la cabeza tumbada hacia atrás, buscando aire desfallecida, y seguía el revuelo en el dispensario, las voces llegaban hablando de muerte, "¿seré yo que me muero?, ¿dónde está el doctor?, que él me vea y yo pueda verlo, la muerte se espantará", "¿y cómo fue?" dijo una voz, "un accidente en la carretera", "tan buena gente el doctor Reucar, y venir a morir de esa forma". Consuelo se ahogó en la sangre, a la que se incorporó siendo también sangre, que se hizo río donde desembocarán todos los ríos, y podrán unirse.

Descubren el reino perdido de Punt: El hogar de los dioses simios del antiguo Egipto.

Versión del artículo original de ANDREA FISCHER

TOMADO DE BLOG:

4 de enero de 2021

CRÉDITO FOTO: GETTY IMAGES.

Los restos momificados de algunos babuinos, en adoración al antiguo dios egipcio Thot, dan luz sobre el reino perdido de Punt.

Perdido entre las aguas más meridionales del Mar Rojo, el reino de Punt ha intrigado a investigadores de diversos campos de estudio. Poco se sabe de su paradero —más allá de que se localizó entre el continente africano y Arabia—, así como de los fundamentos de la civilización que lo alzó.

Un hallazgo reciente de una serie de babuinos momificados, en adoración al dios Thot, publicado en *eLife* revela que el Antiguo Egipto pudo haber tenido contacto constante con este reino perdido. Como mercaderes que dominaron las aguas del Nilo, se pudieron haber establecido alianzas comerciales muy fuertes entre ambas civilizaciones.

Se sospecha, incluso, que la mayor parte de los tesoros que adornaron las moradas de los faraones en Egipto se obtenían de Punt. Este reino fue su aliado comercial por más de un milenio, de quienes obtenían babuinos vivos, pieles y oro.

THOT: EL DIOS EGIPCIO CON CABEZA DE BABUINO

En la Antigüedad, se decía que el dios Thot tomó la forma de un babuino para otorgar los jeroglíficos a los seres humanos. En su sabiduría infinita, se convirtió en el patrón de los escribas.

Era una práctica común entre los egipcios momificar a estos primates, siempre en las posiciones en las que se representaba a Thot en los jeroglíficos. La cola se posicionaba al lado del cuerpo, mientras que se sentaba a los animales en una posición erecta. Generalmente, se seleccionaba a los machos para los rituales.

Sin embargo, en Egipto los babuinos no abundaban. A pesar del peso tan importante que tenía este dios en el panteón egipcio, estos animales no se caracterizan por vivir en el desierto. Por el contrario, se tiene evidencia de que es muy probable que los importaran, para perpetuar su culto a Thot.

CRÉDITO FOTO: GETTY IMAGES.

LOS EGIPCIOS Y SU DOMINIO DE LOS MARES

Los avances náuticos que consiguieron los egipcios siguen impresionando a los arqueólogos contemporáneos. Gracias a la tecnología marítima que lograron desarrollar, se convirtieron en importantes referentes comerciales durante el esplendor del imperio.

Los restos momificados de una serie de babuinos encontrados recientemente podrían estar ligados a estas prácticas mercantiles. Un equipo interdisciplinario de científicos se dedicó a analizar los restos de los babuinos, que datan de hace 3 mil 300 años. Además de dar luz sobre el culto a Thot, podrían ser claves importantes sobre su relación con el reino de Punt, al que se referían comúnmente como *La Tierra de Dios*.

En un comunicado, el autor principal de la investigación, Nathaniel J. Dominy, profesor de antropología en Dartmouth, señaló lo siguiente:

EN LA PARED DEL FONDO SE APRECIAN REPRESENTACIONES DE BABUINOS SAGRADOS. CRÉDITO FOTO: GETTY IMAGES.

«La navegación de larga distancia entre Egipto y Punt, dos entidades soberanas, fue un hito importante en la historia de la humanidad porque impulsó la evolución de la tecnología marítima. El comercio de artículos de lujo exóticos, incluidos los babuinos, fue el motor de las primeras innovaciones náuticas».

Según Dominy, esta relación podría ser la primera de una red comercial conocida como la *ruta de las especias*, que fue beneficiosa para ambas partes por siglos. Uno de los *artículos* que ayudó a perpetuar estos contactos fue, sin duda, el babuino, por el valor sagrado que le atribuían los egipcios.

Los ejemplares hallados recientemente corresponden al Imperio Nuevo (1550-1069 a. C.), y se localizaron en los sarcófagos del Templo de Kohns. Hoy en día, los especímenes están resguardados por el Museo Británico para mayores investigaciones en el futuro.

Venezuela, personajes, anécdotas e historia.

12 de junio de 1819

Batalla de Cantaura

Versión artículo original de: ELISA ROJAS
TOMADO DE: Noticias-Ahora

El 12 de junio de 1819 se produce la Batalla de Cantaura, en el actual estado Anzoátegui, en la que el General patriota margariteño Santiago Mariño, en su condición de Jefe del Ejército de Oriente, derrotó al Coronel realista Eugenio de Arana.

Esta acción marcó el reinicio de la Guerra de Independencia en la Provincia de Barcelona la cual estaba bajo el dominio realista desde la Toma de la Casa Fuerte de Barcelona desde 1817. Esta victoria patriota, 36 años más tarde, fue la inspiración que motivó a los habitantes del pueblo de *Chamariapa* cambiar en 1855 este nombre por el de *Cantaura*.

GENERAL SANTIAGO MARIÑO
(1788-1854)

GALERÍA

Sixto Ríos García

Nació el 4 de Enero de 1913 en Pelahustán, Toledo, y murió el 8 de Julio de 2008 en Madrid; ambas localidades en España.

Los padres de **Sixto Ríos** fueron José María Ríos Moreiro (1880-1970) y María Cristina García Martín (nacida en 1885), ambos eran docentes. El nombre Sixto se debe a un tío hermano de su madre. José Ríos enseñó en la escuela de Pelahustán en donde se enseñaba a los niños de todas las edades en una sola aula. La familia tenía dos hijos, la otra una chica llamada Encarnación Ríos García, quien era tres años menor que Sixto. Aunque los padres de Sixto eran ambos maestros, los abuelos tanto maternos como paternos eran agricultores. Sin embargo, su abuelo paterno, Lorenzo Ríos Curto (nacido en 1849), tenía pasión por la lectura y también le gustaba escribir. Él fue una influencia para el joven Sixto, animándolo a leer y a apreciar los libros. En 1916, cuando Sixto tenía tres años, sus padres solicitaron ser transferidos para enseñar en escuelas de Los Navalmorales, Toledo, y su solicitud fue aceptada.

Fue en la escuela donde trabajaba su padre en Los Navalmorales donde Sixto comenzó su educación. Después de tres años en esa ciudad, sus padres solicitaron un traspaso, esta vez para enseñar en las escuelas de Madrid, principalmente para que sus hijos pudieran tener una buena educación. Durante dos años Sixto asistió a la escuela en Madrid donde su madre enseñaba, luego se inscribió en la Escuela Normal, ahí era donde su padre enseñaba. Comenzó sus estudios de bachillerato en 1922, enseñado por su padre en casa por dos años y luego presentó el examen como estudiante libre en el Instituto de San Isidro. Dos años más tarde ingresó al Colegio de San Mauricio en Madrid, continuando con sus estudios de bachillerato. Sus logros en la escuela eran de alta calidad, y encabezaba cada clase. Su padre le enseñó matemáticas y también por Pedro Puig Adam, el profesor de matemáticas en el Instituto de San Isidro. Él dijo en la entrevista (leer referencia [16]):

Ellos me enseñaron a distinguir el papel de la intuición y la lógica en la solución de un problema.

Fue Puig Adam quien sugirió intentara resolver un problema matemático planteado en la Revista Matemática Hispano-Americana. En abril de 1927, su solución fue publicada en ese diario. Obtuvo su bachillerato en 1928, en septiembre de ese año comienza sus estudios de Ciencias Exactas en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid.

Aunque los estudios principales de Ríos eran en ciencia matemática, también estudió el curso de dos años de educación siguiendo los deseos de su padre. También decidió que necesitaba tener conocimientos lingüísticos y él aprendió por sí mismo inglés y alemán mientras estudiaba en la Universidad. El docente que mejor apreciaba fue José Álvarez Ude (1876-1958), quien había sido profesor de Geometría Descriptiva en la Universidad de Zaragoza desde 1902 a 1916 y más tarde se trasladó a Madrid. Álvarez Ude utilizaba textos de Karl Gustav Hermann Thieme (1852-1926), un matemático alemán quien escribió sobre geometría y los italianos Francesco Severi y Federigo Enriques. Él estudió análisis con José Barinaga Mata (1890-1965), quien había enseñado en Madrid desde 1927 a 1930 antes de trasladarse a la Universidad de Barcelona, con Tomás Rodríguez Bachiller (1899-1980), quien se convirtió en asistente en Madrid en 1925 y enseñó el primer curso de topología que se daría en España en ese año y por Esteban Terrades i Illa (1883-1950) quien había estudiado en Charlottenburg en Berlín, Barcelona y Madrid antes de convertirse en profesor de las universidades de Zaragoza, Barcelona y Madrid. Unos visitantes dieron charlas en Madrid incluyendo Vito Volterra y Luigi Fantappié. Uno de los compañeros de Ríos, pero un poco mayor, era Luis Antonio Santaló.

Ríos fue elegido Representante Estudiantil en el Consejo de Facultad en 1930 y, en el año siguiente, fue becado por el Seminario de Matemáticas y allí conoció a Julio Rey Pastor por primera vez; Rey Pastor estaba asentado en Argentina pero pasaba cortos periodos de tiempo en Madrid cada invierno. En el curso 1931-1932 Ríos estudió un curso de Estadística Matemática, impartido por Esteban Terradas. El curso estaba basado en el trabajo de Ronald Fisher, Bruno de Finetti y Andrey Kolmogorov.

El 22 de junio de 1932, Ríos obtuvo su Licenciatura en Ciencias Exactas de la Universidad Central de Madrid. Su rendimiento fue calificado como "excelente" y obtuvo el primer premio. Él procedió a iniciar su investigación para obtener un doctorado, asesorado por Julio Rey Pastor. Comenzó publicando los trabajos, tanto en Francés como en Español: *Sobre una generalización del algoritmo de convergencia de Euler* (1932); *Sur l'ensemble singulier d'une classe des séries potentielles de Taylor qui présentent des lacunes* (1933); *Estado actual de la teoría de la hiperconvergencia* (1934); *Sopral'ultra convergenza delle serie di Dirichlet* 1934); *Algunos resultados relativos a la hiperconvergencia en las series de Dirichlet* (1934); y *Sobre un teorema de M. Mandelbrojt* (1934). Este último trabajo mencionado merece ser mejor detallado. Ríos escribe en la referencia [16]:

Leyendo un libro de Hadamard y Mandelbrojt, encontré un error en la prueba de un teorema importante del segundo autor, confirmado por Rey Pastor. Mi polémica "juvenil" con ellos, en que Hadamard sí intervino, fue colocada en mi favor por un elegante y digno comentario de Bieberbach...

Aunque Ríos estaba llevando a cabo una investigación para su doctorado, fue también nombrado asistente de José Barinaga en Análisis Matemático I en la Universidad Central de Madrid en 1932-1933. Luis Santaló era en este tiempo también uno de los asistentes de Barinaga. La manera en que Barinaga trataba a sus asistentes significaba que ellos tenían todo un reto (leer referencia [13]):

El Profesor Barinaga apenas daba a sus asistentes tiempo para resolver los problemas antes de ir a clase, lo que los ponía nerviosos en caso de alguna situación comprometida que se presentara en clase. Un día Ríos escribió en la pizarra, antes de que Barinaga llegara, una solución fácil y simple que él había encontrado a uno de los problemas difíciles. Barinaga se sorprendió porque la solución que él había conseguido era bastante más complicada.

En noviembre de 1934 se convirtió en asistente de Tomás Rodríguez Bachiller. Presentó su tesis doctoral, *La hiperconvergencia de las integrales de Laplace Stieltjes* y obtuvo su doctorado el 21 de diciembre de 1935. Su tesis, que era una continuación de las obras de Alexander Markowich Ostrowski sobre series potenciales, fue publicada en 1936. En julio de ese mismo año Ríos y su familia fueron de vacaciones, viviendo en una tienda en las Carmelitas de El Escorial. Mientras estaban allí los sorprendió la guerra civil y rápidamente el significado para ellos se hizo evidente cuando fue el padre fue detenido. Sólo después de tres o cuatro días su padre fue liberado y la familia se trasladó a Cercedilla. Ríos fue excusado del servicio militar por motivos de salud pero el Comandante del Comando Militar de Cercedilla lo requirió como Secretario, asignándole enseñar matemáticas a los jefes militares.

En 1937 Ríos obtuvo el Primer Premio de la Academia Real de Ciencias Española por su trabajo*Sobre el problema de hiperconvergencia de las series de Dirichlet cuyas sucesiones de exponentes poseen densidad máxima infinita* (1940) y *Lecciones sobre sucesiones de funciones analíticas y sus aplicaciones*(1940). El retraso en la publicación de los trabajos (escrito cuatro años antes) fue debido a la guerra civil y del mismo modo hubo un retraso en recibir el premio, que no se dio hasta el 15 de noviembre de 1941. Antes de esto, sin embargo, pudo volver a su docencia universitaria. Junto con otros académicos fue obligado a respaldar una declaración jurada el 15 de abril de 1939. Fue capaz de volver a la Universidad Central de Madrid, pero eran tiempos difíciles y sólo logró esto con ayuda de su tío, Hermenegildo Alfonso Ríos, Comandante de Carabineros, que logró organizarle todos los documentos que necesitaba.

La Real Academia de Ciencias le concedió la Jefatura de la Cátedra de Matemáticas en la Fundación Conde de Cartagena en 1940. Este cargo era solo por cinco años, pero fue extendido por otros cinco años en 1950. En noviembre de 1940 se convirtió en Profesor Asistente de Análisis Matemático IV de Universidad Central de Madrid. Al año siguiente se convirtió en Profesor de la Academia Militar de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid, lo que le dará una posición militar honoraria antes de que él pudiera servir en este rol. En el mismo año llegó a ser Fellow y Colaborador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El 26 de agosto de 1941 fue nombrado para la Jefatura de la Cátedra de Análisis Matemático de la Universidad de Valencia. En diciembre de 1942 fue nombrado para la Jefatura de la Cátedra de Matemáticas Especiales de la Universidad de Valladolid.

En enero de 1943, Ríos se convirtió en Jefe de la Sección de Análisis del Instituto Jorge Juan del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. El 11 de diciembre del mismo año Ríos fue galardonado con el Premio Alfonso X El Sabio por su trabajo *La prolongación analítica de la integral de Dirichlet Stieltjes*. La Jefatura de la Cátedra de Matemáticas en la Fundación Conde de Cartagena fue mejor para Ríos que la Cátedra de la Universidad de Valladolid donde, dijo en una entrevista (referencia [16]):

... el horizonte fue más modesto y el trabajo en las peores condiciones.

Él estuvo durante la extensión por 5 años en la Jefatura en la Conde de Cartagena y sabía que su terminó sería en 1950. También buscaba para moverse a un área donde él podría aplicar matemáticas. Explicó en la referencia [16] que el:

... tipo de investigación en la cual uno arranca desde la realidad, construyes un modelo y manejas consecuencias no triviales, era más atractivo para mí que el trabajo de las matemáticas puras.

Habiendo realizado ya algún trabajo en estadística, aplicó para la Jefatura de la Cátedra de Estadística Matemática en la Universidad de Madrid cuando quedó vacante. Fue nombrado para este cargo el 5 de junio de 1948 y desde entonces se convirtió en una figura importante en la Estadística Matemática española. En su discurso donde recibió el doctor honoris causa, dio más detalles de su desempeño en estadísticas:

... después de trabajar durante quince años en funciones de variable compleja y teoría de la integración de funciones reales, cambié por necesidades profesionales, al cálculo de probabilidades. Luego inicié contacto con la estadística la cual estaba empezando a constituir una disciplina unida al cálculo de probabilidades, gracias sobre todo a los trabajos de Harald Cramér. Pocos años más tarde conocí las importantes aplicaciones multidisciplinares realizadas por equipos de eminentes científicos en problemas militares de la II Guerra Mundial y pronto conducido, con el nombre de Investigación de Operaciones, para el tratamiento de los procesos de decisión de sistemas organizados, etc., es decir, en los grandes sistemas que involucran a hombres, máquinas, energía, información, incertidumbres...

El 29 de julio de 1950, Ríos se casó con María Jesús Insua Negrao, en la capilla del Espíritu Santo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. María tenía veintitrés años y Ríos treinta y siete en el momento de su matrimonio. Tuvieron seis hijos, María Jesús Ríos-Insua, Cristina Ríos-Insua, Sixto Ríos-Insua, Valeria Ríos-Insua, David Ríos-Insua y Alba Ríos-Insua; tres de los cuales se convirtieron en matemáticos, llevando a cabo investigaciones en áreas similares a la investigación de operaciones y estadística como su padre; ellos fueron: Sixto Ríos-Insua, David Ríos-Insúa y María Jesús Ríos-Insua. Se registra que Sixto Ríos-Insua y María Jesús Ríos-Insua son coautores del libro *Procesos de Decision Multicriterio* (1989) junto con su padre. Ríos con sus hijos Sixto Ríos-Insua y David Ríos-Insúa colaboraron con los seis autores del trabajo *Allais phenomena and completeness of preferences* (1997) con J. Pachón J, M. A. Pacios y P. García Barreno.

Antes de asumir la jefatura de la Cátedra de Estadística, Ríos había publicado varios libros de análisis como *Conferencias sobre la teoría de la integral* (en español) (1942), *Conferencias sobre la teoría de la continuidad analítica de la serie de Dirichlet* (en español) (1943), *La Prolongación Analítica de la Integral de Dirichlet-Stieltjes* (1944), *Conferencias sobre la Representación Analítica de Funciones* (1945) y *Conceptos de Integral*(1946). Incluso después de tomar la Jefatura de la Cátedra de Estadística publicó el libro de análisis *Introducción à la teoría de Series Trigonométricas*(1949). Sin embargo, pronto publicaría libros de estadísticas como *Introducción a los métodos de la estadística, Parte 1* (1952) e *Introducción a los métodos de la estadística, Parte 2* (1954). Paul Halmos, en un informe sobre la Parte 1, escribe (referencia [25]):

Este es un libro encantador y elemental que cumple, dentro de los límites que el autor establece para el mismo, lo prometido en el título.

En un informe sobre la segunda parte, S. Vijda escribe (referencia [34]):

El autor de este libro es el director de una escuela de estadísticas que se ha organizado en la Universidad de Madrid desde la última guerra. La palabra "escuela" debería, en este contexto, entenderse como un establecimiento para la enseñanza en lugar de un grupo de investigación, y es de interés ver cómo enérgicamente el Profesor Ríos ayuda a sus estudiantes a ponerse al día con el conocimiento estadístico que los eruditos británicos y americanos tienen, haciendo mayores contribuciones que sus compatriotas. El volumen ahora bajo revisión es la segunda parte de un curso en estadística matemática. Se trata de un número de temas que no se encuentran en los libros de texto.

En octubre de 1952 fue fundada la Escuela de Estadística de la Universidad de Madrid. Para la ocasión, Ríos dio la conferencia plenaria *Nuevas aplicaciones de la Estadística: La investigación operacional*, en la cual él (referencia [9]):

> *... da una revisión general del desarrollo de O.R. [Él] se refiere brevemente a ejemplos de tiempos de guerra e indica algunas aplicaciones industriales. Los principios y métodos son discutidos y se indican las direcciones en que puede ser útil.*

Con su cambio del análisis a las estadísticas, Ríos tiene una lista de publicaciones con una gama notable de obras importantes. La lista de sus publicaciones está lejos de ser completa pero el lector puede al menos obtener en ella, un sabor de la variedad de sus publicaciones.

Ríos recibió muchos honores, algunos de los cuales se enumeran ahora. En 1958, Ríos fue elegido Compañero (Fellow) del Instituto de Estadística Matemática. En enero de 1959 fue elegido a la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales.

En el siguiente año se le honró nombrando la calle en que nació en Pelahustán con su nombre, "Sixto Ríos". En mayo de 1966 fue elegido a la Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales de Buenos Aires. Entre 1970 y 1984 fue Presidente de la Sociedad Española de Investigación Operativa.

De 1974 a 1992 fue Presidente de la Sección de Ciencias Exactas de la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales. Le concedieron Premio Francisco Franco de Investigación en Ciencias en septiembre de 1975 por su trabajo de investigación en matemáticas y al año siguiente recibió el Premio Nacional de Investigación Matemática. En 1978 fue nombrado miembro honorario de la Royal Statistical Society (Real Sociedad Estadística). La Universidad Complutense de Madrid le otorgó su Medalla de Oro por cincuenta años en la enseñanza, el 28 de enero de 1983. Recibió un doctorado honorario de la Universidad de Oviedo en enero de 2000 y en abril del año siguiente la Universidad de Sevilla le dio el mismo honor.

En 1983, a la edad de 70 años, Ríos se retiró. Sin embargo, continuó investigando, publicando artículos y libros y asistiendo a conferencias internacionales. El 15 de noviembre de 2003 su esposa María Jesús murió en Madrid. Su hijo Sixto Ríos-Insua, murió en Madrid el 11 de junio de 2008 y en menos de un mes más tarde Ríos murió de bronquitis en la Clínica de la Luz en Madrid.

Referencias.-

Artículos:

1. M Á Alario y Franco, Sixto Ríos y la Real Academia de Ciencias, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011). http://www.mat.ucm.es/deptos/es/wp-content/uploads/2011/12/ALARIO-sixto-Rios.pdf
2. Centenario de Sixto Ríos, Inicio.http://sixtorios.org/p/Inicio
3. Centenario de Sixto Ríos, Biografía.http://sixtorios.org/p/Biograf%C3%Ada
4. Centenario de Sixto Ríos, Cronología.http://sixtorios.org/p/Cronolog%C3%Ada
5. Centenario de Sixto Ríos, Obras.http://sixtorios.org/p/Obras
6. Centenario de Sixto Ríos, Premios y reconocimientos.http://sixtorios.org/p/Premios-y-reconocimientos
7. Centenario de Sixto Ríos, Fotografíashttp://sixtorios.org/p/Fotograf%C3%ADas
8. H Chernoff, Review: Introducción a los metodos de la estadística Part 1, by Sixto Ríos García, *Econometrica***26** (3) (1958), 479-480.
9. Editors, Review: Nuevas aplicaciones de la Estadistica: La investigacion operacional, by Sixto Ríos García, *OperationsReasearch***5** (1) (1954), 36.
10. C Escribano Ródenas, Un maestro de la estadística, D Sixto Ríos García, Coloquio Nacional de Historia de la Educación (16¼. Soria. 2011): Arte y oficio de enseñar, dos siglos de perspectiva histórica Madrid, *Sociedad Española de Historia de la Educación* (Universidad de Valladolid, Valladolid, 2011), 625-633.
11. C EscribanoRódenas and A I Busto Caballero, Sixto Ríos García, the mathematician who promoted Spanish statistics in the twentieth century (Spanish), *Gac. R. Soc. Mat. Esp.***12** (2) (2009), 369-391.
12. C EscribanoRódenas and A I Busto Caballero, Ríos García, Sixto (1913-2008), *Royal Mathematical Society of Spain*. http://vps280516.ovh.net/divulgamat15/index.php?option=com_content&view=article&id=3414%3Ar-garc-sixto-1913-2008&catid=45%3Abiograf-de-matemcos-espas&directory=67&showall=1
13. C Escribano Ródenas and A I Busto Caballero, Sixto Ríos García: el matemático que impulsó la Estadística española en el siglo XX, *La Gaceta de la RSME***12** (2) (2009), 369-391.
14. C Escribano Ródenas and A I Busto Caballero, Sixto Ríos: su Niñez y Adolescencia, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011).http://www.mat.ucm.es/deptos/es/wp-content/uploads/2011/12/Infancia-y-adolescencia-de-Sixto-R%C3%ADos.pdf
15. C Escribano Ródenas and A I Busto Caballero, En homenaje al profesor Sixto Ríos, Congreso Internacional de Historia de la Estadística y de la Probabilidad (5¼. 2009. Santiago de Compostela): Historia de la probabilidad y de la estadística [V]. Madrid : AHEPE, *Asociación de Historia de la Estadística y la Probabilidad de España* (Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 2009), 137-150.
16. J JEtayo, Entrevista a Sixto Ríos, *Nueva Revista***48** (January 1997).http://www.nuevarevista.net/articulos/entrevista-sixto-rios
17. J JEtayo and Á Ramos, Practico el deporte diario de inventarme problemas y resolverlos, *Nueva Revista de Cultura, Política y Arte. Núm.***48** (1996), 15-26.
18. P Gil Álvarez, Sixto Ríos Profesor, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011). http://www.mat.ucm.es/deptos/es/wp-content/uploads/2011/12/PedroGilHoma.pdf
19. P Gil Álvarez, Investidura como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Oviedo de D. Sixto Ríos García, *Boletín SEIO***16** (1) (2000), 27-35.
20. M A Gomez-Villegas, Entrevista al Profesor Sixto Ríos Garcia, *Boletin de Estadistica e Investigacion Operativa***21** (3) (2005), 16-19.
21. M Á Gómez Villegas, Sixto Ríos y la Universidad Complutense, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011). http://www.mat.ucm.es/deptos/es/wp-content/uploads/2011/12/PrGomezVillegas_Homenaje_DnSixto.pdf
22. F J Girón González-Torre, Obituary: Sixto Ríos García (Spanish), *Bol. Soc. Estad. Investig. Oper.***24** (3) (2008), 35-37.
23. F J Girón González-Torre, Sixto Ríos García, Academic of Sciences, *El País* (20 July 2008), 39.
24. F J Girón González-Torre, Contribuciones científicas de Sixto Ríos, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011).http://www.mat.ucm.es/deptos/es/wp-content/uploads/2011/12/Homenaje-D-Sixto-Javier-Giron1.pdf
25. P Halmos, Review: Introducción a los metodos de la estadística Part 1, by Sixto Ríos García,*Journal of the American StatisticalAssociation***48** (261) (1953), 154-155.
26. A Harding, Review: Analisis de Decisiones (1976), by Sixto Ríos García, *Operational Research Quarterly (1970-1977)***28** (4.2) (1977), 1024-1025.
27. J Neira, Pedro Gil: Sixto Ríos batió el récord de sacar adelante discípulos en Matemáticas, *La Nueva España* (17 July 2008).
28. F Otero, Sixto Ríos, *Abc* (13 July 2008), 75.
29. S Ramos de Castro, Sixto Ríos Insua, a lifedevotedtodecisionsupport, *Boletin de Estadistica e Investigacion Operativa***25** (2) (2009), 172-173.
30. J M Riobóo Almanzor and Irene RiobóoLestón, Historia de la Probabilidad y la Estadística, *Asociación de Historia de la Estadística y la Probabilidad de España* (2011), 137-150.http://www.ahepe.es/Documentos/HISTORIA%20DE%20LA%20PROBABILIDAD%20Y%20LA%20ESTADISTICA%20V.pdf
31. D Ríos Insúa, Plantar un árbol, Escribir un libro, Tener un hijo, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011).
32. M J Ríos Insúa, Sixto Ríos Padre, Homenaje a Sixto Ríos, *Departamento de Estadística e Investigación Operativa* (2011).
33. G Tintner, Review: Analisis de Decisiones (1976), by Sixto Ríos García, *International StatisticalReview/RevueInternationale de Statistique***46** (3) (1978), 322.
34. S Vajda, Review: Introducción a los métodos de la estadística Part 2, by Sixto Ríos García, *Journal of the Royal StatisticalSociety. Series A (General)***118** (1) (1955), 110-111.

Versión en español por R. Ascanio H. del artículo en inglés de J. J. O'Connor y E. F. Robertson sobre "Sixto Ríos" (Noviembre 2017).
Fuente: MacTutor History of Mathematics [http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Rios.html].