

SABERE **Y** CIENCIAS

octubre 2015 · número 44 año 4 · Suplemento mensual

 **La Jornada**
de Oriente

Astronomía

A lo largo del espectro electromagnético

Noche de las **ESTRELLAS**®
28 de noviembre de 2015 *



Editorial

Sistema de pensiones

Reiteradamente se ha señalado por la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar) la insolvencia financiera del Ejecutivo federal para garantizar el sistema definido de pensiones. Ya en 1997 se cambió dicho régimen a uno de contribuciones definidas (cuentas individuales) donde los fondos para el retiro y la vejez son únicamente aquellos que se generen durante la vida laboral de los contribuyentes. Secularmente la seguridad social estaba vinculada al régimen laboral y todo tipo de empleo debería incluir fondos tripartitas para garantizar una vida digna durante la vejez y un retiro decoroso del mercado de trabajo. Las políticas salariales y las reformas a la Ley Federal del Trabajo durante los últimos 30 años han permitido que el desempeño laboral no esté asociado a la seguridad social y, actualmente, seis de cada 10 personas ocupadas no gozan de fondos para el sistema de pensiones y, de aquellos que tienen 65 años o más de edad y ya están retirados laboralmente, siete de cada 10 carecen de pensión.

En los próximos 20 años se duplicarán las personas de 65 años o más y en 35 años serán tres veces más que los que existen hoy en día. Si hoy uno de cada cuatro personas económicamente activas está desempleada y de los que están ocupados, sólo cuatro de 10 tienen fondos para el retiro y vejez, compete al Estado garantizar una vida digna a las personas que ya no tienen edad para ser autosuficientes y/o exigirle a los empleadores el pago de sus contribuciones para el retiro y la vejez de los trabajadores y no permitir el empleo informal. Actualmente hay un régimen simbólico de pensión pública para aquellos personas de 65 años o más que no perciben ingresos: la federación cubre a 5.3 millones, y 1.5 millones es cubierto por los gobiernos estatales, el ingreso promedio recibido es la cuarta parte de un salario mínimo general, insuficiente para garantizar un reproducción digna en la vejez (Consar, Diagnóstico del Sistema de Pensiones junio 2015).

La esperanza de vida al nacer aumentó 33 años entre 1950-1955 y 2010-2015; hoy vivimos más y, con ese argumento, se han modificado contratos y normas laborales para aumentar la vida laboral hasta 55 años, con retiro a los 70 años de edad; pero también se ha aumentado la tasa de cotización del trabajador y el número de años cotizados, pero poco se ha realizado para bajar las comisiones cobradas por las

Administradoras de Fondos para el Retiro (Afores), o los bajos rendimientos pagados a los ahorradores, o la lentitud en que son entregados los fondos cuando se ha concluido la vida laboral. Además de la carencia de pensión, las personas de 65 años o más adolecen de un régimen de atención médica y dicha carencia es parcialmente financiada con fondos públicos. Si el Estado no tiene solvencia para afrontar las contribuciones de seguridad social no pagadas por los empleadores, no debería permitir la omisión de dicho pago, además debería establecer un salario mínimo general suficiente para atender la seguridad social de las familias, tanto en su vida laboral activa como en la pasiva. El régimen de contribuciones definidas registra una tasa de retorno de 70 por ciento o menos con relación al salario promedio devengado al momento del retiro; si en activo los salarios son insuficientes para una vida digna, un porcentaje de los mismos en la vejez (aun con cambios significativos en el gasto corriente), en condiciones de ingresos reales decrecientes y disminución del número de miembros de la familia complica tanto el financiamiento público de la vejez como el disfrute digno de la vida de las personas que ya no son autosuficientes. Hoy hay 29 millones de personas ocupadas en México que carecen de seguridad social, y no sólo es el trabajador quien omite la parte proporcional del salario para seguridad (1.125 por ciento del salario), sino los que omiten más son los empleadores (10.15 por ciento del salario) y el gobierno federal (6.3 por ciento del salario).

Directorio

SABERE **SIENCIAS** es un suplemento mensual auspiciado por La Jornada de Oriente

DIRECTORA GENERAL
Carmen Lira Saade
DIRECTOR
Aurelio Fernández Fuentes

CONSEJO EDITORIAL
Alberto Carramiñana
Jaime Cid Monjaraz
Alberto Cordero
Sergio Cortés Sánchez
José Espinosa
Julio Glockner
Mariana Morales López
Raúl Mújica

COORDINACIÓN EDITORIAL
Sergio Cortés Sánchez

REVISIÓN
Aldo Bonanni
EDICIÓN
Denise S. Lucero Mosqueda

DISEÑO ORIGINAL Y FORMACIÓN
Elba Leticia Rojas Ruiz

Dirección postal:
Manuel Lobato 2109, Col. Bella Vista.
Puebla, Puebla. CP 72530
Tels: (222) 243 48 21
237 85 49 F: 2 37 83 00

www.lajornadadeoriente.com.mx
www.saberesyciencias.com.mx

AÑO IV · No. 44 · octubre 2015

Contenido

3 **Presentación**

Vista multifrecuencia del cielo desde México
RAÚL MÚJICA

4

El Espectro Electromagnético
OMAR LÓPEZ-CRUZ

5

Astronomía de rayos gamma
y el observatorio HAWC
ALBERTO CARRAMIÑANA

6

Fuegos artificiales perpetuos:
astronomía de rayos X
RAÚL MÚJICA

7

Luz ultravioleta desde el espacio
MIGUEL CHÁVEZ

8

Todos resplandecemos
OMAR LÓPEZ CRUZ

9

México abre sus ojos a la luz milimétrica:
el GTM-Alfonso Serrano
ARTURO GÓMEZ-RUIZ

10

El experimento Sci-HI: tras la búsqueda de las
primeras estrellas en el Universo
OMAR LÓPEZ CRUZ, CYNTHIA A. LEZAMA FRAGOSO
Y CELINA N. PINTO TORRES

11 **La entrevista**

La astronomía es más que un deporte de alto
rendimiento, es emoción y aventura:
Eugenio Ledezma
DENISE LUCERO MOSQUEDA

12 **Homo sum**

Los angelopolitanos reprueban a Peña Nieto
SERGIO CORTÉS SÁNCHEZ

13 y 14 **El pelícano onírico**

Notas sobre algunos cielos antiguos
JULIO GLOCKNER

15 **Tekhne Iatriké**

El engaño de la medicina cuántica
JOSÉ GABRIEL ÁVILA-RIVERA

16 **Reseña (incompleta) de libros**

Biografía de la física
ALBERTO CORDERO

17 **Año Internacional de la Luz**

Radiación electromagnética no-ionizante
y normatividad mexicana
FRANCISCO RENERO

18 **Efemérides**

Calendario astronómico octubre 2015
JOSÉ RAMÓN VALDÉS

Tras las huellas de la naturaleza

A la Luz, de los Bichos de Luz
TANIA SALDAÑA Y CONSTANTINO VILLAR

19 **A ocho minutos luz**

Préndete con la Noche de las Estrellas 2015
en Puebla
RAÚL MÚJICA

20 **Agenda**

Épsilon

JAIME CID

• La imagen de nuestra portada es un detalle del cartel para la Noche de las Estrellas 2015



Raúl Mújica

Vista multifrecuencia del cielo desde México

La astronomía es un tanto diferente de otras ciencias debido a que no es una ciencia experimental; generalmente no se puede manipular el objeto de estudio, con sus excepciones, como los que estudian planetas o meteoritos y que a veces puede analizar y hasta tocar muestras. No se pueden repetir los fenómenos celestes en un laboratorio; por ejemplo, si hay una explosión de supernova y no la observamos por estar distraídos viendo la tele, pues se nos pasó, ya no podemos solicitar que se repita la explosión.

Sin embargo, tenemos la luz. Y no me refiero a que los astrónomos sean seres iluminados, aunque muchos de ellos son realmente muy inteligentes, sino a que la luz es la materia prima de la astronomía. La luz es el principal medio por el cual podemos conocer la naturaleza de los objetos celestes, y no solo la luz que llamamos visible, sino todas las “luces”, en las diferentes frecuencias del espectro electromagnético, la mayoría de las cuales no podemos observar con nuestros ojos, como los rayos X o el infrarrojo.

Si casi toda la información que obtenemos es a través de la luz, es entonces importante saber más acerca de cómo funciona, lo que es, y cómo podemos extraer la información de ella; de esta manera podremos utilizarla mejor para establecer las características de estrellas, nebulosas, galaxias y todos los objetos celestes que están fuera de nuestro alcance.

Infortunadamente no solo basta con observar; debemos colectarla y registrarla para posteriormente analizarla. Y como en todas las ciencias, donde mientras más información tenemos, es mejor, pues en Astronomía, mientras más luz podamos colectar, mejor será nuestro análisis. Es por esto es que se diseñan y construyen telescopios cada vez más grandes, se desarrollan detectores cada vez más sensibles y se utilizan computadoras cada vez más potentes.

Por otro lado, aunque no podemos tener experimentos controlados y además estamos limitados a observar todos los fenómenos desde casi la misma localización, la Tierra o sitios muy cercanos, tenemos un gran laboratorio, del tamaño del Universo, que nos da un vasto número de fenómenos a observar (si se nos pasó la explosión de la supernova, habrá otras más que podemos observar), muchos de los cuales no se pueden reproducir en laboratorios terrestres.

Debemos recordar que la luz es una onda electromagnética. El espectro total de las ondas electromagnéticas está dividido en regiones con diferentes frecuencias o longitudes de onda. Así tenemos la región de radio, microondas, infrarrojo, luz, ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Las longitudes de onda mayores corresponden al radio (de hasta kilómetros), más cortas para la luz (milésimas de milímetro) y mucho más cortas para rayos gamma (milonésimas de milímetro).

En México contamos con telescopios que cubren observaciones en un amplio intervalo del espectro electromagnético. El GTM-Alfonso Serrano cubre la región de los milímetros, HAWC los rayos cósmicos y gamma, mientras



que en Cananea y SPM se localizan telescopios dedicados a la parte visible y el IR. Además, se cuenta con participaciones en el Very Large Array (radio) y el Gran Telescopio Canarias (visible e IR). Existen proyectos en sus fases muy iniciales para observaciones en el UV.

En este número de SABERE SIENCIAS tratamos de incluir un artículo, ya sea con contribuciones o revisiones astronómicas, de cada intervalo espectral de la luz, no solo para continuar la celebración

del Año Internacional de la Luz, sino porque en realidad la mayor parte del trabajo astronómico actual se realiza de manera multifrecuencia, ya que de esta manera los astrónomos podemos tener una idea más completa de la naturaleza de los objetos celestes.

Estamos en una excelente época, en la cual podemos apreciar, y estudiar, el cielo en todo su esplendor. Esperamos que “multidisfruten” los artículos de este número. ☺

rmujica@inaoep.mx ✉

LOS CRISTALES GIGANTES DE NAICA

Juan Manuel García-Ruiz

Laboratorio de Estudios Cristalográficos
Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra
CSIC-Universidad de Granada, Granada, España

13 de octubre de 2015, 12:00 h

RESUMEN

Los cristales están por todas partes en nuestra vida cotidiana pero sólo en muy pocos casos se revelan como los sólidos poliedricos perfectos que han fascinado a la humanidad desde tiempos remotos. Aún más raro es encontrar cristales colosales excepto los ideados en la literatura y el cine de ciencia ficción. Sin embargo, hay excepciones. La Cueva de los Cristales Gigantes en la mina de Naica (México) es una de las más asombrosas exhibiciones de belleza mineral jamás creada por la naturaleza. Además de los propios cristales columnares colosales de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que en algunos casos superan los once metros de largo y el metro de espesor, el paisaje dibujado por las vigas cristalinas que, de suelo a techo, atraviesan la oscuridad de la cueva con su brillo de luz de luna, es un ejemplo único de armonía basada en la simetría de cristal. Más allá de esa belleza, descifrar el mecanismo de formación de estos cristales colosales es un reto fascinante. En esta conferencia discutiré la nucleación y crecimiento de cristales de yeso como base científica para explicar la formación de este extraordinario fenómeno de mineralización. La conferencia será ilustrada con recortes de video del documental “El Misterio de los Cristales Gigantes”.

SEMBLANZA

Juan Manuel García Ruiz (Sevilla, 1953) es Profesor de Investigación del CSIC y Director del Laboratorio de Estudios Cristalográficos (Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, IACT, CSIC-Universidad de Granada). Desde los primeros estadios de su carrera profesional, su actividad se orientó hacia el conocimiento del mundo de los cristales y sus aplicaciones. Licenciado en Geología por la Universidad Complutense de Madrid, (1976), se doctoró también (1980) en dicha Universidad, de la que fue Profesor Ayudante y Profesor Adjunto. Completó su formación postdoctoral en el laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Amberes y en la Universidad Estatal de Pensilvania, trabajando con el experto en cristalización en geles más reconocido del momento, el Prof. Hans Henisch. En 1983 se incorporó a la Universidad de Cádiz como Profesor Adjunto y en 1989 al CSIC como Investigador Científico, con destino en el IACT. Desde 1992 es Profesor de Investigación. Creador del Laboratorio de Estudios Cristalográficos, en el que ha dirigido numerosos proyectos nacionales, europeos e internacionales, así como trabajos contratados con agencias y empresas. En 2014 le ha sido concedido por el European Research Council uno de los altamente cotizados ERC Advanced Grants, con una dotación superior a 2.400.000 Euros.

Autor de más de 240 publicaciones en revistas internacionales acreditadas. Varios de estos artículos han sido resutados como portada por revistas prestigiosas, entre las que se incluyen Science, Geology, PNAS y Angewandte Chemie.



Auditorio del Centro de Información de INAOE
Calle Luis Enrique Erro #1, Sta. Ma. Tonantzintla,
San Andrés Cholula, Puebla
Mayor información: 2 47 43 06

www.inaoep.mx



Omar López-Cruz

El Espectro Electromagnético

2015 ha sido nombrado por la Asamblea General de la ONU el Año Internacional de la Luz y de las Tecnologías Basadas en la Luz. Indudablemente este año nos da otra ocasión para celebrar las contribuciones del físico más importante del siglo XX, y quizá de toda la historia.

En 2005 celebramos el Año Internacional de la Física debido a que en 1905 Albert Einstein publicó cinco artículos revolucionarios, entre ellos uno que explicaba el efecto fotoeléctrico, otro donde explicaba el caso especial de su teoría de la relatividad y en otro mostraba la derivación de la famosa fórmula $E = mc^2$, E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz. Estos tres artículos tienen mucho que ver con el fenómeno que conmemoramos en 2015. También celebramos el primer centenario de la publicación de la *Teoría General de la Relatividad*; 10 años de intenso trabajo de Einstein culminaron en esta teoría, la cual nos ha ayudado a entender el universo, dando paso a la cosmología física.

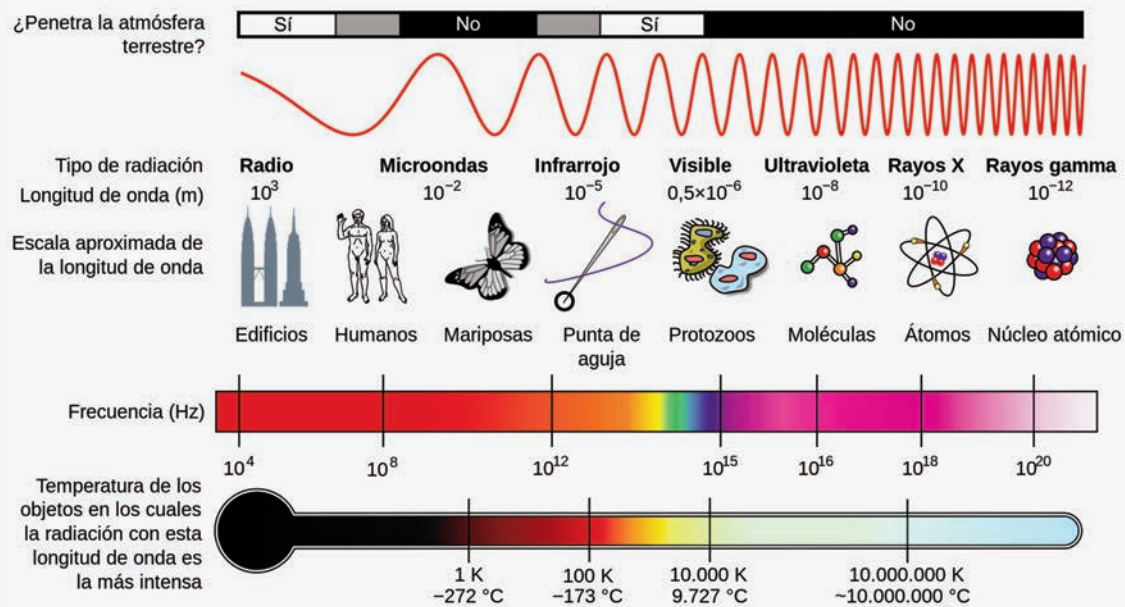
Einstein dijo que la luz tiene una velocidad finita y que es invariable para los observadores inerciales, es decir, en sistemas de referencia no acelerados. Si la velocidad de la luz es invariable para los observadores inerciales, entonces tenemos que comprometer a las distancias y al tiempo. Es decir, el tiempo se considera como una dimensión que está ligada a las otras dimensiones espaciales. Einstein introdujo por primera vez el concepto espacio-tiempo. Las mediciones de distancias y tiempo se vuelven relativas a los observadores. El tiempo debe transcurrir más lento para un observador que se encuentra en movimiento con respecto a un observador estacionario; pero las distancias aparecerán contraídas para un observador estacionario en la dirección del observador en movimiento.

Einstein demostró que existe una partícula fundamental que se mueve a la velocidad de la luz, pero que en reposo no tiene masa. Esta partícula la llamamos el fotón. En el siglo XIX, James Clerk Maxwell demostró que la luz era un fenómeno electromagnético. La luz, según Maxwell, es un fenómeno ondulatorio producido por la vibración un campo magnético y un campo eléctrico; las ondas electromagnéticas se mueven con una velocidad finita denotada por c (300 mil kilómetros por segundo).

Einstein se basó en el trabajo de Maxwell y extendió la teoría electromagnética para poder resolver el problema del efecto foto-eléctrico. Recurrió a las ideas de la mecánica cuántica, que en 1905 aún eran primitivas. Para explicar cómo es que la luz puede arrancar un electrón de una placa de material conductor, Einstein tuvo que abandonar la idea de que la luz es una onda y proponer que la luz está compuesta de partículas discretas, cuya energía depende de la frecuencia: $E = h\nu$, donde h es la constante de Planck, mientras que ν es la frecuencia medida en ciclos por segundo. De esta forma se propone la dualidad de luz: bajo ciertas condiciones se comporta como onda y en otras como partícula. Mientras más intensa sea la energía, la luz se comporta como partícula. Con esto se puso el final a una controversia iniciada por Isaac Newton, que dijo que la luz estaba compuesta de corpúsculos, mientras que Christian Huygens decía que la luz era un fenómeno ondulatorio.

En Astronomía podemos medir las propiedades de los objetos celestes gracias al estudio de la luz que emiten. Hemos llegado a medir incluso la temperatura de todo el universo. Esta es una gran hazaña: ¿cómo es posible poner un termómetro a todo el universo?, el termómetro lo pone el universo, pues la luz que escapó cuando el universo se volvió transparente tiene una forma particular. Este tipo de luz ha sido estudiada exhaustivamente en los laboratorios desde el siglo XIX. Tiene un nombre particular, se le llama radiación de cuerpo negro.

Un cuerpo negro posee la particularidad de que sus paredes y la luz contenida en él están en equilibrio termodinámico, es decir, las propiedades de la luz



• El espectro electromagnético donde se indica la frecuencia de la luz y los nombres que recibe. También se indica la longitud de onda y la energía que le corresponde a un fotón con la frecuencia o longitud asociada. Los fotones de rayos gamma son los más energéticos, mientras que los fotones de radio son los de menor energía.

emitida estarán determinadas en función de una temperatura única. Un horno de fundición o el alambre de tungsteno de los focos se pueden explicar mediante la teoría del cuerpo negro. Mientras más calientes, la luz emitida por ellos será más azul; si la temperatura es baja entonces la luz emitida será roja.

Los cuerpos negros no se pueden explicar con la teoría electromagnética de Maxwell. Max Planck tuvo que introducir la hipótesis cuántica para poder explicarlos. Esto marcó el inicio de la mecánica cuántica. En 2006 John Mather recibió el Premio Nobel de Física por demostrar que el universo emite como un cuerpo negro, con una temperatura de $T = -270$ grados Celsius.

En 1917, cuando Einstein trató de explicar la radiación del cuerpo negro, tuvo que introducir el mecanismo de la emisión espontánea, el principio en el que se basa el láser. El primer láser fue construido por Theodore Maiman el 16 de mayo de 1960. Las estrellas en sus primeras etapas de formación pueden generar luz con las propiedades del láser: luz de una sola frecuencia y de gran brillo.

En el pasado, dependiendo de la frecuencia de la luz, se tenía que hacer una distinción de las técnicas empleadas para su detección y análisis. Por mucho tiempo solo se conoció la astronomía visible, la de la luz que pueden detectar nuestros ojos. Sir William Herschel introdujo la astronomía infrarroja en el siglo XIX; en el siglo XX Karl Jansky introdujo la radioastronomía, estudiando luz con las frecuencias más bajas. La luz más energética fue descubierta en la fisión nuclear; se le llamó rayos gamma. En la década de los 60 se inicia la astronomía de los rayos gamma.

La radioastronomía considera a la luz como onda; los detectores explotan las propiedades de las ondas; se puede hacer todo tipo de estudios aprovechando las propiedades de la refracción, reflexión, polarización e interferencia, como hacemos con la luz que ven nuestros ojos. Los rayos gamma se tratan como partículas; difícilmente se pueden enfocar.

En un aparato de radio podemos ver que las estaciones de AM vienen marcadas con kHz; éstos son miles de ciclos por segundo. Por ejemplo, *Radio Fórmula* transmite con una frecuencia $\nu = 1120$ kHz, pero en la Tierra ningún receptor puede captar ondas de radio con frecuencias menores de 30 kHz, el medio interplanetario impide que las ondas de radio provenientes del espacio penetren hasta la Tierra. En el otro extremo, en la región de los rayos gamma, los fotones con la más alta frecuencia que se ha detectado hasta el momento tienen frecuencias alrededor de 2×10^{28} Hz (un 2 seguido de 28 ceros, ciclos por segundo). Es el mismo fenómeno, es luz con diferentes frecuencias; a esta progresión le llamamos el espectro electromagnético.

En la actualidad tenemos ventanas de observación abiertas a casi todas las frecuencias. La distinción entre las técnicas de detección y los fenómenos asociados a la generación de la luz se ha vuelto tenue; hemos dado paso a la astronomía multifrecuencia. Los fenómenos en la naturaleza no distinguen entre radioastrónomos, astrónomos ópticos o astrónomos de rayos gamma; era una distinción artificial.

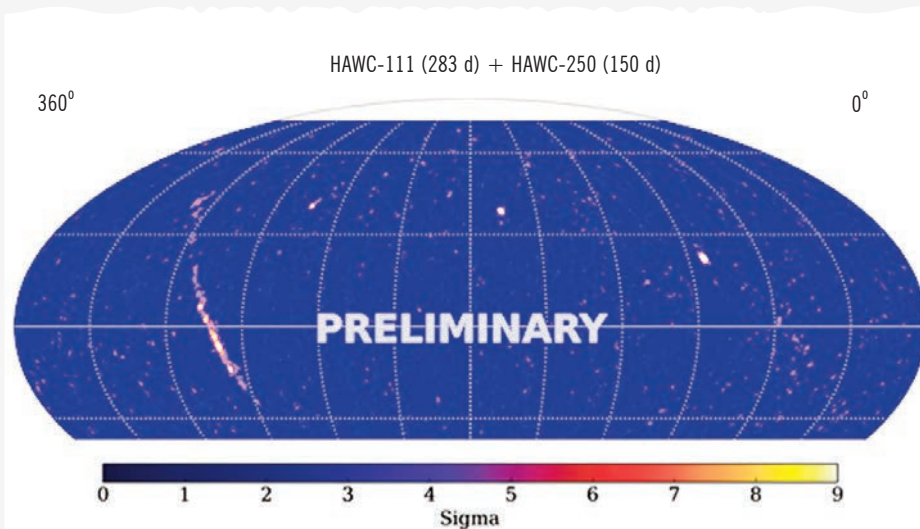
Nota: en este artículo todo ha sido referido a la frecuencia como una propiedad fundamental de la luz. Pero también se usa a la longitud de onda que se denota con la letra griega lambda (λ). Se puede medir en cualquier unidad de longitud como metros, kilómetros o millas. Es la distancia que recorre una onda o vibración en un tiempo dado. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia, la constante de proporcionalidad es la velocidad de la luz; por lo tanto $\lambda = c/\nu$.

Alberto Carramiñana



Astronomía de rayos gamma y el observatorio HAWC

El advenimiento del telescopio en el siglo XVII marcó un parteaguas en la comprensión de la naturaleza de los astros. El empeño por ver y estudiar objetos cada vez más débiles y más lejanos ha producido telescopios cada vez mayores y más sofisticados, empujando la tecnología a nuevos límites. Menos notorio, pero igualmente trascendente, ha sido la llegada de telescopios capaces de ver radiación invisible al ojo humano. El siglo XX vio el desarrollo de telescopios sensibles a la luz infrarroja y ultravioleta, así como el nacimiento de la radioastronomía. El estudio del cosmos empleando rayos gamma (γ) tuvo que esperar la tecnología espacial y técnicas para medir el efecto de la radiación más energética en la atmósfera terrestre.



• Mapa celeste de rayos γ elaborado con datos de HAWC. La banda a la izquierda es la emisión del plano Galáctico. Se aprecian tres puntos brillantes: a la izquierda los blazares Mrk 501 y Mrk 421; y a la derecha, más prominente, la nebulosa del Cangrejo.

muy superior a CGRO-EGRET. En siete años, *Fermi-LAT* ha detectado más de 3 mil objetos que emiten fotones con energías de varios GeV¹. La mayoría son galaxias activas clasificadas como blazares; destacan también pulsares capaces de acelerar partículas en intensos campos magnéticos. *Fermi-LAT* ha observado clases de objetos no detectadas antes por EGRET: estrellas binarias, novas, cúmulos globulares, y galaxias normales, starburst y Seyfert. También ha reportado un centenar de destellos de rayos γ (GRB o *gamma-ray burst* en Inglés), mostrando que pueden producir fotones de por lo menos 90 GeV. Varios de los objetos detectados por EGRET y *Fermi*, en particular blazares como Mrk 421 y Mrk 501, han sido observados con telescopios Cherenkov atmosféricos,

LOS RAYOS γ

Los rayos γ son un tipo extremo de radiación electromagnética. La mecánica cuántica describe las ondas electromagnéticas como fotones y asocia a estos una energía. Así, la luz visible está hecha por fotones de 2 a 3 electrón-volts (eV); de mayor energía son los fotones del ultravioleta (10 a 100 eV), dañinos para la piel; los rayos X tienen energías de kilo-electrón-volts (1 keV = 1000 eV), miles de veces mayores que la de la luz. Los rayos γ están por encima de 1 MeV (1000 000 eV), alcanzando energías arbitrariamente altas. No es sencillo producir rayos γ , requiriéndose procesos ciertos físicos particulares:

- Los isótopos radioactivos producen rayos γ de energías relativamente bajas, de cientos de keV o unos cuantos MeV.
- La aniquilación de un electrón con un positrón convierte la masa de ambas partículas en dos fotones de 0.511 MeV.
- Un acelerador de partículas puede acelerar electrones hasta adquirir energías de miles o millones de MeV (es decir GeV o TeV). Los electrones pueden transferir su energía a fotones de baja energía convirtiéndolos en rayos γ de muy alta energía (GeV o TeV).
- Es posible acelerar protones o núcleos atómicos a muy altas energías y que estos choquen con materia, produciendo fotones con energías de TeV o mayores.

Las fuentes celestes de rayos γ son aceleradores naturales de partículas. En la década de 1950, Enrico Fermi demostró que choques en el medio interestelar pueden acelerar partículas subatómicas a muy altas energías. Fermi infirió que las explosiones de supernova de la Galaxia pueden explicar los rayos cósmicos, partículas de alta energía que inciden en la atmósfera terrestre.

ASTRONOMÍA DE RAYOS γ

Hay tres tipos de detectores astronómicos de rayos γ :

- Telescopios espaciales como el *Fermi γ -Ray Space Telescope*, capaz de observar desde el espacio de manera permanente 20 por ciento del cielo, detectando fotones de entre 0.1 y 100 GeV. Al ir apuntando a distintas zonas del cielo, *Fermi* es capaz de cubrir la totalidad del firmamento en tan sólo tres horas.
- Telescopios Cherenkov atmosféricos, apuntados a objetos específicos, son capaces de detectar fotones de más de 30 GeV. Estos telescopios se ubican en sitios geográficos con cielos nocturnos oscuros.
- Detectores de superficie como HAWC, capaz de observar de manera continua 15 por ciento del cielo, detectando fotones con energías por encima de 100 GeV. El campo de visión de HAWC se mueve con la rotación terrestre de manera a cubrir dos tercios de la bóveda celeste cada día sideral.

Cuatro generaciones de telescopios espaciales de rayos γ han logrado hitos importantes para la astronomía: en los 1960s el satélite *OSO-III* descubrió que la Vía Láctea emite rayos γ con energías por encima de 50 MeV; en la siguiente década, *SAS-II* y *Cos-B* descubrieron dos docenas de fuentes celestes de rayos γ , entre ellas los pulsares de Vela y el Cangrejo, y el cuasar 3C 273. En órbita entre 1991 y 2000, el *Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO)* llevaba a bordo cuatro instrumentos distintos; entre ellos, COMPTEL observó rayos γ de 1 a 30 MeV emitidos por isótopos radioactivos en el medio interestelar; y EGRET detectó más de 250 fuentes de fotones con energías por encima de 100 MeV.

El Large Aperture Telescope de *Fermi*, en órbita desde 2008, es un instrumento

que también han estudiado algunos remanentes de supernova y en nubes interestelares del plano Galáctico.

EL HIGH ALTITUDE WATER CHERENKOV

HAWC complementa a estos instrumentos por su capacidad de monitoreo y mapeo en rayos γ de TeV. HAWC no puede estudiar objetos puntuales con la misma profundidad que un telescopio Cherenkov, pero sí puede cubrir regiones cientos de veces más extensas. Mapear y monitorear grandes zonas del cielo es muy importante para el estudio de objetos cuya emisión es variable o que son demasiado grandes para el campo de visión de los telescopios Cherenkov atmosféricos.

Como su nombre lo indica, HAWC es un observatorio a gran altitud que registra el paso de partículas de alta energía en el agua. Estas partículas secundarias llegan de manera casi simultánea al detector como producto del ingreso de un rayo cósmico o un rayo γ a la atmósfera. Al atravesar el arreglo detector por decenas o centenares, estas partículas generan luz en el agua mediante el efecto Cherenkov, siendo el registro de numerosas señales luminosas la indicación del arribo del rayo γ o la partícula energética a la parte alta de la atmósfera. HAWC capta cerca de 20 mil rayos cósmicos por segundo, con la capacidad de distinguir entre sus datos unos 400 rayos γ del Cangrejo recibidos en un tránsito de seis horas.

La efectividad de la técnica Cherenkov de agua en astronomía fue demostrada por el observatorio Milagro, que operó en Nuevo México, a 2600 m de altitud, entre 2000 y 2008. Milagro detectó la nebulosa del Cangrejo, varias fuentes difusas de la Galaxia, y Mrk 421. Con las ventajas de una mayor altitud y un diseño optimizado con base en los aprendizajes de Milagro, HAWC es capaz de detectar la nebulosa del Cangrejo en un día, en vez de requerir acumular ocho meses de datos como Milagro.

Los objetivos científicos de HAWC están ya en desarrollo. La nebulosa del Cangrejo, M1, siendo la fuente de referencia para detectores de rayos γ , es monitoreada cada día. Curiosamente, en los últimos años se ha encontrado que la emisión de M1 no es constante como se suponía; HAWC puede hacer el seguimiento diario y a largo plazo de M1 en energías de TeV, de la misma manera en que ya monitorea Mrk 421 y Mrk 501, en los que se ha detectando variaciones en lapsos de tan solo un día. Radiogalaxias como M87 y IC310 son objetivos a mediano plazo. Los sondeos del plano Galáctico han detectando varias fuentes extendidas que podrían asociarse con enormes nubes de gas interestelar irradiadas por rayos cósmicos. Entre los objetivos más ambiciosos de HAWC está investigar si los GRBs emiten fotones de TeV. Más intrigante es la búsqueda de eventos relacionados con hoyos negros primordiales que pudieron haberse formado en los primeros instantes del Universo y se estarían evaporando mediante una súbita emisión de radiación de Hawking.

Seis meses después de su inauguración, HAWC está aportando una imagen cada vez más profunda del cielo, ya superior a la obtenida por su predecesor Milagro. En los próximos meses y años irá develando con mayor detalle la naturaleza de los eventos más energéticos del cosmos. ϵ

1. <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

Raúl Mújica

Fuegos artificiales perpetuos: astronomía de rayos X

Cientos de noches de observación se requirieron para completar el proyecto que, de alguna manera, echó a andar el Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (OAGH), en Cananea, Sonora. Se trataba de identificar las contrapartes ópticas de las fuentes de rayos X detectadas por un satélite llamado ROSAT (Röntgensatellit), se estudiaron seis regiones en el cielo del norte obteniendo imágenes y espectros en luz visible para identificar el objeto que estaba emitiendo los rayos X, ya que debido a su resolución espacial, los telescopios de rayos X no pueden “ver” con gran precisión la posición del objeto emisor, por lo que es necesario observar, en el intervalo visible del espectro electromagnético, varios objetos alrededor de las coordenadas de cada fuente ROSAT para determinar la naturaleza de la fuente emisora de rayos X.

ROSAT, que fue lanzado en 1990 y duró hasta 1999, fue el primer contacto con los rayos X que tuve, ya que identificando en el óptico fuentes detectadas con este satélite es que realicé mi tesis doctoral.

Este observatorio de rayos X, propuesto por el Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE), fue diseñado, construido y operado en Alemania, pero con la participación de los Estados Unidos y el Reino Unido. Ha sido también uno de los satélites clave para cambiar la visión del cielo en estas frecuencias.

LOS RAYOS DESCONOCIDOS

En 1896 Wilhelm Roentgen reportó desde Würzburg, Alemania, unos rayos misteriosos, de ahí la “X”, que penetraban placas metálicas y que podían mostrar los huesos del cuerpo humano. Unos quince años después se demostró que Roentgen había descubierto una nueva variación, un nuevo intervalo, de la radiación electromagnética, la diferencia es que su longitud de onda era mucho más corta que la luz visible, y por lo tanto de mucha mayor energía; por esta razón estos rayos eran capaces de “apretujarse” y atravesar aun placas delgadas de metal.

LA ATMÓSFERA

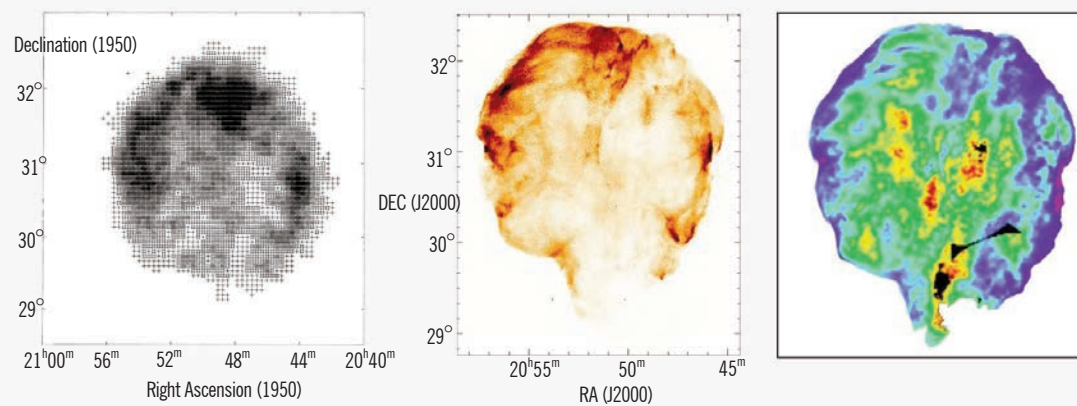
Aunque estos descubrimientos ampliaron los horizontes de la investigación en la Física, no tuvieron influencia inmediata directa en la astronomía debido principalmente a que, afortunadamente, la atmósfera de la Tierra deja pasar la luz visible y las ondas de radio, sin que sean parcial o completamente absorbidas, mientras que la luz ultravioleta, que amenazaría la vida en la Tierra, no la atraviesa, como tampoco lo hacen los rayos X o los gamma.

De tal manera que estos y otros intervalos espectrales, con excepción de algunas bandas muy angostas en el infrarrojo, pueden ser detectadas solo si salimos de la atmósfera para librarnos de sus efectos. Por esta razón es que se han colocado telescopios y detectores a gran altura, al inicio en globos, luego en cohetes y lo más eficiente ha sido en satélites.

SIEMPRE HAY SORPRESAS

Los primeros telescopios de rayos X se utilizaron principalmente para observar el Sol, ya que siendo una fuente muy brillante, debido a su cercanía, facilitaría su detección teniendo en cuenta la tecnología de la época. Calculando la intensidad de la radiación de la estrellas más cercanas y suponiendo que emiten con la misma intensidad que el Sol, se estimó que los detectores debían ser 100 mil veces más sensibles que los existentes para poder detectarlas. Esto causó una pérdida de interés en algunos científicos, pero no en todos.

El grupo liderado por uno de los astrónomos más influyentes en la banda de los rayos X, Ricardo Giacconi, luego de varios intentos, y en realidad buscando la detección de rayos X en la Luna, registró en 1962 la fuente denominada Sco X-1, la primera fuente rayos X en la dirección de la constelación del Escorpión y la primera fuente fuera del Sistema Solar. Un paso gigantesco ya que, como



• Imágenes en rayos X del remanente de supernova llamado “Cygnus Loop” obtenidas con tres telescopios. Izquierda: imagen obtenida con telescopios colocados en cohetes; centro: imagen obtenida por el satélite ROSAT con el instrumento “High Resolution Imager”; derecha: imagen obtenida por ROSAT con el instrumento “Position Sensitive Proportional Counter”. Imagen obtenida de http://imagine.gsfc.nasa.gov/Images/science/cygnus_loop_full.jpg

mencionamos antes, muchos científicos no creían posible detectar fuentes de este tipo.

Para que se generen rayos X se requiere que haya condiciones ambientales extremas. Los rayos X tienen longitudes de onda muy cortas, son mucho más energéticos que la luz visible, por lo que se requiere considerablemente mucha más energía para producirlos.

Pasaron varios años para descubrir la naturaleza de la fuente Sco X-1, se trata de lo que llamamos un sistema binario de rayos X de baja masa, estrellas ligadas gravitacionalmente que están intercambiando material; sin embargo,

observaciones posteriores descubrieron más cosas que están siendo estudiadas aún por los satélites de rayos X más recientes.

Por otro lado, debieron pasar otros años más para poder obtener imágenes, y no simples detecciones. Las primeras imágenes, aparte del Sol, en rayos X, se obtuvieron también desde cohetes. El primer objeto que se observó fue el cúmulo de Virgo en 1975, Posteriormente, en 1977, con una óptica especial, se obtuvieron las primeras imágenes de remanentes de supernova.

Luego de estos avances, hubo un gran desarrollo en astronomía de rayos X, tanto en los detectores cada vez más sensibles, como en los telescopios, cada vez con mayor capacidad para coleccionar este tipo de luz. Los satélites resultaron fundamentales para el avance de la astronomía de rayos X; el primero fue llamado Uhuru, que significa “Libertad” en Swahili. Sin embargo, los grandes avances se dieron con los primeros satélites en órbita, el Observatorio Einstein en 1978, demostró que había una diversidad de objetos en el universo emitiendo en rayos X, revelando, además, la estructura de objetos extendidos, como las galaxias cercanas y los remanentes de supernova.

Posteriormente se han puesto en órbita otras misiones que han resultado muy exitosas al obtener imágenes cada vez de mejor calidad, algunas de ellas son EXOSAT, ROSAT y ASCA. En particular, ROSAT mostró la capacidad de este tipo de satélites para obtener imágenes científicamente de gran valor.

El desarrollo de los telescopios de rayos X continuó en esta dirección, la misión Chandra de la NASA lanzada en 1999 tiene una resolución 50 veces superior a la de ROSAT. Sus imágenes revelan grandes detalles antes no disponibles. Este es un gran logro, que se debe en mucho a la tecnología aplicada a los espejos del telescopio para darles una alta calidad. Cabe mencionar que los espejos tienen una configuración distinta a los telescopios ópticos, en lugar de estar alineados, están anidados. Podemos imaginarnos barriles de diferentes tamaños colocados uno dentro del otro, tienen la superficie interior aluminizada para que de esta manera utilicen el principio de incidencia rasante y coleccionen la mayor cantidad de luz posible.

Aunque existen actualmente varias misiones importantes como Suzaku, XMM-Newton o NuSTAR, los astrónomos no dejan de planear las siguientes. Si al principio de la astronomía de rayos X parecía que no se detectaría ningún objeto distinto al Sol, ahora, mientras se sigan desarrollando mejores detectores y telescopios para observar más profundo en el cielo, sabemos que encontraremos nuevas y sorprendentes cosas.

Es claro que el desarrollo de las ciencias espaciales nos ha permitido ver el cielo de una manera completamente diferente a la de nuestros antepasados. Aún las impresionantes noches estrelladas en las que se observan brillantes puntos con mínimas variaciones, contrastan con el cielo en rayos X, en el que podemos apreciar patrones siempre cambiantes. Esto se debe a que se requieren procesos extremos que involucran gran energía para poder generar radiación también de gran energía.

Binarias interactuantes, enanas blancas, supernovas, galaxias activas, cúmulos de galaxias, emiten y son estudiados en estas frecuencias. El cielo en rayos X es como “fuegos artificiales perpetuos en patrones siempre cambiantes”. ☺

Miguel Chávez

Luz ultravioleta desde el espacio

Tan solo un año después del final de la II Guerra Mundial, en 1946, se publicó el primer artículo relativo a observaciones astronómicas en el ultravioleta (UV). Fue justamente con los tristemente célebres cohetes V2 que utilizó el ejército alemán en los masivos bombardeos a Inglaterra en 1944. Con el colapso del ejército alemán, la armada de los Estados Unidos capturó más de 100 cohetes V2 para su estudio. Gracias a este desarrollo tecnológico fue posible colocar sensores especializados en alturas de casi un centenar de kilómetros, que permitieron estudiar las capas superiores de la atmósfera terrestre y, en el contexto de nuestro tema, ubicarlos más allá de la capa de ozono, esa molécula compuesta de tres átomos de oxígeno que impide el paso de los rayos UV y que nos protege de recibir radiación dañina. Esta primera observación astronómica desde el espacio fue liderada por investigadores del Laboratorio de Investigación de la Naval de E.E. U.U. y tenía como objetivo obtener el primer espectro del Sol en un intervalo de longitudes de onda que hasta entonces no era accesible. Con un novedoso diseño optomecánico, el espectrómetro instalado en la cola del cohete V2 obtuvo múltiples espectros del Sol y marcó el inicio de lo que hoy se conoce como astronomía espacial, o astronomía desde el espacio. En años posteriores los cohetes V2 también fueron utilizados para tener acceso a luz más energética, a la cual la atmósfera terrestre también es opaca, como los rayos X.

Desde esos estudios pioneros, la investigación desde el espacio de la radiación UV de cuerpos celestes ha acumulado una larga historia. En buena medida favorecida por la carrera espacial entre la antigua Unión Soviética y los Estados Unidos y sus aliados, y sin duda motivada por la gran variedad de fenómenos que solo pueden ser estudiados en este tipo de luz, como el análisis del material caliente que circunda la luna lo de Júpiter, las auroras que se forman en los polos de Júpiter, investigaciones sobre la composición química que prevalece en el medio interestelar, de la liberación de energía en estrellas con hasta 100 veces más material que el Sol o sobre procesos físicos que tienen lugar en la formación de nuevas generaciones de estrellas.

Estos campos de estudio y muchos más promovieron la construcción de telescopios especializados que a la postre volarían en cohetes, globos sonda, en los transbordadores espaciales y en satélites. Entre las principales misiones podemos citar a la estación espacial *Skylab* (de la Agencia Espacial de los E.E. U.U.-NASA), el *Orbiting Astronomical Observatory* (OAO-NASA), el *Satélite Copernicus*, el *Astronomical Netherlands Satellite* (ANS, de los países bajos), el *International Ultraviolet Explorer* (IUE-NASA, Agencia Espacial Europea y Reino Unido), las sondas *Viajero 1 y 2* (NASA), el *Telescopio Espacial Hubble* (HST-NASA) y el *Galaxy Evolution Explorer* (GALEX-NASA, Reino Unido).

Sus logros son variados e involucran todo tipo de objetos celestes, utilizando dos distintas técnicas de observación: la espectroscopia, que a través de un elemento dispersor (como un prisma) permite ver la distribución de luz en sus diferentes colores, y la fotometría, que permite obtener imágenes de la emisión UV global. Es importante destacar tres de las misiones más exitosas, no solo en el ámbito UV sino en general como proyectos espaciales.

Las sondas *Viajero 1 y 2* fueron lanzadas desde Cabo Cañaveral en Florida E.E. U.U. hace más de 35



▲ Voyager 1 & 2 (1977-)

años. Contaban con instrumentos que permitían estudiar los diferentes colores de la radiación de los cuerpos celestes. Fueron programadas para cumplir con tres misiones específicas: la misión planetaria —que fue la principal—, la interplanetaria, y la interestelar. Muchos conocemos los logros en la primera. Los *Viajeros* proveyeron de las primeras y más exquisitas imágenes de los planetas, en particular de los planetas gigantes como Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, y de sus satélites. Además, en fechas recientes (2012) se anunció el inicio de su tercera misión, la interestelar.

Actualmente los *Viajeros* son los objetos creados por el hombre más alejados de la Tierra y se encuentran a una distancia aproximada de 20 mil millones de kilómetros, es decir, a más de 130 veces la distancia Tierra-Sol. Sin embargo, poco se sabe de lo que hicieron en su segunda misión. Durante el largo viaje entre los planetas estos instrumentos apuntaron sus once diferentes dispositivos a centenares de cuerpos celestes más allá de nuestro sistema solar. Un instrumento particular fue el espectrómetro UV que permitió hacer un sondeo de múltiples fuentes: estrellas de alta temperatura, estrellas frías (como el Sol) pero con mucha actividad magnética, como la que origina fenómenos como ráfagas, protuberancias en nuestro Sol. También se investigaron los remanentes difusos de las grandes explosiones que caracterizan la muerte de estrellas gigantes, la emisión UV de sistemas estelares en nuestra galaxia, la Vía Láctea, etcétera.

Los *Viajeros* siguen aún operativos, aunque no con todos sus dispositivos. El *Viajero 2* preserva en servicio su espectrómetro UV para analizar las propiedades del medio que circunda al sistema solar.

El *Explorador Internacional Ultravioleta* (IUE, por sus siglas en inglés) fue lanzado en 1978, tan solo unos meses después que los *Viajeros* y operó con un espejo de 40 cm de diámetro. La misión nace como una colaboración entre la NASA, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) y el Consejo para la Investigación en Ciencias e Ingeniería del Reino Unido. Fue programada para durar tres años con una potencial ampliación a cinco. El conjunto de instrumentos (cuatro cámaras en total) permitieron coleccionar valiosa información espectroscópica en dos de los segmentos en que se divide el intervalo UV: el lejano y el cercano UV. A lo largo de su "vida" IUE coleccionó un conjunto de más de 100 mil espectros de virtualmente todos los tipos de objetos celestes, desde imágenes espectroscópicas de la Luna hasta galaxias distantes. Hace nueve años (30 de septiembre de 1996) dejó de operar y concluyó con los 18 años y nueve meses de operación ininterrumpida.

La última misión completamente dedicada a investigaciones UV fue el *Explorador Ultravioleta de Galaxias* (GALEX), que fue lanzado desde la estación de la fuerza aérea en Cabo Cañaveral (Florida, E.E. U.U.) en abril 28 de 2003 y concluyó operaciones en junio de 2013 después de más 10 años de servicio. Este telescopio de 50 cm de diámetro obtuvo mapas y espectros en el lejano y cercano UV de la mayor cantidad de objetos celestes jamás observada. Su base de datos está conformada por cientos de millones de galaxias, su misión principal, y un número similar de estrellas de la Vía Láctea. Entre sus principales logros están las observaciones de galaxias hasta distancias cuando el Universo apenas tenía 20 por ciento de su edad actual. Estos valiosos datos han permitido explorar cómo se forman estrellas en diferentes etapas evolutivas del Universo. Desde un punto de vista más local, fue posible distinguir anillos de radiación UV en galaxias cercanas y hacer un censo de las denominadas asociaciones OB (enjambres de estrellas de gran masa muy jóvenes). Sin duda, debido al enorme número de fuentes detectadas, GALEX dejará un legado muy importante y brindará las bases para futuras misiones UV.

En la actualidad sólo existe una misión espacial en proceso de construcción que continuará con el legado que han dejado las misiones anteriores, desde los cohetes V2. El *Observatorio Espacial Mundial* (WSO, por sus siglas en Inglés) es una iniciativa conformada originalmente por un consorcio de varios países. A la fecha, la Agencia Espacial Rusa (ROSCOSMOS) y la Universidad Complutense de Madrid, España, son las instituciones líderes del proyecto. Este telescopio será muy similar a IUE pero con una capacidad colectora casi 2 mil veces mayor. Al igual que sus predecesores, abordará prácticamente todos los tópicos de la astrofísica contemporánea, con el agregado que pretende también estudiar las atmósferas de muchos de los casi 2 mil planetas que se han descubierto fuera de nuestro sistema solar. México, a través de investigadores del INAOE, muy probablemente participará en la construcción de algunos componentes de este satélite y en consecuencia en la ciencia de punta que este instrumento generará. ☞

Omar López Cruz

Todos resplandecemos

Well, we all shine on

Like the moon and the stars and the sun

Yeah, we all shine on

C'mon and on and on, on, on

Pues, todos resplandecemos

Como la luna, las estrellas y el sol.

Sí, todos brillamos intensamente

Una y otra vez...

Instant Karma (Karma Instantáneo)
John Lennon (1940-1980)

En repetidas ocasiones los poetas han estado en lo cierto con respecto a la naturaleza del universo. El ex miembro de los Beatles John Lennon escribió la canción *Karma Instantáneo* en 1970; en el estribillo declara que todos resplandecemos, es decir emitimos rayos de luz. Lennon lanzaba un llamado a la humanidad a sacar lo mejor y a unirse a los movimientos pacifistas de esa época. Esta misma canción inspiró a Stephen King a escribir la novela *The Shining* (El Resplandor) que luego, filmada por Stanley Kubrick, y con el mismo título, se convertiría en un clásico del cine. Pero, ¿en realidad emitimos luz? ¿Y qué sabemos de la Luna y la Tierra? La respuesta breve la damos a continuación:

En el infrarrojo, tanto la Luna como la Tierra, junto con todos los animales, resplandecemos.

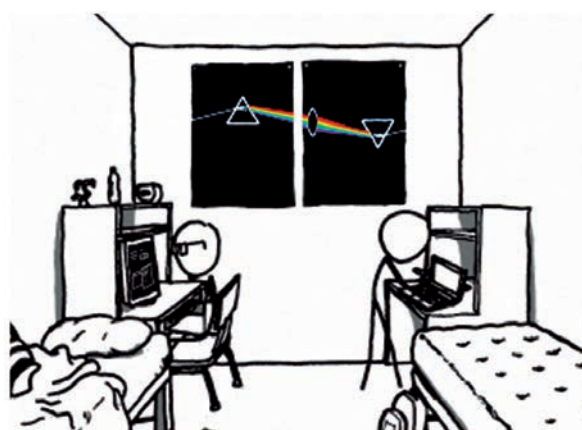
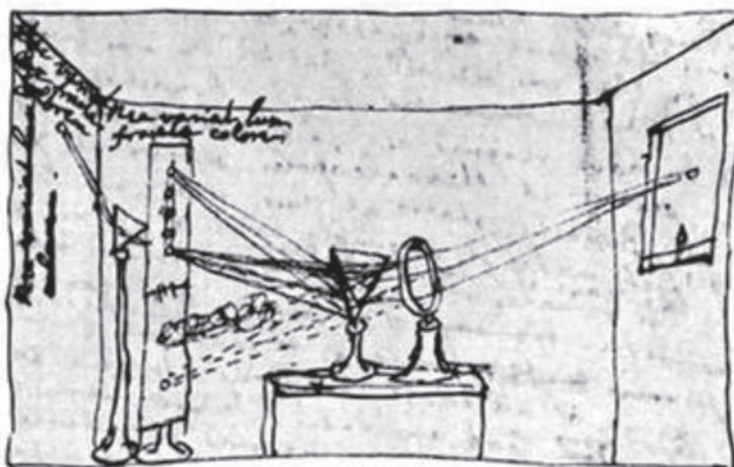
¿Y entonces, cuando en la primaria nos dicen que el Sol y las estrellas emiten luz propia, y que los planetas y los satélites “no tienen luz propia”, que solo reflejan la luz que reciben, de qué están hablando? Si nos restringimos a la luz que pueden detectar nuestros ojos, es cierto que solo las estrellas emiten luz propia. Pero nos estamos forzando a ignorar que la luz, entendida como radiación electromagnética, como declaró James Clerk Maxwell en el siglo XIX, cubre un rango de colores que va mucho más allá de la percepción de nuestros ojos.

La luz es un fenómeno fundamental de la naturaleza. Durante el siglo pasado Albert Einstein declaró que su velocidad debía ser una constante fundamental. Anclar la velocidad de la luz da sentido a la forma de medir la velocidad entre los observadores en otros marcos de referencia. Es decir, considerando observadores en reposo y otros moviéndose en trenes, aviones o cohetes, independientemente de la velocidad, todos los observadores medirán la misma velocidad de luz, 300 mil kilómetros por segundo (300 000 km/s). De no cumplirse esto, entonces el mundo no tendría sentido, según Einstein. Nos encontramos con cosas raras, si imponemos que la velocidad de la luz debe ser constante para todos los observadores, entonces tenemos que comprometer a las distancias y a los tiempos medidos por los diferentes observadores.

Fue Einstein, con su relatividad especial, quien nos dijo cómo se debe tratar a los diferentes observadores. En el libro de George Gamow titulado *Breviario del Sr. Tompkins*, se explica con el ejemplo de un ciclista pasando frente a un observador en la calle. Para hacer los efectos apreciables, Gamow consideró en un mundo donde la velocidad de luz era de 32 kilómetros por hora (32 km/h). Para el observador en la calle el ciclista parecerá comprimido en la dirección de movimiento; sin embargo, el reloj del ciclista marcha más lento con respecto al reloj del observador parado en la banqueta.

La luz, entendida como onda, debe acarrear energía. A principios del siglo XX, Max Planck declaró que la luz porta energía en paquetes discretos, a los que llamaremos fotones, y cuya energía es proporcional a la longitud de onda. Si lanzamos una piedra en una charca, donde el agua se mostraba en reposo, al caer la piedra genera una onda que se propaga en todas las direcciones sobre la superficie, formando círculos concéntricos. A la separación entre dichos círculos le llamaríamos la longitud de la onda.

En el caso de la luz, cuando la longitud de onda es más corta, le corresponde mayor energía, mientras que las más largas llevan menor energía. ¿Cómo sabemos de la longitud de onda de la luz? —La longitud de onda de la luz corresponde al color—, los colores se



• Bosquejo hecho por Newton alrededor de 1666 de su experimento con los dos prismas, donde demuestra que puede reconstruir la luz natural después de ser dispersada en sus colores componentes. La segunda imagen muestra el arreglo experimental de Newton, simplificado.

ordenan de manera natural en la secuencia en la que se presentan en el arco iris, el violeta tiene una menor longitud de onda que el índigo, siguiendo el orden: azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Si consideramos colores que no podemos ver, al tomar en cuenta longitudes de onda muy chicas, tan chicas como el tamaño de los átomos, entonces nos encontramos con los rayos X. En el otro extremo podemos considerar longitudes de onda del tamaño de las personas o más grandes, entonces nos encontramos con las ondas de radio. Llegar a esta conclusión no fue fácil; fue Heinrich Hertz quien, después de mucho esfuerzo, pudo diseñar un aparato que comprobó la predicción de Maxwell en 1887, demostrando que la luz es un fenómeno electromagnético y que se propaga en el vacío con la misma velocidad, independiente de la longitud de onda. La velocidad de luz es, pues, una constante universal, **c** es la letra que se apartó para denotarla.

Anteriormente Isaac Newton, en el siglo XVII, ya había hecho importantes descubrimientos sobre la naturaleza de la luz. Al hacer pasar luz del Sol a través de un prisma encontró que reproducía los colores del arco iris. El prisma desdobra la luz natural, que contiene todos los colores, en un continuo de colores cuyo orden está definido por la longitud de onda. El prisma funciona tomando ventaja del fenómeno conocido como refracción. Al pasar del aire al vidrio, la luz se “quebra”, es decir, cambia su dirección, el quiebre es proporcional a la longitud de onda, las longitudes de onda más largas muestran un “quebre” más pequeño. Si ponemos agua en un vaso de vidrio transparente y metemos una cuchara, ésta parece quebrarse.

Por esa misma razón, y por la estructura de la atmósfera, la naturaleza nos regala bellos atardeceres de color rojo-naranja. Newton demostró que enfocando el espectro de colores producido por un prisma, colocando un segundo prisma enfrente, reconstruía la luz natural. Sin embargo, al seleccionar una sección del espectro, aproximadamente un solo color, y colocar otro prisma, ya no podía obtener otros colores. Concluimos, entonces, que una vez descompuesta la luz natural, los colores son puros, tienen aproximadamente una sola longitud de onda.

En la actualidad encontramos láseres por todos lados, su luz es monocromática, tiene un solo color, esto es una sola longitud de onda. Si se hace pasar la luz de un láser por un prisma, no vemos los colores del arco iris, tal como Newton demostró hace más de 300 años.

En 1880 Herschel hizo un hallazgo sorprendente. Usó el mismo aparato que Newton para analizar la luz del sol, pero quería saber la temperatura de los colores. Para tal fin, colocó un termómetro en cada color y se dio cuenta que los colores más “calientes” eran el naranja y el rojo. Pero se sorprendió al notar que el termómetro se calentaba mucho más en una zona más allá del rojo, donde no se veía color alguno: sir William Herschel había descubierto el infrarrojo.

Infrarrojo quiere decir que está más abajo que el rojo, es luz de baja energía y nuestros ojos, como demostró Herschel, no la ven. Sin embargo, armados con un detector infrarrojo, tanto la Tierra como la Luna tienen luz propia. Claro que esto es resultado del calentamiento por el Sol, pero no es una simple reflexión de luz.

Los humanos emitimos copiosas cantidades de infrarrojo, es por eso que nos pueden ver con las cámaras infrarrojas. La imagen de más baja resolución en infrarrojo que nos ofrece la cultura pop, es la de Arnold Schwarzenegger en la película ochentera *Depredador*. Podemos decir ahora que para las longitudes de onda donde detectan nuestros ojos, somos opacos, pero en el infrarrojo somos luminosos.

Ahora reflexionemos un poco. Consideremos al universo, el cielo es negro, ¿Significa que el universo no emite luz propia? Vamos por partes. La temperatura del universo es de aproximadamente -270 grados Celsius, aunque cercana, no es exactamente el cero absoluto (-273 Celsius); por lo que debería emitir luz propia, detectable en longitudes de onda más largas que el infrarrojo. En efecto, los satélites COBE y WMAP han detectado dicha luz. A primera vista parece aburrida y simple, buscando con más detalle, el universo se nos muestra en todo su esplendor y nos brinda información sobre su origen. John Lennon tenía razón: todos resplandecemos, *like the moon and the stars and the sun.* ☺

Arturo Gómez-Ruiz

México abre sus ojos a la luz milimétrica: el GTM-Alfonso Serrano



• Effelsberg-100m, imagen tomada de <http://static.panoramio.com/photos/large/12710611.jpg>



• IRAM-30m, imagen tomada de https://c1.staticflickr.com/3/2827/8814170615_48c2d3b910_b.jpg



• GTM Alfonso Serrano. La fotografía es de Ángel Flores

LOS 30 AÑOS DE IRAM Y LA AMENAZA DEL GTM

En septiembre de 2009 se cumplía un año de mi arribo a Alemania como estudiante de doctorado del Instituto Max Planck de Radioastronomía (MPIfR) en Bonn. Ese mes estaba en la ciudad de Grenoble, Francia, con una comitiva de astrónomos del MPIfR. Asistíamos a la conferencia que celebraba los 30 años del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM), institución Franco-Germano-Española que ha dominado el estudio de la luz milimétrica proveniente del universo desde los años 1980 hasta épocas recientes, a través de dos observatorios: el telescopio milimétrico de 30m de diámetro (IRAM-30m) en España y el arreglo de seis telescopios milimétricos de 15m (IRAM-PdBI) en Francia. Presentes estaban directores de las instituciones socias, miembros de los ministerios de educación e investigación de los países socios y directores de instituciones de EEUU. En tres días de conferencia se hizo una reseña de los retos políticos, tecnológicos y científicos que se enfrentaron para la realización de dicho proyecto, además del impacto científico producido por los descubrimientos astronómicos en 30 años de operación. Al final de la conferencia el director de IRAM y su líder tecnológico bosquejaron el futuro del instituto a la luz de los nuevos megaproyectos de la astronomía mundial.

Entonces, en la sesión de preguntas levantó la mano quien fuera el coordinador de la construcción del IRAM-30m, Jacob Baars, quien informó de la inminente puesta en operación de un telescopio milimétrico de 50m de diámetro en una de las altas montañas de México, preguntando si IRAM estaba preparado para la competencia con este nuevo instrumento. Obviamente la respuesta fue un muy alemán SI. Esa fue una de las múltiples ocasiones en las que, como estudiante de doctorado, escuché mencionar al Gran Telescopio Milimétrico (GTM) en conferencias internacionales, pero quizá la más relevante por las personalidades presentes. El mensaje que me llevé a casa fue muy claro: los socios de IRAM mostraban preocupación pues el GTM amenazaba con terminar la hegemonía europea del cielo milimétrico.

LA GENEALOGÍA DEL GTM

El Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (en honor a su creador) es la herencia de 40 años de experiencia en construcción de radiotelescopios completamente móviles de gran tamaño y su árbol genealógico nos lleva al valle de Effelsberg, en el oeste de Alemania. Los alemanes empezaron tarde en el desarrollo de la radioastronomía, debido a las restricciones tecnológicas impuestas después de la segunda guerra mundial. Cuando estas restricciones fueron levantadas, una iniciativa del estado de Renania del Norte-Westfalia condujo al financiamiento de una radio antena de 25m de diámetro, bajo operación de la Universidad de Bonn. En 1962 el consejo de ciencia alemán sugirió la construcción de un radiotelescopio mayor para Alemania del Oeste. La universidad de Bonn propuso un radiotelescopio de 80m de diámetro, que consiguió financiamiento de la fundación Volkswagen y en cuyo diseño y construcción participaron las empresas Krupp y MAN. Estudios mostraron que un radiotelescopio de 100m era posible, bajo innovaciones que iban más allá de las técnicas clásicas de construcción. El sitio seleccionado para el telescopio fue el valle de Bad Münstereifel-Effelsberg. La primera luz del radiotelescopio Effelsberg-100m fue en 1971 y para su operación fue creado el MPIfR.

El telescopio y el nuevo instituto trajo de regreso a Alemania al profesor Peter Metzger como uno de los tres directores fundadores del MPIfR. Su estancia en EE UU le mostró que un nuevo campo para la astronomía eran las ondas milimétricas. Fue entonces natural para él la idea de un gran observatorio para luz milimétrica. Esto fue lo que eventualmente llevó a la fundación de IRAM. Con la experiencia de Effelsberg-100m, Krupp y MAN concibieron innovaciones

tecnológicas que hicieron posible una antena de 30m capaz de detectar ondas milimétricas. No es de extrañar que cuando el proyecto GTM fuera ideado a inicios de los años 1990's, científicos y tecnólogos que participaron en el diseño y construcción de Effelsberg-100m e IRAM-30m también ayudaran a definir lo que sería el GTM. En particular, el diseño final del GTM fue trabajo de MAN, empresa ahora llamada MT-Aerospace. El GTM es pues como el nieto en línea directa del radiotelescopio Effelsberg.

LOS ORÍGENES INVISIBLES DE LA MATERIA

Los objetos más fríos y más oscuros en el universo emiten la mayoría de su luz en ondas milimétricas. Estas ondas son invisibles al ojo humano y solo pueden ser captadas por antenas parecidas a las de telecomunicaciones (TV satelital, telefonía móvil, etcétera). Objetos fríos y oscuros en el universo existen en una gran variedad, pero tienen algo en común: están relacionados a los orígenes de las estructuras cósmicas a las más diversas escalas espaciales y temporales.

Las estrellas, que son como la unidad fundamental de la estructura de una galaxia, son formadas en nubes de gas y polvo a temperaturas cercanas al cero absoluto. Estas nubes moleculares también son las regiones donde se realizan las reacciones que incrementan la complejidad química que eventualmente lleva a la creación de moléculas complejas, que más tarde formarán la vida. Muchas de las moléculas fundamentales en la cadena que lleva a química prebiótica también emiten luz en ondas milimétricas. Las primeras galaxias en el universo temprano contenían también una gran cantidad de gas y polvo en forma de nubes moleculares, las cuales empezaron a formar las primeras estrellas del universo. Estas también, a temperaturas muy bajas, emiten su luz en los milímetros. Ahora bien, una vez formadas las estrellas, como remanente del proceso de formación, tendremos discos proto-planetarios, que en sus etapas más tempranas también emitirán la mayor parte de su luz en el milimétrico y sub-milimétrico. La luz mm/sub-mm revelará entonces la formación de planetas.

Un telescopio milimétrico como el GTM revela todos aquellos procesos de formación que los telescopios ópticos no pueden ver. El GTM es como una máquina del tiempo que nos permite ver los orígenes de las estrellas, galaxias, planetas y de la vida misma, de otra manera invisible a nuestros ojos.

EL NEONATO ABRE SUS OJOS POR PRIMERA VEZ

El GTM abrió sus ojos en 2011, después de casi 20 años de planeación y construcción, un hito en la historia de la ciencia mexicana. Con ello México ha abierto por vez primera sus ojos a luz milimétrica proveniente del universo. Localizado en la cima del volcán Sierra Negra, a 4 mil 600 msnm, es el telescopio milimétrico más grande del mundo. Siendo una colaboración binacional entre México (a través INAOE) y los EE UU (Universidad de Massachusetts), científicos de ambos países han empezado a escudriñar el cielo milimétrico desde México.

Los resultados de observaciones con el GTM han empezado a publicarse en revistas científicas especializadas. No debería ser sorpresa que estas primeras publicaciones versen sobre los objetos más distantes y fríos del universo: *galaxias mm/sub-mm*. Como buen hijo rebelde, una de estas publicaciones contradice un resultado de IRAM-30m. Más publicaciones se encuentran en camino, incluyendo el estudio de nubes moleculares en la Galaxia y discos proto-planetarios.

Como su abuelo, el GTM está haciendo que científicos regresen a su país natal (como yo mismo) para aprovechar esta infraestructura de clase mundial.☺

Omar López Cruz, Cynthia A. Lezama Fragoso y Celina N. Pinto Torres

El experimento Sci-HI: tras la búsqueda de las primeras estrellas en el Universo

Las islas han jugado un papel fundamental en el descubrimiento y comprensión de la evolución de los seres vivos. Los estudios de Charles Darwin y Alfred Russell Wallace durante el siglo XIX revelaron que la selección natural es el mecanismo detrás de la evolución de las especies. Las islas son consideradas las unidades mínimas en donde se puede observar a la evolución en acción. Darwin y Wallace entendieron que la evolución de las especies opera a través de variaciones y su relación con condiciones del medio ambiente. Las variaciones favorables sobreviven. En el siglo XX el naturalista Robert MacArthur y E. O. Wilson descubrieron que el número de especies que puede albergar una isla es proporcional a su área. Islas más grandes pueden sostener un mayor número de especies.

Sin embargo, ni Darwin ni Wallace se aventuraron a anticipar que el Universo mismo estaba evolucionando. Al adentrarnos en el siglo XXI, las islas adquieren un nueva relevancia en el papel de la evolución en su significado más amplio, al brindarnos condiciones únicas para la exploración del Universo cuando se formaron las primeras estrellas. El aislamiento y la lejanía de las islas nos brindan los cielos más oscuros, y a su vez nos brindan zonas radio silentes, donde no llegan las ondas de radio y televisión.

El modelo cosmológico basado en la teoría de la *Gran Explosión* o *Big Bang* es el paradigma que ha guiado para entender el origen y la evolución del universo. El Universo tiene su origen en un evento que demarcó la creación del espacio y el tiempo hace aproximadamente 13.7 mil millones de años. Todo el universo se encontraba confinado a una región casi puntual; la densidad y temperatura eran tan altas que escapan a nuestro entendimiento. Las leyes de la física que conocemos se rompen al tratar de llevarlas a una región donde hasta las dimensiones del espacio y el tiempo se confunden.

Tendría que pasar mucho tiempo para que pudiésemos reconocer a los primeros átomos. El *fondo de radiación cósmica* nos informa sobre las condiciones que tenía el universo al bajar su densidad lo suficiente para volverse transparente y dejar escapar a la luz por primera vez. Este suceso tan importante ocurrió 600 mil años después del *Big Bang* y durante este periodo la temperatura era de 3 mil 500 grados centígrados.

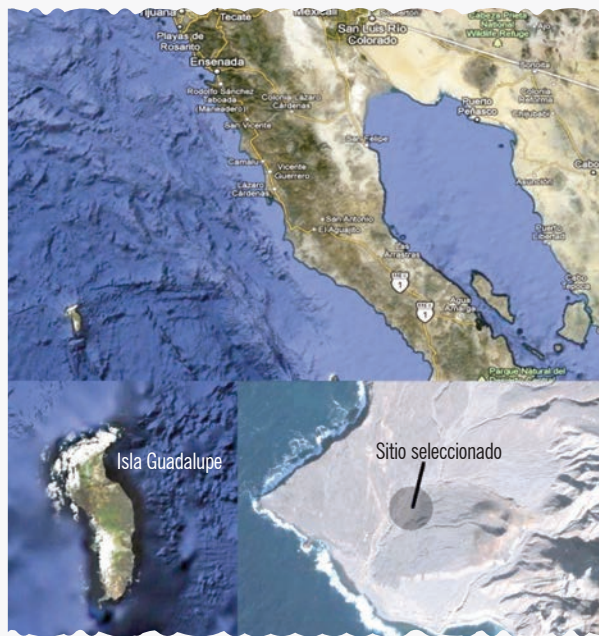
Por más de 300 millones de años el universo permaneció sumido en una *Edad Oscura*, un manto gaseoso compuesto de hidrógeno y helio lo cubría. Durante esta época se formaron las primeras estrellas. Se cree que eran muy calientes y que llegaban a tener más de 100 veces la masa del Sol. Aparentemente estos astros tendrían una vida muy corta, pero contribuirían dramáticamente al enriquecimiento químico del Universo, serían crisoles donde se generarían el resto de los elementos de la tabla periódica.

Los elementos más pesados que el hidrógeno, el helio y el litio, generados por esas primeras estrellas, permitieron la conformación de una segunda generación de estrellas. Es aquí cuando comienzan a formarse los primeros cúasares y galaxias. La luz de dichos objetos contribuyó para la ionización, es decir, el proceso mediante el cual interaccionan los fotones (partículas de luz) con los átomos. Si la energía de los fotones es suficiente, es posible la expulsión de uno o del total de los electrones ligados a dicho átomo del medio circundante.

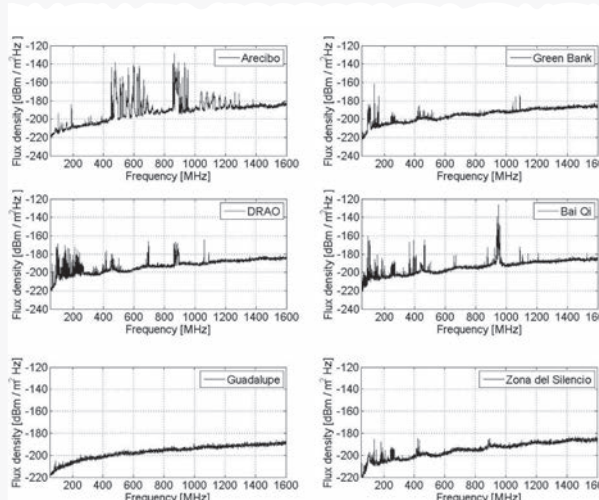
El ejemplo más sencillo es la ionización del átomo de hidrógeno, el átomo más simple. En su forma normal solo tiene un protón y un electrón. La luz ultravioleta puede ionizarlo, es decir le puede arrancar al electrón.

De 300 a 900 millones de años después del *Big Bang* el universo pasó por la *Época de la Reionización*, etapa de transición donde los procesos que —suponemos— tuvieron lugar, se encuentran bien caracterizados desde el punto de vista de la física.

Sin embargo, hasta el momento no existe observación alguna para comprobarlos. La forma más prometedora para explorar la *Época Oscura* es mediante la detección de la radiación que produce el átomo de hidrógeno. El hidrógeno neutro (HI) produce una emisión característica, conocida como la transición de 21 cm, por producirse en la longitud de onda de 21.1061 cm, lo cual equivale a 1420.4057 MHz en frecuencia. Dicha transición es común en nuestra galaxia y en otras galaxias ricas en HI.



• Se muestra la localización de la Isla Guadalupe (lat: 28° 58'24" N, long: 118° 18'4" O). También se muestra la ubicación del sitio seleccionado. Por ser la Isla Guadalupe una Reserva de la Biosfera, Sci-HI será retirada de la isla una vez terminadas las observaciones. Se está buscando la promoción de leyes para proteger a la Isla Guadalupe como zona radio-silente, este también es un recurso natural cada vez más escaso.



• El eje x representa la frecuencia y el eje y representa el logaritmo de cantidad de energía detectada por unidad de tiempo y unidad de área, a lo que llamamos flujo. Arecibo muestra fuerte emisión de telefonía celular, radio y televisión (200-100 MHz). La Isla Guadalupe presenta un espectro prácticamente limpio de la actividad humana, por lo tanto deseamos reportar que hemos descubierto en la Isla Guadalupe en el Pacífico Mexicano una de las mejores zonas radiosilentes del mundo.

La emisión del hidrógeno de 21 cm cae en el rango donde operan los teléfonos celulares, muy cerca de la longitud de onda de operación de los transmisores de Internet inalámbricos y los hornos de microondas. Sin embargo, si queremos detectar la emisión de 21 cm antes de la *Época Oscura* entonces tenemos que buscar en longitudes de onda más largas.

Debido a la expansión del Universo, la emisión de 21 cm ahora se debe de buscar a longitudes de onda mayores de 4 metros. En este rango operan la televisión y la radio de FM. Existen muy pocos lugares en la Tierra libres de la presencia de ondas radio o televisión, a tales lugares les llamaremos zonas radiosilentes.

Para la exploración de la *Época Oscura* es necesario buscar las mejores zonas radiosilentes. Hemos iniciado una exploración para identificar zonas libres de ondas de radio en el mundo. Cabe mencionar que en algunos países, como EEUU, Canadá, Australia y México se ha promovido legislación para proteger las zonas donde se concentran los radio telescopios. Sin embargo, ni siquiera esos lugares están fuera del alcance de las emisoras de radio y televisión.

En México iniciamos exploraciones en 2010, para establecer la colaboración a la que se ha denominado Sonda Cosmológica de las Isla Guadalupe para la detección de Hidrógeno Neutro (Sci-HI). La primera región explorada fue la Zona del Silencio, entre Coahuila, Chihuahua y Durango. Resultó alentador percatarnos de que la Zona del Silencio es mejor que el sitio del Observatorio Radio-Astronómico Nacional en Green Bank, EEUU. Al reconocer el potencial que ofrecían las islas del Pacífico Mexicano como zonas radiosilentes de alta calidad, decidimos explorar la Isla Guadalupe en junio de 2011.

Sci-HI dio con un gran hallazgo, la Isla Guadalupe presenta un espectro prácticamente limpio de ondas de radio artificiales y está casi libre de actividad humana, por lo tanto es una de las mejores zonas radiosilentes en el mundo.

Sci-HI es una colaboración internacional donde participan científicos de la Universidad Carnegie Mellon de EEUU, el Instituto Canadiense de Astrofísica Teórica y la Universidad de Bristol en el Reino Unido; mientras que por México participan investigadores del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, el Instituto de Astronomía de la UNAM, la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN, el Instituto de Investigaciones Nucleares, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. (GECI), la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe, con el apoyo de la Secretaría de Gobernación y la Secretaría de Marina.

La primera etapa del proyecto ya se completó al identificar el sitio ideal para colocar y operar el instrumento experimental para detectar la emisión de 21 cm al final de la *Época Oscura*. Estamos entrando a la etapa de diseño, construcción y caracterización de dicha sonda. En esta segunda etapa hemos probado dos prototipos para Sci-HI durante octubre de 2012 y mayo de 2013. La tercera y última etapa contempla la operación del experimento Sci-HI por tres años, obtención y análisis de los

datos. En 2014 publicamos resultados preliminares donde establecimos el primer límite superior para la detección de la formación de las primeras estrellas en el Universo.

Con este proyecto México se colocará a la vanguardia en la exploración del Universo en una de las etapas cruciales de su evolución. El proyecto Sci-HI contempla la formación de recursos humanos altamente calificados en cosmología e instrumentación desde nivel preuniversitario hasta posgrado.

Biólogos y ecólogos de GECI y de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe están colaborando con Sci-HI para causar el menor impacto posible sobre los ecosistemas insulares. De la misma forma con la que se conducen experimentos en Antártica, Sci-HI removerá todos los instrumentos, una vez terminado el experimento. A su vez, Sci-HI ha iniciado la promoción de legislación para conservación de la isla como zona radiosilente, puesto que este es un recurso natural cada vez más escaso. ☺

La astronomía es más que un deporte de alto rendimiento, es emoción y aventura:

Eugenio Ledezma

EUGENIO, ¿QUÉ TE MOTIVÓ PARA IR EN BUSCA DEL OBSERVATORIO DE SAN PEDRO MÁRTIR (SPM)?

Eso fue una especie de rompimiento. Siempre tuve escondido el gusanito de la curiosidad por la astronomía. Accidentalmente me enteré de que allá arriba (haciendo referencia a la Sierra de San Pedro Mártir) había un observatorio, en ese entonces nadie sabía dónde estaba así que luego de una buena aventura llegué al observatorio y me dije: de aquí soy.

Estoy seguro de que no superé la etapa de la infancia en la que te preguntas el porqué de las cosas, las preguntas existenciales acerca de ¿de dónde venimos?, ¿quiénes somos?, ¿para qué estamos aquí?, ¿en dónde estamos?

Estas preguntas que considero fundamentales me han llevado por los caminos de la ciencia, desde la química, pasando por la astronomía y la física, hasta las neurociencias.

... y bueno, ya en el observatorio me dirigí al entonces director del Instituto de Astronomía de la UNAM, Arcadio Poveda Ricalde, le eché mi rollo y me dio la chamba. La astronomía es una disciplina tan amplia que tiene cabida para todos, igual necesita ópticos, electrónicos, físicos, químicos, choferes, jardineros y cocineros. Mi primer trabajo en el observatorio de SPM fue operativo, fui chofer, encargado de los sistemas hidráulicos y de aire acondicionado del observatorio y almacenista.

ENTIENDO QUE CONOCES OTROS OBSERVATORIOS MEXICANOS, ¿CUÁLES? Y EN QUÉ HA CONSISTIDO TU TRABAJO?

Bueno, en SPM, a mi regreso de Arizona, fungí como secretario técnico del observatorio. Era el segundo de a bordo, mi labor estaba dirigida hacia la parte operativa del observatorio, desde que los vehículos estén seguros y a tiempo, se cuente con el personal adecuado, asegurar los recursos materiales y humanos que requería el observatorio y tener los insumos necesarios para las observaciones de los astrónomos.

En 1994 fui Delegado del INAOE en el Observatorio Astrofísico Guillermo Haro en Cananea (OAGH), Sonora. Allá, mi tarea principal consistió en que el observatorio se hiciera de 2 mil hectáreas de terreno porque estaba de “paraicadista” (ríe), en medio de ejidos. Cuando se construyó el observatorio, fue el gobierno de Sonora el que puso el terreno, sin embargo no se tenía ningún documento que avalara la propiedad de ese espacio. Fue en un conflicto con una empresa minera que iniciamos una lucha legal

A los 25 años tomó su motocicleta, se marchó de Mexicali y abandonó su pequeña empresa de productos químicos para ir en busca del Observatorio Astronómico de San Pedro Mártir en Baja California, México. Desde entonces ha trabajado en algunos de los Observatorios Astronómicos más importantes del país. La curiosidad y el espíritu aventurero guían el andar y el hacer de Eugenio Ledezma Rascón, ingeniero químico y maestro en instrumentación biomédica quien se desempeña en labores de ingeniería en la Dirección de Divulgación y Comunicación del INAOE; entre sus actividades colabora en la construcción de tráileres de la Ciencia —remolques que se expanden y transforman en una sala de experimentos con más de 60 actividades relacionadas con la ciencia, además de una biblioteca— que tienen como propósito la divulgación de temas de investigación científica moderna de manera sencilla y para el público en general. Recientemente se encuentra trabajando en la construcción de un telescopio —de diseño novedoso y didáctico— que será colocado en el INAOE próximamente.

por el reconocimiento del territorio del OAGH, allí también realicé trabajos de ingeniería, y estuve en la coordinación de distintos departamentos relacionados a las funciones operativas del observatorio.

SÉ QUE TAMBIÉN HAS COLABORADO CON EL OBSERVATORIO DEL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO...

El GTM es una máquina sumamente compleja, desde su ubicación territorial, por las condiciones climatológicas extremas y difíciles, y por propia constitución. Hoy el GTM es el radiotelescopio más grande del mundo con sus 32 metros de diámetro —y que llegará a los 50 metros. Mi participación en el GTM consistió en la cimentación del riel de giro acimutal y el ensamble e instalación de actuadores de esta potente máquina.

¿QUÉ OTROS CAMINOS DE LA CIENCIA HAS EXPLORADO?

Estando en el Observatorio de SPM tuve la necesidad de aprender más de electrónica y de cómo de medir el amor (ríe); como suelo distraerme fácilmente y eso me impide estudiar, necesitaba estar solo y viajar, así que pensé: ¿un lugar donde me paguen por viajar? Fui a los muelles de San Diego y Los Ángeles; en este último encontré un barco destarado que me llamó mucho la atención por ser el único que tenía macetitas, era un barco de la Marina mercante griega, donde el capitán y el jefe de máquinas viajaban con sus esposas, de ahí las macetas; ahí me dieron chance de trabajar por dos años, así que la náutica es uno de esos caminos.

También participé en la construcción del único satélite artificial construido en México con recurso humano mexicano, el UNAMSAT1. Este pequeño satélite contaba con una aplicación astronómica que tenía el propósito de cuantificar el número de meteoritos que llegan a la Tierra, fue además un experimento en comunicaciones.

¿QUÉ TE GUSTA DE TU TRABAJO EN EL INAOE?

Disfruto del ambiente multidisciplinario, convives y compartes actividades e investigaciones con ópticos, astrofísicos, electrónicos, computólogos y científicos espaciales, y de muchas disciplinas más; espacios como este son importantes y necesarios para el país y para la humanidad.

Detrás de la investigación hay una actividad compleja, loable y que requiere mucho esfuerzo intelectual y físico, eso es lo que motiva a la gran mayoría de los investigadores. En general, la ciencia como actividad humana provee de muchas emociones, una actividad de alto rendimiento, mayor que el de los deportes, compites por ser el primero en observar algo o ser el primero en observar lo mismo pero de otra forma.

Sin duda, afirma Eugenio, uno de los grandes aciertos de Guillermo Haro fue la creación del INAOE, se dio cuenta de que si no creamos nuestros propios instrumentos no puedes hacer astronomía.

¿QUÉ TEMÁTICA DE TRABAJO TE APASIONA EN ESTE MOMENTO?

Mi principal campo de investigación es conocerme a mí mismo; soy un ermitaño profesional. Tengo una

ermita en Chalco, estado de México, cercano al volcán Iztaccíhuatl, donde he pasado ocho años en meditación científica. La idea es que por medio de la meditación y otros ejercicios como los ayunos puedes lograr un estado de iluminación, a los que se les llaman estados inefables porque son totalmente desconocidos e indescriptibles; en este estado es posible percibir lo que no puedes con los sentidos. Esto es como el espectro electromagnético, con nuestro sentido de la vista solo alcanzamos a ver una fracción, siendo que el espectro es amplísimo.

Estando en SPM sentí gran curiosidad por el estudio de fenómenos paranormales, y sin vanagloriarme, puedo decir que me posiciono como uno de entre los cuatro mejores estudiosos en México en el tema, no charlatanes que de esos existen muchos; pero prácticamente no han nada en el país que los fenómenos paranormales científicamente.

¿QUÉ DEBEMOS ENTENDER POR FENÓMENOS PARANORMALES? Y ¿POR QUÉ TE INTERESA ESTUDIARLOS?

Los fenómenos paranormales son experiencias que tiene la gente por las cuales percibe información sin usar los sentidos normales, un ejemplo de esto es lo que se conoce como telepatía, las premoniciones y la clarividencia, éstas han existido en toda la historia de la humanidad. La psicokinesis es la trasmisión de energía de un tipo desconocido que produce fenómenos físicos. El único organismo científico que estudia estos fenómenos es la Parapsychological Association (www.parapsych.org).



Finalmente, dedicarse al estudio de estos fenómenos es prácticamente la muerte científica,

porque los que no se burlan de ti, te ven como irracional, como una persona no competente y pierdes prestigio solo porque decides estudiar fenómenos que no están en la corriente principal hacia la que se dirige la ciencia, y sin embargo es un riesgo que vale la pena correr.

Actualmente, los paradigmas científicos están cambiando ligeramente hacia el conocimiento de la *acción fantasmal a distancia*, una concepción que Einstein y otros científicos consideraron en su estudio de la mecánica cuántica. Ya se están haciendo experimentos en física, que en inglés se le llama *entanglement* y que en español se puede entender como “el enredo”, que permite concebir que existen cosas que todavía no sabemos.

¿QUÉ OPINIÓN TIENES DE LA ASTRONOMÍA QUE SE HACE EN MÉXICO?

La astronomía en México está como nuestra economía, como la educación, la salud, la seguridad y el fútbol. Nos falta mucho. Sin duda tenemos investigadores sobresalientes, como la doctora Silvia Torres-Peimbert, una destacada astrónoma mexicana que este año fue nombrada presidenta de la Unión Astronómica Internacional, un organismo que coordina la cooperación en la astronomía, pero necesitamos más, necesitamos un país con proyecto. ☞

Sergio Cortés Sánchez

Los angelopolitanos reprueban a Peña Nieto

La mayoría absoluta de ciudadanos residentes en el municipio de Puebla perciben que su situación económica actual es peor que la del año anterior, y la del año entrante la avizoren más degradante que la presente. No confía en que la economía se recupere como tampoco en la capacidad de Enrique Peña Nieto (EPN) para resolver los grandes problemas nacionales: no le creen, tampoco les inspira confianza y dudan de su honorabilidad y liderazgo.

De los tres últimos presidentes de la República, Enrique Peña Nieto es el peor valorado. En la mitad de su gestión, a Vicente Fox Quezada (VFQ) le desaprobó 43 por ciento de los ciudadanos; en 2009 a Felipe Calderón Hinojosa (FCH) lo desaprobó 51 por ciento y, a finales de septiembre del año en curso, a EPN lo desaprobó 82 por ciento de los ciudadanos del municipio de Puebla que disponen de teléfono fijo. La valoración de esas gestiones tiene el mismo comportamiento: en una escala del uno al diez, como la de la escuela, a VFQ lo aprobaron con 6.9 puntos en 2003; a FCH lo acreditaron por comparación con 6.3 puntos en 2009, mientras que a EPN lo reprobaron en 2015 con 4.7 puntos. Si la escala de valoración es en términos de muy buena, buena, mala o muy mala, VFQ registró 39 opiniones positivas por 25 negativas; FCH tuvo 35 positivas por 26 negativas y EPN es el único con 14 valoraciones positivas por 59 negativas, estos registros fueron realizados a mitad de la gestión presidencial y siempre con el mismo instrumento y aplicados de la misma forma (teléfono) y por la misma empresa (*La Jornada de Oriente*).

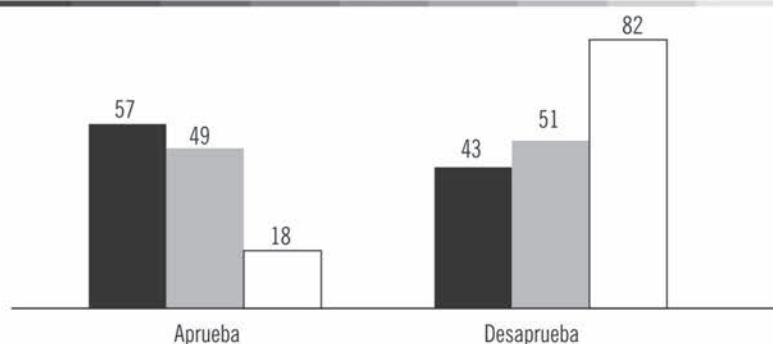
Los ciudadanos del municipio de Puebla que disponen de teléfono residencial no suelen ser muy generosos con la institución presidencial, por lo general son un poco distantes cuando lo prometido es incumplido, hay manifiesta incapacidad para conducir el timón y hay notable evidencia de corrupción, negligencia y complicidad del ejecutivo federal. A mitad de su gestión, 61 por ciento de los ciudadanos tenía poca o ninguna confianza en VFQ, 71 por ciento de los ciudadanos desconfiaba de FCH, y 93 por ciento de los ciudadanos tienen poca o ninguna confianza en EPN. El descrédito de la institución presidencial no fue revertido por el masivo reparto de televisores digitales ni por el falso duelo compartido con los familiares de los estudiantes desaparecidos y asesinados de Ayotzinapa. La gestión presidencial prende de alfileres y EPN cree que está en la cima del liderazgo: ya ofreció puntal combate al neopopulismo pero ninguna rectificación a su estrategia ni a las políticas públicas, sigue en picada.

Los mensajes a la nación del Ejecutivo presidencial no tienen credibilidad; las imágenes del México próspero, garante de la seguridad, la democracia, la transparencia y de los derechos humanos no es compartida por los ciudadanos del municipio de Puebla: ocho de cada diez ciudadanos considera que la administración de EPN es ineficiente para atender las tareas propias del cargo; siete de cada diez está convencido que EPN no posee las cualidades deseadas de un mandatario (honorabilidad, credibilidad, liderazgo, cercanía con la gente, tolerancia y capacidad); ocho de cada diez ciudadanos estima que no apoya a los grupos vulnerables, y 56 por ciento de los ciudadanos cree que la relación de EPN con los otros poderes de la Unión y con los otros niveles del Poder Ejecutivo es mala.

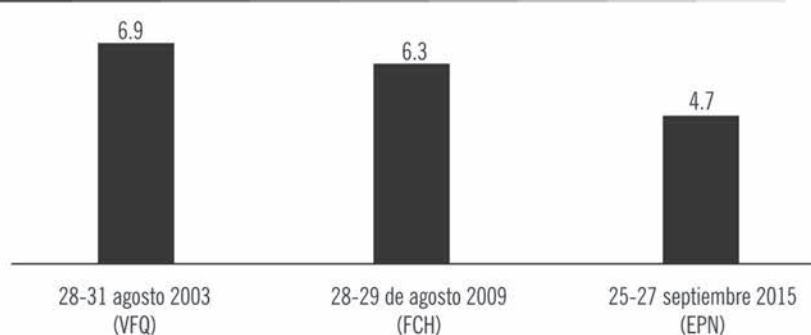
A mitad de su gestión, 64 por ciento de los ciudadanos del municipio de Puebla creía poco o nada en los mensajes de VFQ; 58 por ciento dijo lo mismo de FCH en 2009; a fines de septiembre de este año, 85 por ciento de los ciudadanos le creían poco

o nada a EPN cuando da sus mensajes. No es descartable que la deslegitimidad de EPN se traduzca en un retiro del cargo, ya no le sirve ni a sus patrocinadores, en cuyo nombre ha ejecutado los macroproyectos y las macroreformas concomitantes. *es*

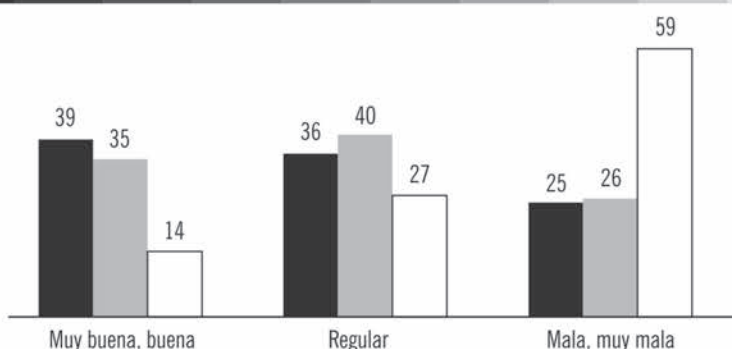
¿Usted aprueba o desaprueba la forma en que gobierna el presidente de la República?



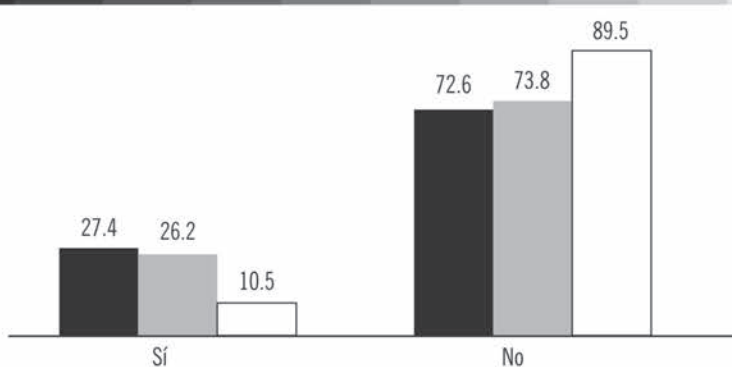
En una escala del uno al 10, como en la escuela, ¿qué calificación le da al presidente de la República?



En términos de buena o mala, ¿qué opinión tiene de la gestión del presidente de la República?



¿Cree que el presidente de la República enfrenta adecuadamente ese problema?



28-31 agosto 2003 (VFQ)

28-29 de agosto 2009 (FCH)

25-27 septiembre 2015 (EPN)

Metodología. Encuestas telefónicas aplicadas a ciudadanos residentes en el municipio de Puebla; grado de confianza del 95 por ciento. Al azar se seleccionaron páginas del Directorio Telefónico del Municipio de Puebla del año de aplicación del cuestionario, y del mismo modo una columna; de manera sistemática se seleccionaron los números de teléfono. Las encuestas fueron diseñadas, ejecutadas y financiadas por el Diario *La Jornada de Oriente*.

Tamaño muestra	395	403	245
Error % +/-	4.3	4.9	6.3
Fecha aplicación	28-31 agosto 2003 (VFQ)	28-29 agosto 2009 (FCH)	25-27 septiembre 2015 (EPN)

sercorsan@hotmail.com ✉

Julio Glockner

Notas sobre algunos cielos antiguos



• Tlalocan, paraíso do deus da chuva, por Raul Lisboa, en www.flickr.com

Me gustaría comentar la diferencia que existe en las representaciones que del cielo tienen, por un lado, el hombre común de la ciudad moderna y por otro el hombre del campo, el agricultor que trabaja tierras de temporal y que espera el arribo de buenas lluvias año con año.

El hombre moderno, lo sabemos por experiencia propia, es el heredero de la revolución copernicana, que descentralizó la tierra para colocarla como un planeta más girando en tono a una estrella, en un pequeño sistema gravitacional que es una ínfima partícula en una galaxia que se pierde entre miles y millones de otras galaxias en el oscuro silencio del espacio infinito. Sabemos que el azul del cielo diurno es una luminosidad que le proporciona vida a la tierra y que oculta temporalmente, como un parpadeo cotidiano, nuestra verdadera condición, que consiste en vivir en la intemperie cósmica, sin un dios que vea por nosotros. Cuando ocasionalmente alzamos lo ojos al cielo desde el cerco de nuestras ciudades es porque queremos adivinar si la lluvia puede interrumpir nuestras actividades, o porque atrae nuestra atención una hermosa luna llena y le echamos un vistazo por la ventanilla del auto. Eso es todo, vivimos bajo un cielo vacío que poco o nada tiene que decirnos.

No sucede lo mismo en las sociedades tradicionales, cuya cosmovisión se desarrolla hasta nuestros días con plena vitalidad. Por sociedad tradicional entiendo aquellas que ordenan su vida o parte de ella en torno a la noción de lo sagrado. La imagen que en estas culturas se tiene es la de un cielo poblado de fuerzas espirituales que actúan sobre el mundo humano para bien y para mal. De acuerdo a la configuración cultural y al momento histórico al que hagamos referencia el cielo puede estar poblado por serpientes cósmicas, vírgenes apocalípticas y santos, seres malignos o angelicales que responden como un ejército a las órdenes de poderosas deidades, o a oraciones de hombres piadosos y hechiceros. Un cielo que abriga la existencia humana si se sabe mantener una relación armónica con sus habitantes, satisfaciendo sus mandatos. Un cielo protector que ha sido concebido también como destino final de la vida en la tierra.

EL CIELO NAHUA

Distintas fuentes nos informan de una cantidad variable de cielos entre los antiguos nahuas; pueden ser 9, 12, o 13. En el *Códice Vaticano 3738* se mencionan doce cielos dibujados en doce estratos habitados por distintas deidades: En el más cercano a la tierra se movía la luna y se encontraba el Tlalocan; en el segundo se hallaba la diosa Citlallicue, “La de la falda de estrellas”, que representaba la Vía Láctea; en el tercero Tonatiuh, el sol; el cuarto se llamaba Huixtlián, era el lugar de la sal habitado por la estrella de la tarde; el quinto se llamaba ilhuicatl mamalhuaztli, que refiere la acción de encender fuego con dos instrumentos de madera. En este cielo aparecían los cometas; el sexto era el cielo negro de la noche, yayauhco, el séptimo el cielo azul que se ve de día, xoxouhco; el octavo era el cielo de las tempestades y estaba formado por lajas de obsidiana, itzpannanazcayan; estos ocho primeros son los cielos inferiores que están más cerca de los humanos, los cuatro que les siguen en altitud formaban el teotocan, el lugar de los dioses: el noveno se llamaba teoiztac, donde está el blanco sagrado; el décimo, teocozauhco, donde está el amarillo sagrado; el décimo primero, teotlatlahco, donde está el dios rojo; y el décimo segundo, omeyocan, donde se gesta la dualidad sagrada¹ que permite la existencia y el funcionamiento del universo.

Podemos decir que estos cielos formaban una especie de amnios cósmico, un cielo protector habitado por entidades sobrehumanas constituidas por una doble naturaleza: eran materiales y espirituales a la vez.

EL CIELO MEDIEVAL

Entre los nahuas del altiplano central, como en el resto de Mesoamérica, ocurrió lo que atinadamente observó María Montoliu entre los mayas, un sincretismo celestial entre las representaciones metafísicas de los indios americanos y los colonizadores europeos. Siguiendo a Platón, Tolomeo colocó la Tierra en el centro del universo y sobre ella hizo girar varias esferas concéntricas que de esta manera formaban distintas capas de cielos por los que

circulaban los planetas y los astros: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno, en seguida un cielo estrellado y después otro, el noveno, una esfera cristalina que giraba con los cuerpos celestes fijos, al final del cual se encontraba el cielo empíreo, donde según el pensamiento medieval cristiano, se ubicaba el Paraíso. En ese noveno cielo se hallaba la jerarquía celestial de ángeles, arcángeles, principados, potestades, virtudes, dominaciones, tronos, querubines y serafines. “El esquema cósmico de Tolomeo —dice Montoliu— era ideal para dar realidad a la existencia de este lugar divino donde los ángeles y los santos gozaban de la presencia de Dios”.² La representación más completa de esta concepción del cosmos medieval es la que ofrece el Dante en los cantos que forman el Paraíso de la Divina Comedia.³ La fusión de estas dos cosmovisiones, aquí excesivamente esquematizadas, ocurrió a través de largos y complejos procesos históricos hasta desembocar en nuestros días en las diversas formas de concebir el cosmos, y la ritualidad que les corresponde, que registra la etnografía moderna. Se trata de cosmovisiones que no están exentas de una axiología cuya escala de valores desempeña un papel fundamental para preservar tanto la armonía cósmica, como el equilibrio meteorológico, la convivencia social y la salud de las personas.

Veamos un momento clave en la historia del encuentro de estas dos cosmovisiones.

En las primeras conversaciones teológicas que los 12 franciscanos, enviados por la Corona española, realizaron con gobernantes indígenas, a las que fray Gerónimo de Mendieta se refiere como “ciertas pláticas”, que fueron transcritas en un náhuatl rústico y más tarde revisadas, pulidas y ampliadas por fray Bernardino de Sahagún, dando lugar al texto que hoy conocemos como *Coloquios y doctrina cristiana*⁴, queda asentado el carácter satánico que desde entonces se atribuye a las deidades mesoamericanas y que en muchos casos se prolonga hasta nuestros días. La intención de estos diálogos evangelizadores consistía en revelar a los gobernantes indígenas los principios de la religión cristiana para hacerles ver el error en el que habían

13

vivido hasta ese momento, adorando a un sinnúmero de deidades con las que el Maligno los había engañado. En el capítulo IV de estos coloquios, los frailes cristianos hacen un razonamiento que cuestiona el poder de las deidades de sus interlocutores, pues a su juicio, sólo engaños, burlas y calamidades es lo que envían los falsos dioses a los hombres que les rinden culto mediante sacrificios humanos, o bien, perdiendo la razón y el buen juicio, los insultan y denigran. En suma, la imagen que nos ofrecen de la religión antigua es la de una relación perversa entre un conjunto de supuestas deidades, que no son otra cosa que desdoblamiento del Demonio, y una sociedad que no ha podido librarse de la astucia de Satanás y vive sometida a sus exigencias.

En la defensa que los gobernantes indígenas hacen de sus dioses destacan el hecho de que sus antepasados los tenían por verdaderos y explican que en eso consistía la norma que regía sus vidas y que de ellos aprendieron a reverenciarlos y rendirles culto:

*Decían nuestros ancestros que ellos [los dioses] nos dan nuestro sustento, nuestro alimento, todo cuanto se bebe, se come, lo que es nuestra carne, el maíz, el frijol, los bledos, la chí. Ellos son a quienes pedimos el agua, la lluvia, por las que se producen las cosas de la tierra. Ellos mismos son ricos, son felices, poseen las cosas, son dueños de ellas, de tal suerte que siempre, por siempre, hay germinación, hay verdor en su casa. ¿Dónde? ¿Cómo? En Tlalocan, nunca hay allí hambre, no hay enfermedad ni pobreza.*⁵

Es notable cómo el argumento en defensa de sus deidades se sustenta en la reafirmación del valor y la veracidad de su propia tradición. Olvidar a sus dioses, traicionarlos, equivale a olvidar y traicionar a sus antepasados familiares y culturales. Pero además esa tradición enseña algo fundamental: los dioses son fuerzas cósmicas que permiten el mantenimiento de los humanos y la vida toda en la tierra. Esa fuerza divina, generosa y feliz, es inagotable, vuelve cíclicamente, año con año, y hombres y mujeres deben corresponder ritualmente a esa magnificencia dadora de vida y bienestar. A esa tradición se refieren los campesinos actuales cuando hablan de “la costumbre”.

El combate al paganismo en el Viejo Mundo había durado siglos enteros y los frailes eran herederos de una sólida argumentación que se concibe a sí misma como *La Verdad*. De manera que los argumentos que exponen los gobernantes nahuas a los clérigos cristianos no les son extraños, son una variante más del engaño diabólico. Miran con compasión a sus interlocutores, los comprenden en su “ignorancia”, saben que han sido engañados por el Maligno y están dispuestos a enmendar, por su propio bien, el fatal error en el que han persistido durante tanto tiempo. Esa fuerza genésica inagotable, dadora de vida, a la que aluden los gobernantes indígenas, sólo puede ser propiciada por un ser supremo: el Dios cristiano. Ellos lo saben, pero saben también quién falsea esta verdad: Lucifer. Lo saben porque son los depositarios de La Verdad que contiene el Libro Divino, La Biblia, la palabra sagrada del Dios cristiano. La única verdad revelada a los humanos reside en la letra escrita, en el texto de los evangelios. De este modo Dios y el alfabeto latino, tomados de la mano, comenzaron a abrirse paso en la mentalidad indígena del Nuevo Mundo.

Lo que pretende el discurso judeocristiano es la correcta identificación del poder sobrenatural. La disertación cristiana encuentra en este punto su

propósito central al revelar a sus escuchas La Verdad que ignoran: que esa fuerza cósmica que hace posible la vida, no está conformada por una multitud de dioses, sino por un solo Dios Verdadero. Dicen los frailes: “Y todo lo que es sabiduría, en los cielos y en la tierra, todo, él a otros comunica, la palabra divina que nosotros guardamos, él nos la entregó. Toda la palabra divina en el libro divino está escrita”.⁶ Es decir, la buena nueva que traen los frailes a las tierras recién conquistadas es que son ellos los depositarios de La Única Verdad.

Cuando Dios decidió hacer el mundo —explicaban los franciscanos— primero hizo su palacio, su casa real, muy admirable, muy resplandeciente, muy espaciosa, y allí quedaron reunidas toda suerte de riquezas, de deleites, y se llamó ese lugar Cielo Empíreo. No es visible, no podemos verlo nosotros, está muy por encima. Y luego hizo a los que no pueden contarse, sus príncipes, los de su reino, allá en su casa real, a los llamados ángeles. No puede decirse cuán maravillosos eran, resplandecían, eran buenos, y muy fuertes y muy sabios. Nosotros no podemos verlos, porque no tienen carne como nosotros, su nombre es espíritu.

Hasta este punto podemos reconocer un paralelismo, cierto juego de analogías y semejanzas con el Tlalocan, lugar de deleites habitado por deidades generosas que procuraban la vida y el bienestar entre los humanos. Hasta que entra en escena Lucifer:

Pero uno de ellos —continúan los clérigos— el que era mayor, que estaba al frente de los otros, que los sobrepasaba en hermosura, en fuerza y sabiduría, al ver que sobrepasaba a los otros ángeles, se estimó en mucho, no tuvo medida y quiso aun ser más. Dijo: Yo seré igual a Dios que está por encima de todo. Y muchos se pusieron de su lado. Lo honraron, vieron bien su palabra, lo hicieron su señor.

En seguida explican cómo otro gran ángel, San Miguel, les hizo la guerra al frente de un poderoso ejército celestial fortalecido por Dios, el dador de la vida, y cómo logró expulsarlos del cielo empíreo y fueron arrojados “a donde por siempre existe la noche, al lugar donde se recibe tormento”. Al verse expulsados del cielo surgió la envidia entre los demonios, una envidia transformada en odio hacia las criaturas humanas. Cierta día Lucifer convocó a los demonios para hacerles ver que al ser echados del Empíreo se les menospreciaba, que entonces era necesario hacer la guerra a las criaturas de Dios y de modo muy especial a los hombres en la tierra: “Es necesario que los desatinemos, para que no conozcan a aquél que es su hacedor”.

Es decir, los ángeles comparten con los demonios su condición espiritual, sobrenatural, pero los distingue su vocación hacia el bien o el mal y las alianzas con San Miguel o Lucifer que de ahí se derivan. La difundida y persistente creencia en demonios entre la población fue utilizada para reforzar la idea cristiana de que Satanás y los suyos trabajaban activamente en busca de la destrucción y captura de las almas.⁷ Fue este el núcleo de la valoración que se hizo de la cosmovisión mesoamericana y desde ahí se juzgaron las creencias y prácticas rituales de los pueblos recién conquistados.

El cristianismo instauró una división cosmogónica separando el bien del mal, al tiempo que su dios se retiraba del mundo y de los asuntos humanos para, desde el Reino de los Cielos, presidir la marcha del universo entero y juzgar las acciones humanas al final de los tiempos. Un dios distante que permitía el libre albedrío para, posteriormente, salvar o condenar. La cosmogonía mesoamericana

se ubica justo en el extremo opuesto. Las deidades no son exclusivamente buenas o malas, ni el bien y el mal son los criterios supremos de valoración de su presencia y actuación en el mundo y en los asuntos humanos. Las deidades mesoamericanas tampoco se han retirado del mundo, todo lo contrario, son el mundo mismo en sus múltiples manifestaciones. El mito de creación referido en la *Historia de México*, así nos lo hace saber cuándo relata que sobre las aguas primigenias, que no se sabe quién creó, caminaba la diosa Tlaltecuhli, “la cual estaba llena por todas las coyunturas de ojos y de bocas, con las que mordía como bestia salvaje”. Al verla, los dioses creadores Quetzalcóatl y Tezcatlipoca dijeron: “Es menester hacer la tierra”. Entonces se transformaron en dos grandes serpientes. Uno la tomó de la mano derecha y el pie izquierdo y el otro de la mano izquierda y el pie derecho y jalaban con tal fuerza que rompieron su cuerpo por la mitad: “del medio a las espaldas hicieron la tierra y la otra mitad la subieron al cielo”. Para consolarla todos los dioses descendieron y ordenaron que de ella salieran todos los frutos necesarios para la vida del hombre. Fue así que de sus cabellos brotaron árboles y flores y yerbas; de su piel la yerba y las flores más delicadas; de sus ojos los pozos y las fuentes y las pequeñas cuevas; de su boca las cavernas grandes; de la nariz las montañas y los valles.⁸

Lo que este mito revela es la sacralidad del mundo mismo. La condición divina de la naturaleza y de los seres que la habitan reside en ella misma porque su existencia proviene del cuerpo mismo de los dioses, y los hombres comulgan con ellos al alimentarse. Con toda razón decía Antonin Artaud que los dioses de México no han perdido jamás contacto con la fuerza, pues eran y son en sí mismos fuerzas naturales en actividad. Dios no es aquí un ser abstracto, invisible e intangible, que está allá en el cielo, observando y juzgando los actos desde un trono concebido por la mentalidad medieval. Dios está aquí, en todo lo perceptible con los sentidos, incluyendo el propio cuerpo que percibe. Dios está a la vista y al alcance de la mano multiplicado en la infinidad de formas cambiantes que tiene el mundo, desde el rocío del amanecer hasta los macizos montañosos que se alzan en el horizonte. ☞

julioglockner@yahoo.com.mx ✉

1 González, 1991, p. 37 y Robelo, 1982, p. 77.

2 Montoliu, 1987, p. 141, 142.

3 Alighieri, 1976, p. 383.

4 Sahagún, 2009.

5 Sahagún, 2009, pp. 111, 112.

6 Ibid, p. 127, 128.

7 Webster, 1988: p. 135.

8 Teogonía, 1985: p. 108.

Bibliografía

Alighieri Dante (1976) *La divina comedia*, Editorial del Valle de México.

González, Yólotl (1991) *Diccionario de mitología y religión de Mesoamérica*, Ediciones Larousse, México.

Montoliu María (1987) “Conceptos sobre la forma de los cielos entre los mayas”, *Historia de la religión en Mesoamérica y áreas afines*, I Coloquio, Barbro Dahlgren, editora, UNAM, México.

Robelo, Cecilio (1982) *Diccionario de mitología nahua*, Biblioteca Porrúa N° 79, México.

Sahagún, Fray Bernardino (2009) *¿Nuestros dioses han muerto?* Introducción, paleografía, versión del náhuatl y notas de Miguel León Portilla, Jus-Gandhi, México.

Teogonía e Historia de los Mexicanos (1985) *Tres opúsculos del siglo XVI*, Porrúa, Sepancuantos N° 37, México.

Webster, Charles (1988) *De Paracelso a Newton*. La magia en la creación de la ciencia moderna, Breviarios del FCE, N° 452, México.

José Gabriel Ávila-Rivera

El engaño de la medicina cuántica

El diámetro del átomo de Carbono es $d = 1,54 \text{ \AA}$. Calcular el número de átomos de Carbono yuxtapuestos que cubrirían la distancia de 1 mm lineal; la superficie de 1 mm^2 y el volumen de 1 mm^3 .

Este es el primer ejercicio, del primer capítulo del libro *Fisicoquímica Fisiológica*, de los catedráticos españoles Jiménez-Vargas y Macarulla, que llevé en el primer año en que estudié la carrera de medicina y cuyas prácticas recuerdo con particular emoción. En ese entonces, la petulancia por haber ingresado a la Universidad, se ensombreció con esa sorpresa de tener que aprender cuestiones elementales del átomo, lo que le imprimía un carácter complejo a mis inicios de estudios superiores.

Llegué a especular con toda sinceridad que aprender esa materia no me iba a servir a la larga en lo absoluto. Si se piensa en medicina, se evoca de inmediato la imagen de un enfermo, que debe curarse con medicamentos, cuyas fórmulas atómicas no se deben tener presentes al escribir una receta. Por otro lado, en general se imagina que al estudiar una carrera universitaria orientada a las ciencias biológicas, lo va a mantener a uno alejado de las matemáticas, la física o la química, situación contraria totalmente a la realidad. Tengo a la mano el amarillento libro y por más que he buscado los apuntes de esos ejercicios, están más perdidos que los pergaminos de la biblioteca de Alejandría.

Si deseamos acercarnos al conocimiento del cuerpo humano y su función, debemos analizar los conceptos de tejidos, moléculas y átomos, para estructurar mentalmente la Biología Molecular. Aunque esta área de la ciencia está en constante cambio, sus bases son suficientes para vislumbrar un panorama coherente con la dinámica de la vida.

Hablando del átomo y las partículas elementales, tenemos que imaginar lo que sucede al nivel más básico de la materia. Los electrones forman una verdadera nube en la que se encuentran girando a una velocidad cercana a la de la luz alrededor del núcleo. Es tal la rapidez, que es imposible determinar con precisión, su posición y su movimiento. En términos matemáticos, mientras más aspiremos a conocer la masa y la velocidad de un electrón, menos conoceremos su colocación ni su momento lineal. Esto condicionó una teoría que planteó el físico alemán Werner Karl Heisenberg (1901-1976), llamada Principio de Incertidumbre. En este punto se esboza la Mecánica Cuántica, en la que se hace un bosquejo orientado a averiguar, determinaciones energéticas que no se pueden explicar a través de la física que conocemos y que percibimos.

Pero si bien no es factible definir en dónde se encuentra un electrón en un momento fijo, se puede saber cuál es la probabilidad de encontrarlo en una determinada región. El físico austriaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887-1961) estableció una serie de cálculos, desarrollando finalmente la Ecuación de Onda de Schrödinger, por la cual fue merecedor al Premio Nobel de Física en 1933.



• Imagen tomada de <https://laticotilla.files.wordpress.com/2015/01/sanacic3b3n-ii.jpg>

EVIDENTEMENTE ESTO ES COMPLEJO
Y SE DEBE ENTENDER QUE LA MEDICINA CUÁNTICA ES
UN ABSURDO, PUES ES IMPOSIBLE ALTERAR O MODIFICAR
LAS CARACTERÍSTICAS CUÁNTICAS DE LOS ÁTOMOS.
EL HECHO DE QUE ALGUNAS PERSONAS
SIENTAN UN BENEFICIO CON SU APLICACIÓN
NO IMPLICA UN PROVECHO REAL,
SINO UN EFECTO DENOMINADO PLACEBO

En el libro de Jiménez-Vargas y Macarulla, se explica que (cito textual) “el cuadrado de la función de onda (ψ^2) determina la probabilidad de encontrar un electrón en un punto dado o dicho en otras palabras, considerando un tiempo fijo, por ejemplo 100 s , esta función (ψ^2) nos indica la fracción de tiempo en el cual el electrón está en este punto” (para cualquier duda con respecto a estos conceptos, consulte a su físico). El resultado de esta ecuación marca los números cuánticos, que señalan las características del giro de los electrones alrededor del núcleo y sobre sí mismos.

Pero esto no es todo. Faltaría mencionar la “excentricidad de la órbita electrónica” denominada número cuántico azimutal, los subpisos o subniveles, el número cuántico magnético, el número cuántico de spin, los orbitales y el Principio de Exclusión de Pauli, en la que el físico Wolfgang Ernst Pauli (1900-1958) afirmó que no pueden existir dos o más electrones con los números cuánticos iguales, por lo que recibió en 1945, el Premio Nobel de Física.

Evidentemente esto es complejo y se debe entender que la medicina cuántica es un absurdo, pues es imposible alterar o modificar las características cuánticas de los átomos. El hecho de que algunas personas sientan un beneficio con su aplicación no implica un provecho real, sino un efecto denominado placebo, que se valora en toda la investigación biomédica y que se refiere a la percepción de mejoría, cuando se toma una sustancia inerte y sin efectos positivos o negativos en un organismo vivo.

La ignorancia es patrimonio de la humanidad. Aceptarlo es necesario pues todos lo somos de una forma u otra. Pero también si somos realistas, constituye un motivo de constante responsabilidad, buscar salir de la ignorancia a través de cualquier mecanismo, lo que implica experimentar, observar, estudiar y valorar intuitivamente nuestro entorno. Para esto no se necesita ser letrado, tampoco tener un grado universitario ni mucho menos, ser físico, matemático, médico o biólogo.

Por último, ahora comprendo la importancia de haber estudiado la fisicoquímica, pues con un recuerdo vago de esas materias, puedo afirmar con toda la contundencia que los médicos cuánticos engañan y si

bien esto no es algo necesariamente malo (los seres humanos somos mentirosos en potencia), el problema es cuando timan, estafan, defraudan o lo peor, ilusionan con falsas curaciones.

Tal vez quienes se dedican a esto podrían calificar mi aseveración como algo demasiado agresivo; pero para salir de mi ineptitud, debo retar a cualquier médico cuántico a que me explique, en una forma práctica y sencilla, el Principio de Incertidumbre de Heisenberg, la Ecuación de Onda de Schrödinger y el Principio de Exclusión de Pauli, como mínimo. Bajo esto podríamos hablar desde el punto de vista médico, utilizando el mismo lenguaje.✉

Biografía de la física

Alberto Cordero

Electromagnetismo.- Aunque los primeros investigadores de los fenómenos eléctricos y magnéticos tuvieron que presentir que había alguna relación entre ellos, no pudieron establecerla. Las cargas eléctricas no influyen en absoluto sobre los imanes, ni los imanes influyen sobre las cargas eléctricas. El honor de haber descubierto el puente entre la electricidad y el magnetismo corresponde al físico danés Hans Christian Oersted que, habiendo oído hablar de la obra de Volta, construyó una pila (batería) eléctrica de su propia invención y efectuó diversos experimentos con ella. Un día del año 1820, cuando se dirigía a dar su lección en la Universidad de Copenhague, Oersted, tuvo una idea. Si la electricidad estática no afecta a los imanes, tampoco la electricidad (cargas en movimiento) debería afectarlos. Al llegar al aula atestada de jóvenes estudiantes, Oersted colocó en la mesa su pila de Volta, conectó los dos extremos opuestos con un alambre de platino (ubicado a lo largo de la mesa) y situó una brújula por abajo del alambre. La aguja que se suponía que siempre se orientaba en la dirección Norte-Sur giró y se quedó quieta en dirección perpendicular al alambre. El público no se impresionó, pero Oersted, sí. Después de su lección permaneció en el aula tratando de comprobar el insólito fenómeno que acababa de descubrir. Primero pensó que el movimiento de la brújula podría haber sido producido por las corrientes de aire procedentes del alambre calentado por la corriente eléctrica. Para comprobarlo situó un trozo de cartón entre el alambre y la brújula para detener las corrientes de aire. Pero no observó alguna diferencia. Después hizo girar la pila de Volta 180 grados de modo que la corriente en el alambre fluyera en la dirección contraria. La aguja también giró 180 grados y su polo norte señalaba ahora en la dirección en que antes estaba el polo sur. Para Oersted no cabía duda de que existía una interacción entre los imanes y la electricidad en movimiento y que la dirección en que la brújula se orientaba dependía de la dirección en que corría la electricidad por el alambre. Escribió todos los hechos y las observaciones relativas a este descubrimiento y envió el artículo para su publicación a la revista francesa "Annales de Chimie et de Physique". El artículo apareció a fines de 1820.

En la época de Faraday la idea de que el magnetismo debía producir electricidad, lo mismo que la corriente eléctrica produce magnetismo, estaba en el aire y muchos físicos intentaron observar este efecto y ensayaron las configuraciones estáticas de imanes y alambres, tales como una varilla imantada con un alambre enrollado a su alrededor, que se negaba obstinadamente a producir alguna chispa cuando se unían los dos extremos. Al genio de Faraday o acaso a la enorme cantidad de experimentación que realizó día tras día, se debe haber hecho evidente que la producción de una corriente eléctrica es un proceso dinámico y requiere, bien un cambio en la fuerza de otra corriente, bien un cambio en la posición del imán. Faraday descubrió que era posible generar corriente en una bobina sólo mientras el imán se estaba moviendo i. e. mientras era metido o sacado de la bobina.

Campo electromagnético.- Por impresionantes que fueran los descubrimientos experimentales de Faraday, estos no los pudo poner en ideas teóricas, a causa de su poca instrucción ya que prácticamente no tenía conocimientos matemáticos, Faraday no pudo ser lo que habitualmente se llama un físico teórico. Ya que para tener una concepción teórica de un fenómeno físico embrollado es absolutamente necesario un conocimiento de las complicadas matemáticas.

El trabajo de dar a las ideas de Faraday una formulación matemática cuantitativa fue realizado por el famoso escocés, James Clerk Maxwell, nacido en Edimburgo dos meses después de haber anunciado Faraday su descubrimiento de la inducción electromagnética. Al contrario que Faraday, Maxwell era un gran matemático.

¡Así el electromagnetismo, como Oersted lo llamó, llegó a ser realidad!

Cuando llegó a París la noticia del descubrimiento de Oersted atrajo la atención del físico y matemático francés André Marie Ampère que, en el transcurso de unas cuantas semanas, encontró que no sólo una corriente eléctrica actúa sobre una aguja magnética, sino que también dos corrientes actúan una sobre otra, produciéndose una atracción entre dos alambres paralelos que transportan corrientes eléctricas en el caso de que las corrientes vayan en la misma dirección y una repulsión si las direcciones de las dos corrientes son contrarias. Demostró también que una espiral de alambre de cobre que puede girar libremente en torno de un eje vertical se orienta en la dirección Norte-Sur si la corriente sigue la misma dirección que la aguja de la brújula y que dos espirales o bocinas interactúan una sobre otra de la misma manera que dos varillas imantadas. Esto le llevó a la idea de que el magnetismo natural es debido a una corriente eléctrica que corre dentro de los cuerpos magnetizados, e imaginó que cada molécula de materiales magnéticos contiene dentro de sí una corriente circular, representando un pequeño electroimán. Estas ideas de Ampère han sido plenamente confirmadas por los físicos modernos que consideran que las propiedades magnéticas de los átomos y moléculas son debidas a electrones que giran en torno al núcleo o giran rápidamente en torno a sus propios ejes.

Descubrimientos de Faraday.- Michel Faraday, que llevó los estudios clásicos sobre los fenómenos eléctricos y magnéticos a su cima y abrió una nueva era que ahora llamamos "física moderna", nació en 1791, cerca de Londres, en la familia de un herrero. Su familia era demasiado pobre para sostenerlo en la escuela y a la edad de 13 años entró como recadero en una librería propiedad de un tal Mr. Riebau. Un año después, Mr. Riebau le tuvo de aprendiz de encuadernador por un plazo de siete años. Faraday no sólo encuadernaba los libros que llegaban a la librería sino que leía muchos, desde la primera a la última página, que estimularon en él un ardiente interés por la ciencia. Faraday escribió "mientras fui aprendiz me gustaba leer los libros científicos que caían en mis manos y entre ellos me deleitaba con las Conversaciones de Química y los artículos sobre electricidad de la Enciclopedia Británica. Hice los experimentos sencillos que podían ser costeados por unos cuantos peniques a la semana y de este modo construí una máquina eléctrica."

Después de descubrir la electrólisis en la librería, Faraday tuvo que buscar un nuevo empleo porque se terminaba su contratación en la librería. Su aspiración era trabajar con Sir Humphry Davy, un famoso químico, a cuyas lecciones Faraday había asistido. Transcribía caligráficamente sus notas sobre las conferencias de Davy, añadiéndole sus excelentes dibujos, y las envió en un volumen elegantemente encuadernado a sir Humphry con una petición de empleo en su laboratorio. Davy contrató al joven Faraday para lavar botellas. Faraday aceptó y permaneció en la Real Institución durante los 45 años restantes de su vida, primero como ayudante de Davy, después como su colaborador y por último, a la muerte de Davy, como sucesor suyo.

En la época de Faraday la idea de que el magnetismo debía producir electricidad, lo mismo que la corriente eléctrica produce magnetismo, estaba en el aire y muchos físicos intentaron observar este efecto y ensayaron las configuraciones estáticas de imanes y alambres, tales como una varilla imantada con un alambre enrollado a su alrededor, que se negaba obstinadamente a producir alguna chispa cuando se unían los dos extremos. Al genio de Faraday o acaso a la enorme cantidad de experimentación que realizó día tras día, se debe haber hecho evidente que la producción de una corriente eléctrica es un proceso dinámico y requiere, bien un cambio en la fuerza de otra corriente, bien un cambio en la posición del imán. Faraday descubrió que era posible generar corriente en una bobina sólo mientras el imán se estaba moviendo i. e. mientras era metido o sacado de la bobina.

Campo electromagnético.- Por impresionantes que fueran los descubrimientos experimentales de Faraday, estos no los pudo poner en ideas teóricas, a causa de su poca instrucción ya que prácticamente no tenía conocimientos matemáticos, Faraday no pudo ser lo que habitualmente se llama un físico teórico. Ya que para tener una concepción teórica de un fenómeno físico embrollado es absolutamente necesario un conocimiento de las complicadas matemáticas.

El trabajo de dar a las ideas de Faraday una formulación matemática cuantitativa fue realizado por el famoso escocés, James Clerk Maxwell, nacido en Edimburgo dos meses después de haber anunciado Faraday su descubrimiento de la inducción electromagnética. Al contrario que Faraday, Maxwell era un gran matemático.



George Gamow, "Biografía de la física," Salvat Editores 1989.

BIOGRAFIA DE LA FISICA

GEORGE GAMOW

BIBLIOTECA GENERAL SALVAT

Sin duda la obra más importante de Maxwell fue la formulación matemática de las ideas de Faraday relativas a la naturaleza y leyes del campo electromagnético. En una de sus ecuaciones estableció matemáticamente (Faraday) que un cambio en el tiempo del campo magnético induce la existencia automática de un campo eléctrico (fuerzas electromotrices y corrientes eléctricas en los conductores). En otra de sus ecuaciones estableció que corrientes eléctricas producen campos magnéticos, pero además agregó que el magnetismo también se podía producir si los campos eléctricos cambiaban en el tiempo. En las dos ecuaciones de Maxwell mencionadas, se relacionan el valor del cambio del campo magnético con la distribución espacial del campo eléctrico y viceversa.

Mediante sus ecuaciones, Maxwell pudo predecir la existencia de las ondas electromagnéticas i. e. ondas que transportan energía y que se mueven a la velocidad de la luz. La existencia de estas ondas fue confirmada experimentalmente en 1888 por el físico alemán Henrich Hertz poco después de haberlas predicho Maxwell y condujo al desarrollo de la técnica de la radiocomunicación que actualmente representa una de las mayores ramas de la civilización industrial. S

Francisco Renero

Radiación electromagnética no-ionizante y normatividad mexicana

La inercia de la política científica inclina el trabajo de investigación, tanto de estudiantes en formación como de egresados de las carreras de ciencias exactas, a actividades cuyo impacto se refleje inmediatamente en la sociedad. Es una gran oportunidad de desarrollo profesional y de generación de empleos. Esto no significa que ya no haya nada que hacer en investigación teórica y/o experimental.

Por otro lado, la Normatividad Mexicana "es una serie de normas para regular y asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales y/o personas físicas, sobre todo los de uso extenso y de fácil adquisición por parte del público en general, poniendo atención en especial en el público no especializado en la materia. De estas normas existen dos tipos básicos en la legislación mexicana: las Normas Oficiales Mexicanas, llamadas Normas NOM, y las Normas Mexicanas, llamadas Normas NMX. Sólo las NOM son de uso obligatorio en su alcance, y las segundas solo expresan una recomendación de parámetros o procedimientos, aunque, en caso de ser mencionadas como parte de una NOM como de uso obligatorio, su observancia será entonces obligatoria". [1, 2]

Entonces, si la política científica mexicana incita a desarrollarse en el ámbito social y la normatividad (NOM o NMX) regula y debe asegurar cantidades medibles, los profesionales de las ciencias exactas

cuentan con un nicho de oportunidades. Usaré de ejemplo la NOM-013-STPS-1993 para explicar por qué son una opción para hacer física aplicada.

La norma NOM-013-STPS-1993 se refiere a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes. En esta norma se designa a la radiación electromagnética no ionizante como "aquella que no es capaz de producir iones, directa o indirectamente, a su paso a través de la materia comprendida entre longitudes de onda de 108 a 10⁻⁸ cm (cientos de millones a un cienmillonésimo de centímetro) del espacio electromagnético, y que incluye ondas de radio, microondas, radiaciones: láser, máser, infrarroja, visible y ultravioleta".

El objetivo de la normatividad es establecer las medidas preventivas y de control en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes, para prevenir los riesgos a la salud de los trabajadores que implican la exposición a dichas radiaciones. Sin embargo, surgen varias dudas en su revisión.

¿Cómo y dónde medir la radiación no-ionizante? En el documento de esta normatividad no se especifica cómo hacer las mediciones, i. e., a qué distancia(s) deben colocarse los instrumentos de medición; si la(s) mediciones son únicas o se requiere de hacerlo en diferentes lugares donde se usan las fuentes de radiación. ¿Existe otra norma que especifique estas ausencias?

¿Con qué medir la radiación ionizante? Formulo esta pregunta basándome en dos anécdotas. Durante una visita a un centro de salud público coincidí con un proveedor de instrumentos para terapia láser. Al mostrar el láser para la terapia, un médico le preguntó sobre los periodos de calibración (además, obviamente, del costo). El proveedor contestó que la calibración tenía que hacerse una vez al año y que en México no había ningún lugar que calibrara o pudiera medir sus características de radiación. Dijo que debía calibrarse el gas, pero no sabía qué tipo de láser era.

En otra ocasión coincidí con un distribuidor de ultrasonido para terapia física, y pregunté si sus aparatos estaban certificados; la respuesta inmediata fue "sí, estos equipos son belgas y allá se certifican". Al preguntarle si la Secretaría de Economía les exige satisfacer alguna normativa mexicana, respondió "no, que yo sepa".

Lo etiquetado como "hecho en primer mundo" no es garantía. Sabemos que para abaratar la producción, partes de estos equipos, y en algunos casos todo, está hecho en China. Esto no implica que todo lo hecho en China esté mal hecho, pero cuando no se exigen patrones (normativas) ¿qué podemos esperar de esos productos? Además, recordemos que en países como el nuestro es común traer equipos que en los países de origen no cumplieron con todas las especificaciones y se venden como tecnología de punta.

¿Nos compete o no la aplicación de la normatividad en términos de la instrumentación?

La respuesta depende de la actividad en la que queremos involucrarnos. No compete a los físicos la aplicación de las normas, pero sí sus actualizaciones, y, quizá también la consultoría y/o servicio a la industria que fabrica estos equipos.

No quiero manifestar con esto que nuestras autoridades no estén haciendo su trabajo, i. e., aplicar la normatividad en sus diferentes aspectos. Puede ser que seamos nosotros (físicos, ingenieros, etcétera) los que no estemos poniendo atención a las actividades que llevan a cabo profesionales del área de la salud, que, además, podrían ser quienes están proporcionando tratamientos, terapias, cirugías, etcétera, a nosotros o a nuestros familiares, por lo que deberíamos garantizar que la instrumentación que ocupan sea la adecuada, cumpliendo con toda la normatividad.

¿Nos competen o no los términos de la metodología para la metrología? En 2006 se publicó el artículo "Exposure to non-ionizing radiation of personal in physiotherapy" [5], en el que los autores, búlgaros, describen un método para la cuantificación de la radiación a la que está expuesto un profesional de la salud. La investigación se realizó en el área de terapia física, en términos de número de profesionales y de pacientes, además de considerar el tiempo promedio de terapia por paciente y por fuente de radiación. Se consideró también la ubicación de los instrumentos de medición así como el número de mediciones. ¿Será necesario revisar y/actualizar la normatividad mexicana en aspectos como éste?

¿Deben realizarlo los físicos, ingenieros u otros profesionales?

¿Cubrimos las necesidades de acreditación? La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) encargada de estos menesteres [3], probablemente no se da abasto para cubrir la gran demanda de certificación, por lo que es necesario que físicos se involucren, de manera institucional o independiente.

¿Es necesario dedicar esfuerzo a la acreditación o revisión de normas? La NOM-013-STPS-1993 es una muestra de que los científicos debemos dedicar parte de nuestro tiempo a estos problemas, pues con cierta periodicidad el gobierno convoca a empresas e instituciones a realizar evaluaciones en conformidad con la normatividad [4]. También debemos participar desarrollando estrategias de medición de la radiación, similar a lo realizado por los búlgaros [5], ofrecer servicios de medición de parámetros de los aparatos de radiación (eléctrico, magnético, longitud de onda, potencia, forma y duración de los pulsos, etcétera), desarrollar sistemas de monitoreo continuo de la radiación no ionizante, y con las autoridades de competencia, proponer la revisión periódica de las normativas.

Hay muchas otras formas de participar: realizando foros periódicos, por especialidad o conjuntos, para presentar las normativas en todos sus aspectos (legales, técnicos, etcétera), revisando cuáles se aplican, cuáles no se han aplicado, cuáles requieren revisión, ubicar los centros donde se apliquen. Y, por ejemplo, desde el punto de vista de la salud, revisar si hay o hubo casos de patologías producto de la exposición a estas fuentes de radiación.

Tendremos entonces una física "aplicada" que impacta de manera directa en nuestra sociedad. Podemos recurrir a la EMA, a la Secretaría del Trabajo y Prevención Social, entre otras dependencias, para conocer las normativas en las que podemos aportar nuestro conocimiento, proponer soluciones a corto, mediano y largo y plazo. También, debemos ofrecer nuestros laboratorios a las compañías, para que caractericen sus aparatos de radiación no-ionizante y que se vuelvan referentes en el mercado. Además, se podría promover la producción de estos equipos en México, con la intención de obtenerlos a mejor precio, pero principalmente para ajustarlos completamente a nuestras necesidades. Podemos incidir también en la educación, si, por ejemplo, las instituciones incluyen en sus prácticas las mediciones de características físicas de estas fuentes de radiación (en laboratorio y en sitio), siguiendo la normatividad pertinente. ☺

paco@inaoep.mx ✉

más información y referencias

- [1] <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/92/art/art4.htm>
- [2] <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normatividad/catalogo-mexicano-de-normas>
- [3] <http://www.ema.org.mx/portal/>
- [4] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5236385&fecha=05/03/2012
- [5] Michael Israel, Peter Tschobanoff, *Exposure to non-ionizing radiation of personal in physiotherapy, Bioelectromagnetics: current concepts*, Ed. Springer, (2005, March), p. 367-376.

Efemérides Tras las huellas de la naturaleza

Tania Saldaña Rivermar y Constantino Villar Salazar

A la Luz, de los Bichos de Luz

“Necesitamos lectores enamorados de la literatura y de la naturaleza”
Luz María Chapela

José Ramón Valdés

Calendario
astronómico
Octubre 2015

Las horas están expresadas en Tiempo Universal (UT)

Octubre 04, 21:06. Luna en Cuarto Menguante. Distancia geocéntrica: 387,580 km.

Octubre 08, 20:43. Venus a 1.4 grados al Norte de la Luna en la constelación del León. Elongación del planeta: 45.2 grados. Como el planeta va delante del Sol una configuración muy interesante se verá los días 8 y 9 de octubre, hacia el horizonte oriente, antes de la salida del Sol. En el mismo campo se podrán observar los planetas Marte y Júpiter.

Octubre 09, 14:50. Mercurio estacionario. Elongación del planeta: 15.1 grados.

Octubre 09. Lluvia de meteoros Draconidas. Actividad del 6 al 10 de octubre, con el máximo el 9 de octubre. La taza horaria de meteoros es variable. El radiante se encuentra en la constelación de Gragón, con coordenadas de AR=262 grados y DEC=+54 grados.

Octubre 10. Lluvia de meteoros Táuridas Sur. Actividad del 10 de septiembre al 20 de noviembre, con el máximo el 10 de octubre. La taza horaria es de 5 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación del Toro, con coordenadas de AR=32 grados y DEC=+09 grados.

Octubre 11, 13:17. Luna en el apogeo. Distancia geocéntrica: 406,388 km. Iluminación de la Luna: 1.9%.

Octubre 12, 18:18. Mercurio en el perihelio. Distancia heliocéntrica: 0.3075 U.A.

Octubre 13, 00:05. Luna nueva. Distancia geocéntrica: 405,686 km.

Octubre 16, 12:07. Saturno a 2.3 grados al Sur de la Luna en los límites de las constelaciones de la Libra y el Escorpión. Elongación del planeta: 39.7 grados. Configuración observable hacia el horizonte poniente inmediatamente después de la puesta del Sol.

Octubre 17, 13:49. Marte a 0.4 grados al Norte de Júpiter en la constelación del León. Elongación del planeta: 39.9 grados. Ambos planetas van delante del Sol, así que esta configuración será visible, hacia el horizonte oriente, antes de la salida del Sol. Muy cerca se encontrará el planeta Venus.

Octubre 18. Lluvia de meteoros Epsilon-Geminidas. Actividad del 14 al 27 de octubre, con el máximo el 18 de octubre. La taza horaria es de 3 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Géminis, con coordenadas de AR=102 grados y DEC=+27 grados.

Octubre 20, 20:31. Luna en Cuarto Creciente. Distancia geocéntrica: 379,680 km.

Octubre 21. Lluvia de meteoros Oriónidas. Actividad del 2 de octubre al 7 de noviembre, con el máximo el 21 de octubre. La taza horaria es de 25 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación del Orión, con coordenadas de AR=95 grados y DEC=+16 grados. Asociada al cometa Halley

Octubre 26, 06:55. Venus en su máxima elongación Oeste. Elongación del planeta: 46.44 grados.

Octubre 26, 13:01. Luna en perigeo. Distancia geocéntrica: 358,463 km. Iluminación de la Luna: 98.6%.

Octubre 27, 12:05. Luna llena. Distancia geocéntrica: 359,329 km.

✉ jvaldes@inaoep.mx

En esta ocasión nos tendrá que disculpar, amable lector, ya que esta vez dedicaremos nuestras líneas a una mujer que en vida fue una de las más obstinadas promotoras de lectura, publicó un sin número de libros, y luchó de manera incansable por la importancia y la necesidad de divulgar los conocimientos científicos. Para muestra basta una publicación, una de sus contribuciones que para el mundo de la biología es de las más importantes, sin temor a equivocarnos, titulada *Bichos*, que junto al biólogo Roberto Rojo describen a una serie de organismos que para los autores cumplen con una cualidad, la de haber en la palma de la mano.

Animales de diferentes grupos taxonómicos, que se dan cita en las páginas de esta publicación con los cuales los autores logran conjuntar de manera integral, desde los conocimientos hombre-naturaleza de cada una de las especies, un poco de la historia que rodea a cada especie dentro de las distintas culturas que habitan nuestro país y en algunos casos se hace una comparación con culturas de otras partes del mundo, y finalmente, lo que nos dice la biología, como lo llaman los autores de este libro, como por ejemplo la importancia de cada especie dentro del ecosistema que habita; dicho lo anterior, los invitamos a emprender un viaje que estamos seguros que lograrán ver a la luz de especies inconfundibles, y debidamente cuidadas para brincar de página a página de este libro, lo importante de la biodiversidad, del estudio de las especies que la conforman y la necesidad de entender a cada cultura, para lograr de esa manera la tan anhelada conservación de éstas. En esta obra Luz María Chapela los llama “Bichos”, bichos que sin duda nos enamoran.

Amable lector: iniciemos con un reto, que se nos presenta y es parte de esta obra *Neksayolij*.

Amigas de las flores, capaces de distinguir colores y perfumes y de seleccionarlos a su antojo...

Aunque no soy florista

Trabajo con flores

Y por más que me resisto

El hombre disfruta

El fruto de mis sabores.

Al pasar de las páginas nos encontraremos, con el que estamos seguros bien podría ser el gran símbolo de nuestro país, el ajolote, axolotl o *Ambystoma mexicanum*, este último el nombre que le da la ciencia, un organismo que nos ofrece nunca decepcionarnos del asombro que despertará en quien asuma el reto de conocerle más a fondo, leyendas, historia, gastronomía, mitos, medicina alternativa y ciencia rodea a esta especie y que podemos encontrar en esta obra en donde Chapela y Rojo lograron brindarle un espacio, pero, cómo no darle el espacio a esta especie junto a organismos tan importantes como los murciélagos, alacranes, ranas, colibríes, garrapatas, caracoles gigantes, grana cochinilla, grillos, mariposas, ratones, tarántulas entre otros, simple y sencillamente por la importancia ecológica en su calidad de endémica (que solo se distribuye en un solo lugar y en ninguna otra parte del mundo, de forma natural), y la gran carga cultural que se le ha dado, al igual que las otras ya mencionadas, no olvidaremos por ningún motivo la importancia de cada una de estas especies dentro de los ecosistemas



· Ilustración: Diego Tomasini "El Dibrujo"

que habitan; algunos, como los grandes depredadores y otros como polinizadores, dispersores de semillas y algunos con menos ventura, como presas, debido a esto, estas especies han llamado la atención de mucha gente, desde los habitantes del México prehispánico, como de la hoy admirada Luz María Chapela; imaginemos el asombro que causaron especies como los colibríes en los antiguos habitantes de estas tierras; cantos, poemas y hasta vida y apariencia de los dioses como Huitzilopochtli inspiraron estas pequeñas aves; por eso los invitamos a disfrutar de este hermoso canto:

El colibrí. Canto náhuatl

Oído, en las ramas del árbol florido,

Hace estrépito y gorjea.

El ave roja del colibrí está haciendo resonar

Sus cascabeles de oro y su sonaja.

Para poder exclamar un día ¿por qué no?

He llegado, aquí estoy:

En las ramas del árbol florido.

Soy el floreciente colibrí,

Deleito mi pico, con eso me alegro.

Podríamos continuar hablando de cada especie encontrada en las páginas de este grandioso libro pero necesitaríamos entonces el mismo número de páginas para terminar, por ello, los invitamos a conocer a estas especies a través de sus párrafos e imágenes seleccionadas de manera muy cuidadosa a la luz de las palabras de que Luz María Chapela nos regaló un poquito de amor en cada una de sus obras es indudable encontrar siempre una enseñanza y una aliada en este gran y sinuoso camino llamado educación y de acuerdo con ella, es indiscutible que “el libro tiene que abrir un mundo en donde se pueda entrar e interactuar con presencia propia, por lo que tenemos el reto de construir autoconfianza, autoestima y la capacidad para que los lectores tengan una idea de ellos mismos y, por el otro lado, para que valoren la diversidad como recurso” y prueba de estas palabras es el libro *Bichos*, ¡que lo disfrute! ✉

Raúl Mújica

Préndete con la Noche de las Estrellas 2015 en Puebla

Noche de las ESTRELLAS
28 de noviembre de 2015

Préndete con la luz del Universo

Atlixco Módulo Deportivo La Carolina 17:00-23:00	PUEBLA Complejo Cultural Universitario-BUAP 16:00-23:00	Ciudad Serdán Parque de los Cedros 16:00-22:00
Tepetzala, Acajete Primaria Miguel Hidalgo 16:00 a 22:00	Tepeaca Deportivo Los Cardenales 16:00 a 22:00	Juan C. Bonilla Campus Universidad Politécnica de Puebla 16:00-22:00

Entrada libre

f /nochedelasestrellasmx • @NocheEstrellas • nochedelasestrellas.org.mx

2015 AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ

Bien “prendida” será la Noche de las Estrellas (NdE) 2015, ya que estará dedicada a la luz. De esta manera nos unimos en un acto más a los festejos del Año Internacional de la Luz (AIL2015). Aunque muchas actividades que hemos organizado desde el INAOE han sido en esta dirección como las series de conferencias en el Planetario de Puebla, la Casa del Puente en Cholula y la Capilla del Arte de la UDLAP, o los múltiples talleres para niños, ahora tendremos un evento masivo, quizá el mayor del año, para celebrar a la luz y a las tecnologías basadas en ella.

Es indiscutible la importancia de la luz en la vida cotidiana, hemos tratado de difundirlo en todos los espacios posibles, como el número especial de este suplemento dedicado a la Luz (en enero) y la columna que cada mes (también desde enero) hemos incluido sobre el mismo tema, ahora queremos hacerlo llegar a todos los asistentes a la NdE, que se enteren y conozcan más sobre el tema.

Pensamos que luego de seis ediciones la organización debería ser más fácil, pero no, quizá se deba a que por alguna razón siempre andamos buscando cosas nuevas para no aburrirnos, y para no aburrir a los asistentes que siempre van en busca de “lo nuevo” en la NdE. Así que en esta ocasión, además del tema de la luz, movemos la sede central de Puebla al Complejo Cultural Universitario de la BUAP, el ya famoso y popular CCU.

El año anterior logramos convocar a más de 20 mil personas en las seis sedes con que contó Puebla. Miles de personas se acercaron a la astronomía, a la ciencia y a las artes, por una noche. Este año, la NdE se llevará a cabo el 28 de noviembre, esperamos, al menos, el mismo número de asistentes, pero seguro rebasaremos el límite juntando a las otras cinco sedes que tenemos para 2015, tres ya permanentes: Tepetzala, Ciudad Serdán y Atlixco, dos nuevas: Tepeaca y la Universidad Politécnica de Puebla.

Atlixco funciona casi como una sede independiente, un sitio con mucha tradición en la divulgación a través de la Casa de la Ciencia. Ciudad Serdán ha ido ganando cada vez más público hacia la astronomía debido a su cercanía al Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano y recientemente a HAWC. Una sede que va por su tercer año y que ha convocado a más de 2 mil personas en

cada edición es Tepetzala, cerca de Acajete. Las dos nuevas sedes están localizadas en regiones muy atractivas, con público ávido de estos eventos, no muy lejos de la capital, pero suficientemente retiradas para no disputar la asistencia.

Aun cuando en la primera edición el público desbordó la zona Arqueológica de Cholula, desde entonces el número de asistentes a la NdE ha ido en aumento, por lo que se requiere que también preparemos un mayor número de actividades, colaboradores, área de la sede y número de sedes. En la edición pasada de la Noche de las Estrellas en CU BUAP, más de 10 mil personas disfrutaron de un centenar de actividades relacionadas con la ciencia y las artes.

UN POCO DE HISTORIA

Al igual que en las más de 60 sedes y subse-des de la NdE que tendremos en 2015 en todo el país, en Puebla hay un Comité Organizador Local integrado, principalmente, por las siguientes instituciones: Alianza Francesa de Puebla, BUAP, Consejo Puebla de Lectura, INAOE, UDLAP y Victorinox. Además, se cuenta con excelentes colaboradores, unos permanentes y otros ocasionales como el MNFM, Instituto Esqueda, IUPAC, IMACP, entre otros.

2009 fue el Año Internacional de la Astronomía y como se mencionó, escogimos la zona arqueológica de Cholula y sus zonas aledañas. El ayuntamiento de San Andrés participó de manera importante y nos proporcionó un gran apoyo. Se calcula que llegaron alrededor de 8 mil personas, aunque no todas, por cuestiones de seguridad, ingresaron a la zona arqueológica.

2010 estuvo dedicado a celebrar acontecimientos patrios, por lo que la segunda Noche de las Estrellas tuvo como tema el centenario y bicentenario. Estábamos ya preparados para recibir a mucha gente en las dos sedes de ese año: el Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos y la zona de los Fuertes; pero no estábamos preparados para la lluvia que duró casi todo el día, el único sábado de abril que llovió ese año “sólo” llegaron unas 3 mil personas.

2011 fue el Año Internacional de la Química, las facultades de Física, Química, Ingeniería Química y Electrónica, y el Instituto de Física de la BUAP se unieron al comité organizador para llevar a cabo por primera vez la Noche

de las Estrellas en CU BUAP. Resultó un éxito, más de 12 mil visitantes aprovecharon los casi 200 telescopios y varias decenas de talleres de divulgación científica, sin contar con conferencias simultáneas impartidas por investigadores de las instituciones participantes.

2012 no podía sino ser dedicado a los mayas y nos sirvió para desmentir el fin del mundo y otros mitos alrededor del calendario y la medición del tiempo. CU BUAP se reafirmó como la sede clave para la NdE en Puebla.

2013, dedicado a la conservación del agua, nos mostró que la asistencia a la sede de CU sería constante, con casi el mismo número de visitantes, pero se fortalecieron la sede de Atlixco, y la subse-de de Ciudad Serdán y en su primer año la subse-de de Tepetzala dio la sorpresa al recibir a más de 2 mil personas.

2014 fue el Año Internacional de la Cristalografía, llegamos a seis sedes, la de mayor asistencia fue nuevamente Ciudad Universitaria de la BUAP, en la Explanada de Rectoría, extendiendonos cada vez más sobre la carretera interna con más y más carpas de talleres. Los expertos en cristales dieron conferencias y algunos talleres. La gran sorpresa este año fue la sede de la Preparatoria Alfonso Calderón, donde llegaron casi 5 mil personas.

2015 es el Año internacional de la luz. En todas las sedes, tanto en las seis de Puebla como en el resto del país, se están planeando múltiples actividades, además de las imprescindibles observaciones con telescopios, habrá talleres y conferencias dedicadas a la luz, tanto desde la óptica como otras ciencias, que serán complementadas con talleres, muchos de ellos enfocados a la luz, actividades artísticas y exposiciones. Por ejemplo, los capítulos estudiantiles de divulgación de la OSA (Optical Society of America) y la SPIE (International Professional Society for Optics and Photonics) del INAOE participarán con talleres que han desarrollado durante varios años, también tendremos talleres de colorimetría, formación de imágenes, láseres y muchos más.

Los programas completos de todas las sedes en Puebla y el resto del país se pueden consultar en la página oficial de la Noche de las Estrellas:

<http://www.nochedelasestrellas.org.mx/>.

No falten. ☺



rmujica@inaoep.mx ✉

agenda



Escuela Complutense Latinoamericana 2015
Del 5 al 16 de octubre de 2015.
Registro hasta el 2 de octubre de 2015.
Inscripciones en www.ucm.es/fundacion/matricula-on-line-latino
Informes: Dirección de Relaciones Internacionales de la BUAP
Tel: 229 55 00 ext. 5275 y 3087
Correo electrónico: ecl@correo.buap.mx
www.ucm.es/fundacion/presentacion/-1

Primer Congreso Nacional Sobre Educación Superior "Actualidades, Retos y Perspectivas"

Los días 1, 2 y 3 de noviembre de 2015
Fecha límite para recibir resúmenes: 31 de julio de 2015
Informes: 2 32 38 21, ext. 108
Correo electrónico: congreso.es.15.informes@gmail.com
<http://congresoes15.wix.com/buap>

Seminarios de Física. Año Internacional de la Luz 2015

Todos los jueves a las 12:00 horas.
Seminarios Magistrales quincenales a las 16:00 horas
Auditorio de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas.
Informes: Tel. 2 29 55 00, ext. 2099.

Primer Congreso Internacional de Periodismo Digital y Segundo Nómadas

27 y 28 de octubre de 2015, 9:00 a 19:00 horas
Acceso gratuito, previo registro en <http://fcom-buap.mx>

El Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades Alfonso Vélaz Pliego invita al 1er Congreso Internacional de Comunalidad. Luchas y estrategias comunitarias: Horizontes más allá del capital.

Del 26 al 29 de octubre 2015.
Informes e inscripciones: www.congresocomunalidad2015.org

El Centro de Estudios del Desarrollo Económico y Social (CEDES) de la Facultad de Economía invita al Diplomado en Empresas Sociales y Cooperativas: Fomento, Formación y Dirección.

Inicio: 6 de noviembre de 2015
Informes: Tel. 01 (222) 2 29 55 00 Ext. 2890 y 7845
Dr. Jesús Rivera de la Rosa y Recepción CEDES
e-mail: diplomado.esc.ecobuap@gmail.com
Fb: www.facebook.com/Diplomado.empresas.sociales.y.cooperativas



15° Concurso de Papalotes
Plaza de danza del Cerro de San Miguel, Atlixco, Puebla
4 de Octubre / 10:00 am

Luz Cósmica en la Casa del Puente 5 de Mayo # 607, Centro Histórico, entre 6 y 8 Poniente, frente a Baños Tláloc, San Pedro Cholula
9 de octubre
La Luz en el Universo / Fabián Rosales / INAOE / 18:30 horas

Baños de Ciencia y Lectura en la Casa del Puente 5 de Mayo # 607, Centro Histórico, entre 6 y 8 Poniente, frente a Baños Tláloc, San Pedro Cholula

Talleres para niños de 7 a 12 años / 10 de octubre
Bailando con los dedos, Sesión de lectura: libros para soñar / Consejo Puebla de Lectura A.C. / CPL / 11:00-13:00 h.

Baños de ciencia con el GTM y HAWC

Ciclo de talleres y conferencias. En Casa de la Magnolia, Cd. Serdán.
Conferencias para todo el público / Talleres para niños de 7 a 12 años
Conferencia / 16 de octubre

Tocando el Cielo / Gerardo Cleofas / AMC / 17:00 h
Taller / 17 de octubre

Tocando el Cielo / Gerardo Cleofas / AMC / 11:00am

9ª Jornada de Ciencia, Tecnología e Innovación (JECTI) 2015

Jornada de la Luz
Av. Atlacomulco No. 13 Col. Acapatzingo
Parque Ecológico San Miguel Acapatzingo
Cuernavaca, Morelos, México C.P. 62744

19, 20 y 21 de octubre
Conferencias y talleres exhibiciones, demostraciones y muchas otras actividades interactivas relacionadas con la luz

Semana Nacional de Ciencia y Tecnología en el INAOE

Visitas y actividades de ciencia en el INAOE
Informes: www.inaoep.mx / 19 al 25 de octubre / 10:00-13:00h

Conferencia en la Universidad Tecnológica de Tecamachalco

La luz en el Universo / Fabián Rosales / INAOE / 11 h / 22 de octubre

Baños de Ciencia en la Casa de la Ciencia de Atlixco

Talleres de ciencia para niños de 7 a 12 años
3 poniente 1102 Col. Centro. Atlixco, Puebla
24 de octubre

De la imagen a la palabra / Sección de lectura Libros para Imaginar / Consejo Puebla de Lectura A.C. / 11:00-13:00 h.

XperCencia en la Capilla de Arte UDLAP

2 norte # 6, Centro Histórico, Puebla, Pue.
Conferencia **El Universo invisible** / Olga Vega / INAOE / 17:30 h
29 de octubre

"No creo que haya alguna emoción más intensa para un inventor que ver alguna de sus creaciones funcionando. Esa emoción hace que uno se olvide de comer, de dormir, de todo"



Nikola Tesla Ingeniero Eléctrico (1856 - 1943)

Épsilon

Jaime Cid



General Chairs
Pascal Fouillat, IMS, France
Raoul Velazco, TIMA, France

Program Chairs
Fernanda Kastensmidt, UFRGS, Brazil
José Guichard, INAOE, Mexico

Local Chair
Roberto Murphy, INAOE, Mexico

Publicity Chair
Ricardo Reis, UFRGS, Brazil

Liaisons
Europe:
Philippe Calvel, TAS, France
North-America:
Dale McMorrow, NRL, USA
Latin-America:
Ricardo Reis, UFRGS, Brazil

Technical Sponsors:



www.inaoep.mx/seressa2015/

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)
Puebla, Mexico, November 30th-December 4th, 2015

CALL FOR PARTICIPATION

This five-day school combines academic, government, and industrial communities working in the area of radiation effects on embedded systems. Radiation effects are a significant concern for space and avionics systems, as well as for critical applications operating at ground level (automotive, medical, and banking). Lecturers with significant experience in key selected subjects will provide complete state-of-the-art instruction in this strategic field.

The school is based on lectures, exercises, and demonstrations involving real case studies using the common tools of the domain. The topics cover the full spectrum of radiation effects in space embedded systems: space environment, error mechanisms, testing, hardening by design, error rate prediction.

The intended audience includes both beginning and experienced researchers, engineers, and graduate students wishing to enhance their knowledge base in this rapidly evolving field.

Topics of Interest include, but are not limited to:

- Environment
- Spacecraft anomalies
- Single-event effects
- Total dose effects
- Architecture hardening
- Software hardening
- SEE in FPGAs
- Hardness assurance methodology
- Error rate prediction
- Radiation facilities

The event will be held at the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), in Tonantzintla, Puebla, México (<http://www.inaoep.mx>). It is a national, public research center specializing in Astrophysics, Optics, Electronics and Computer Science. The INAOE was founded in 1971, replacing the National Astrophysics Observatory, which in turn was established in 1942. The Institute is very close to the city of Puebla, the state capital, and Cholula, a millenary city with many attractions. It is well connected by air, either by Puebla's International Airport or by México City's, two hours away.

Accepted papers will be published in the SERESSA School proceedings, and will be presented in poster sessions.

Registration Deadline: October 9th, 2015

Number of participants is limited.

For additional information, please contact:

Program Information
F. Kastensmidt - UFRGS
Phone: + 55 51 33087036
fglima@inf.ufrgs.br

J. Guichard - INAOE
Phone: +52 222 247 2301
jguich@inaoep.mx

Local Information
R. Murphy - INAOE
Phone: +52 222 247 4306
rmurphy@inaoep.mx

