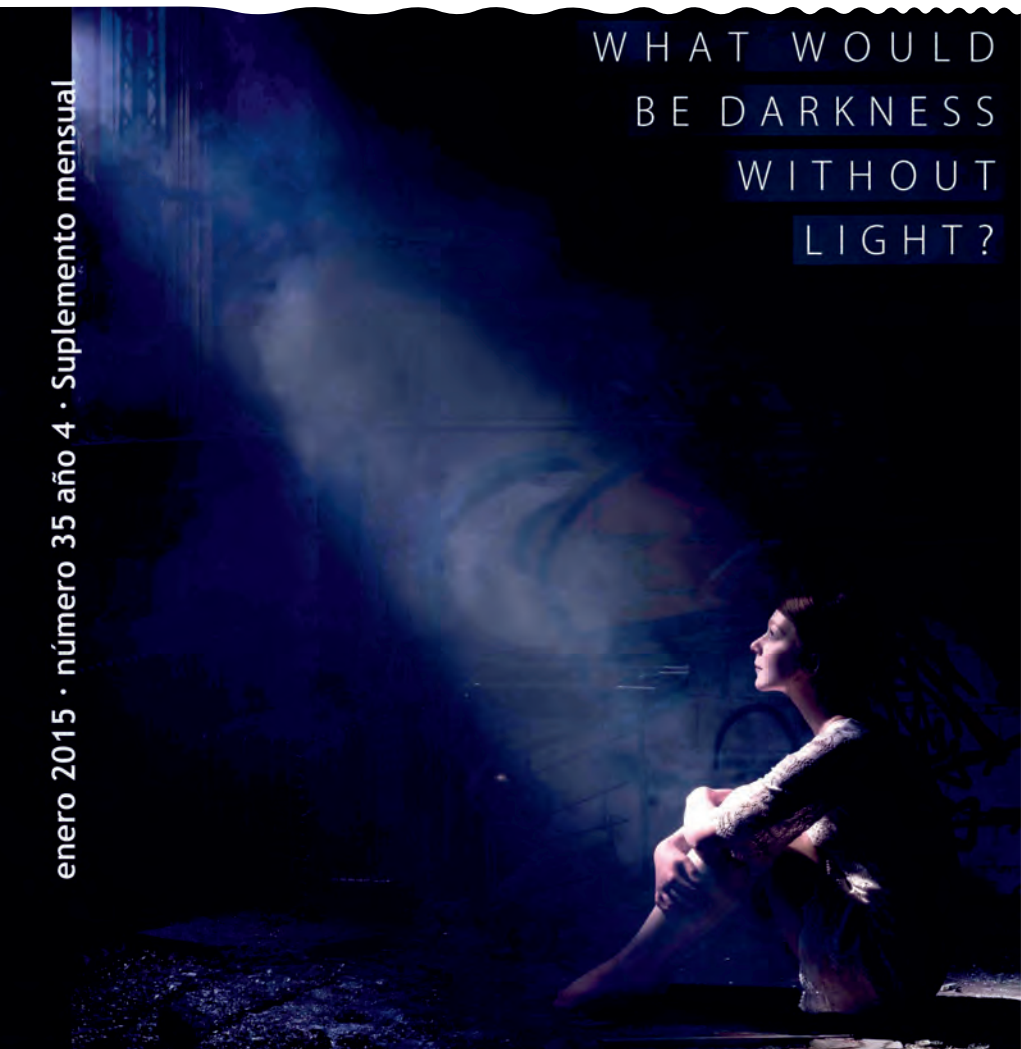


# SABERE **Y** SIENCIAS

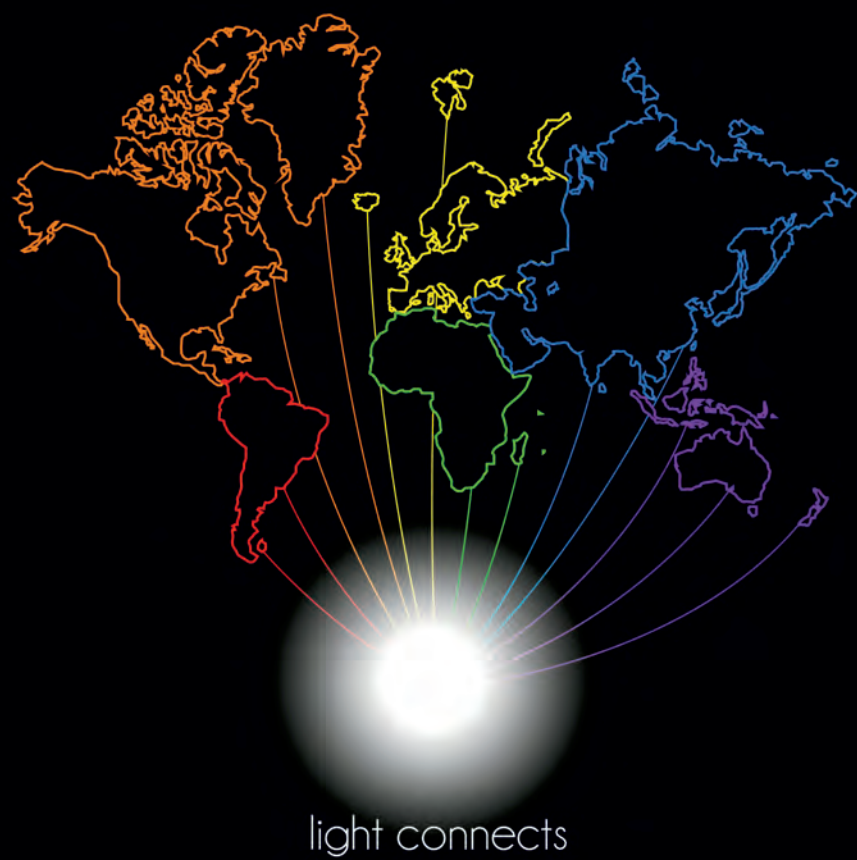


enero 2015 · número 35 año 4 · Suplemento mensual

WHAT WOULD  
BE DARKNESS  
WITHOUT  
LIGHT?



ALL YOU SEE IS  
**LIGHT**



light connects

 **La Jornada**  
de Oriente

INTERNATIONAL  
**YEAR OF LIGHT**



**2015**

**Año Internacional de la Luz**

## Editorial

**Criminalización de la protesta**

El recién concluido 2014 fue negativo con relación al crecimiento económico y la distribución del ingreso: la producción de bienes y servicios creció a la mitad de lo programado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y el ingreso real de las familias es menor al registrado en 2007; además, creció la deuda pública y hubo un déficit en las finanzas públicas por los menores precios internacionales del petróleo exportado. Las expectativas económicas son sombrías: lento ritmo de crecimiento; regresiva distribución del ingreso; pérdida de poder de compra del ingreso salarial; mayor endeudamiento público, y pérdida de la renta petrolera por la privatización de los hidrocarburos. También lo fue en lo social, nuestra integridad física y el patrimonio familiar es más inseguro; estamos más expuestos a la privación de los derechos constitucionales a la educación, alimentación, salud, seguridad social y servicios básicos de la vivienda, pero sobre todo, se nos ha conculcado el derecho a organizarnos, manifestarnos y expresarnos. Caducos y abrogados preceptos normativos inhibitorios de la libertad de opinión se han legalizado para combatir la protesta social, y las entidades con mayores rezagos sociales han sido las primeras en criminalizar la protesta y detener arbitrariamente a quienes defienden su identidad y territorio.

Cuando Rafael Moreno Valle asumió la gubernatura, 78.5 por ciento de la población poblana vivía en condiciones de pobreza, ya sea por carencias sociales o por ingresos, dos años después había aumentado a 85.3 por ciento (Coneval, Informe de Evaluación de Políticas de Desarrollo Social, 2014). En 2010, 21.7 por ciento de los ciudadanos de Puebla había sido víctima de algún delito, en 2013 era ya 23.6 por ciento (INEGI. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública, 2011-2014). Esta situación no es atribuible exclusivamente al gobernador, aunque éste ha puesto su mejor empeño para hacerlas posible. Lo que sí es de su directa incumbencia es la criminalización de la protesta social y las decenas de presos de conciencia, de aquellos que solo han defendido legalmente lo que les pertenece.

Ciudadanos residentes en las faldas del Popocatepetl han expresado reiteradamente los riesgos asociados a la instalación del gasoducto Morelos en la zona de peligro del volcán, la respuesta a sus exhortos fue la represión y la cárcel; cientos de juntas auxiliares han exigido preservar las funciones de registro civil y el manejo de su hacienda, como ha sido establecido secularmente, ante esa demanda, la respuesta gubernamental fue la muerte de José Luis Alberto Tehuatlie Tamayo, la masacre, el amedrentamiento, y encarcelamiento de los presidentes de las juntas auxiliares de San Bernardino Chalchihuapan, La Resurrección y San Miguel Canoa. Oriundos de la precolombina Cholula (San

Andrés y San Pedro) defienden su patrimonio cultural material e inmaterial, amenazado por la ejecución del llamado parque de Las Siete Culturas, la respuesta del gobernador fue la represión y el encarcelamiento de los líderes de ese movimiento. En tan solo nueve meses (abril-diciembre de 2014) Moreno Valle encarceló a 47 defensores de su identidad y patrimonio.

Puebla tiene un legado cultural que defender y preservar, su territorio no son baldíos o desiertos que pueden enajenarse al mejor postor y explotarse degradando la calidad de los recursos naturales, exterminando la fauna y la base material para la reproducción de las culturas que ahí residen. Si hay defensa de identidades y territorios es porque existe una amenaza real sobre ellas, ampliamente documentada y, en ejercicio de las garantías constitucionales, los afectados han expresado su deseo de conservar esos recursos. Valorar esas demandas y ofrecer soluciones consensadas con base en la cultura y el derecho es lo deseable de alguien que se ostenta como mandatario.

## Contenido

## 3 Presentación

El siglo de la luz  
RAÚL MÚJICA

4 Historia de la cámara oscura y el ojo de orificio  
FRANCISCO-J. RENERO-C. Y EFREN SANTAMARÍA-J.5 Visión y percepción  
ARTURO OLIVARES PÉREZ

## 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. 35 · enero 2015

6

Mejorando la visualización  
de un gamagrama óseo  
ALBERTO JARAMILLO NÚÑEZ

7

La luz como herramienta  
en la fabricación de chips  
ALFONSO TORRES JACOME

8

El Sol: nuestra principal fuente de luz  
MARCELO DAVID ITURBE CASTILLO

9

Luz cósmica  
RAÚL MÚJICA

10

Rayos-T  
CARLOS GERARDO TREVIÑO PALACIOS

11

¿Cómo se produce la luz?  
RUBÉN RAMOS GARCÍA

12 La entrevista  
30 años del posgrado en Óptica del INAOE  
DENISE LUCERO MOSQUEDA

13 Instrumentación Óptica en el INAOE  
y el donativo del Profesor Gullberg  
ALEJANDRO CORNEJO

14 y 15 Homo sum  
Emigración a Estados Unidos desde la metrópoli  
SERGIO CORTÉS SÁNCHEZ

16 Reseña (incompleta) de libros  
La luz  
ALBERTO CORDERO

17 Mitos  
Los asteroides  
no son mi problema, comandante  
RAÚL MÚJICA

18 Efemérides  
Calendario astronómico enero 2015  
JOSÉ RAMÓN VALDÉS

Tras las huellas de la naturaleza  
La radiación solar  
en los sistemas naturales  
JUAN JESÚS JUÁREZ, TANIA SALDAÑA, CONSTANTINO VILLAR

19 A ocho minutos  
Vivitur ingenio:  
Astronomía en la Palafoxiana  
RAÚL MÚJICA

20 Tekhne Iatriké  
Luz que da vida y que daña  
JOSÉ GABRIEL ÁVILA-RIVERA

• Nuestra portada está conformada por cuatro carteles alusivos al Año Internacional de la Luz; éstos han sido tomados de la página <http://www.magic-of-light.org/iy2015/download.php#>  
Los autores son: Laszlo Bruder, Chakrabarty Catarina, Lukas Schwabe y Simon Schneckenburger



Raúl Mújica

El siglo de la luz



A mediados de 2013 un grupo de reconocidos científicos en el campo de la Óptica presentaron ante la Asamblea General de las Naciones Unidas la propuesta de un Año Internacional de la Luz. Primero en comités, en diciembre de 2013, y luego en la Asamblea General, la propuesta fue aceptada por decisión unánime: 2015 sería dedicado a la luz y a las tecnologías basadas en ella.

En 2015 coinciden aniversarios de grandes descubrimientos relacionados con la luz: han pasado mil años desde que el científico musulmán Ibn Al Haythem publicó su *Libro de Óptica*, su obra principal; en 1815 Agustin-Jean Fresnel estableció la naturaleza ondulatoria de la luz; en 1865 James Clerk Maxwell estableció la teoría de las ondas electromagnéticas; en 1915 Einstein desarrolló la teoría de la relatividad general, y en 1965 se detectó la Radiación Cósmica de Fondo y Charles Kao desarrolló la tecnología de fibras ópticas. Esto sería suficiente para tener un AIL; sin embargo, la ONU lo proclamó sobre todo por las potenciales aplicaciones de la luz.

Estas aplicaciones de la luz crean tecnologías revolucionarias que mejoran de manera importante nuestra calidad de vida, pero que infortunadamente, no nos damos cuenta. Durante 2015 será un buen momento para mostrarlas, y no será muy difícil, ya que la luz está presente en todos lados, desde el origen de la vida, en la salud, en comunicaciones e Instrumentos ópticos, y en el estudio del Universo; sin la luz que nos llega de los objetos celestes no podríamos conocer su naturaleza. El AIL puede servir para remarcar nuestra herencia cultural, para mejorar la educación en todos los niveles, impulsar el conocimiento de la naturaleza y, desde luego, mostrar las tecnologías en el arte.

La luz es central en la ciencia, tecnología, arte y cultura: puede ayudarnos a promover la educación en todos los niveles, y sus tecnologías impulsan el desarrollo. Las tecnologías basadas en la luz son un detonante económico que puede provocar una revolución en el siglo XXI, similar a la provocada por la electrónica en el siglo XX. De aquí es que algunos digan que el siglo XXI es el siglo de la luz; qué mejor ocasión para prepararnos

Es muy importante que la tecnología de luz sea apreciada. Durante 2015 se puede establecer una gran colaboración, regional, nacional e internacional, para crear programas a largo plazo con el objetivo de despertar vocaciones científicas entre la población más joven. Literalmente se trata de deslumbrar a las nuevas generaciones para que se dediquen a estudiar ciencias luego de conocer las bondades de la luz.

El Año Internacional de la Luz se ha planteado como un proyecto multidisciplinario educativo y de divulgación. Ha resultado tan incluyente que a la fecha cuenta con más de 100 socios de más de 85 países, México incluido.

Nuestra región es próspera en óptica y otras áreas relacionadas con la luz. Contamos con institutos como el INAOE, en el que la luz es común a las cuatro áreas que cultiva: Astrofísica, Óptica, Electrónica y Ciencias Computacionales; la BUAP tiene un numeroso grupo de investigadores en Óptica y en muchas más áreas relacionadas con la luz; la UDLAP cuenta con varios profesores investigadores

expertos en el tema, mientras que otras universidades, privadas y públicas, cuentan con profesores formados en esta área, ya sea en la BUAP o en el INAOE.

En colaboración con todas estas instituciones será entonces posible generar un excelente programa de actividades para todo el año. Conferencias, congresos, concursos, cursos, talleres, exposiciones y otras actividades más que serán anunciadas muy pronto en este mismo



suplemento, el cual, hasta donde sabemos, y dicho sea de paso, tiene en este primer número de SABERE SIENCIAS de 2015 la primera publicación dedicada completamente a la luz en el país. Esperemos que disfruten de los contenidos y que los motiven a seguir las actividades programadas a lo largo del año.

rmejica@inaoep.mx ✉

más información

<http://www.light2015.org/>

<http://www.luz2015.unam.mx/>

<http://www.inaoep.mx/luz2015>

MARZO 2015

**HAWC**  
High Altitude Water Cherenkov  
Gamma-Ray Observatory

PROXIMAMENTE

8<sup>va</sup> FILEC

Feria Internacional de Lectura  
Ciencia y Literatura en TONANTZINTLA

Informes:  
**Consejo Puebla de Lectura, A.C.**  
12 Norte 1808 Barrio del Alto,  
Puebla, Puebla, México  
Tel. +52(222) 4 04 93 13  
+52(222) 4 04 93 14  
[www.consejopuebladelectura.org](http://www.consejopuebladelectura.org)  
[consejopuebla@gmail.com](mailto:consejopuebla@gmail.com)

Celebrando el AÑO  
**INTERNACIONAL**  
**DE LA LUZ**

Del 12 al 15 de febrero de  
2015 de 9:00 a 19:00 h

Instalaciones **INAOE**  
Santa María Tonantzintla, Puebla  
**Entrada libre**

Informes:  
**Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica  
y Electrónica.**  
Calle Luis Enrique Erro No. 1,  
Tonantzintla, San Andrés Cholula,  
Puebla.  
Tel. +52(222) 2 66 31 00  
Ext. 7011, 7013, 7014 y 7016  
[www.inaoep.mx](http://www.inaoep.mx)  
[difusion@inaoep.mx](mailto:difusion@inaoep.mx)

Francisco J. Renero C. y Efrén Santamaría J.

La mayoría de las personas sabemos que podemos formar una imagen invertida con una lente positiva (lupa) o con un espejo cóncavo (fondo de una cuchara). Pero pocos saben que con un orificio pequeño también se obtienen imágenes invertidas. Y debe ser pequeño al compararlo con el tamaño espacial de las ondas de luz que lo atraviesan, en el caso la luz que nuestros ojos perciben sería de unos 0.25 mm. Es lo que conocemos como la cámara oscura.

Este fenómeno, utilizar un orificio para formar imágenes invertidas, es conocido desde el siglo V a.c. (Mo-Ti, filósofo chino que describe la imagen invertida al pasar por un orificio, aunque el dato no es fácil de corroborar). Ibn al-Haytham (Alhazen, apodado Tolomeo Segundo), filósofo, físico, matemático y médico, en el año 1000 de nuestra era, es de los primeros en describir la cámara oscura y al que también se le atribuye el estudio del ojo desde la óptica; decía que los ojos emitían rayos de luz que eran reflejados por los objetos y regresaban a nuestros ojos. Leonardo Da Vinci (1490), quien conocía el trabajo de los árabes, esquematizó la cámara oscura, entre sus tantas aportaciones a la ciencia y tecnología. Un italiano de nombre Giovanni Battista Della Porta, en su libro *Maggia Naturalis*, publicado en Nápoles, Italia, en 1558, también describe la cámara oscura. Este libro, basado en sus observaciones, fue revisado y ampliado a lo largo de su vida; incluye varios temas de ciencia, medicina, comida, perfumes, entre otras. Entre sus aportaciones encontramos la cámara oscura.

En el siglo XVII un pintor alemán de nombre Johannes Vermeer se hizo famoso por la composición de sus pinturas (ubicación, simetría, proporción). Sin embargo, su técnica fue cuestionada. En 1891, en una revista de fotografía, se especuló que la técnica de Vermeer usaba una cámara oscura, pero no se pudo comprobar. En el libro *Inside the camera obscura Optics and Art* (Wolfgang Lefrévre Ed, 2007) se dice que para lograr tal composición se pudo haber auxiliado de elementos ópticos. ¿Cómo probar si la usó o no? No existe ninguna cámara oscura que haya sobrevivido desde el siglo XVII. Tampoco existe registro de que la hayan usado pintores de la época. Aunque sí existe una carta famosa escrita en 1622 en Inglaterra de Constantijn Huygens (1596-1685, poeta y padre de Christiaan Huygens), en la que afirma haber experimentado con la cámara oscura de Cornelis Drebbel (1572-1633), un alemán innovador en tecnología de la época, al que se le atribuye la construcción del primer submarino y aportaciones a la óptica. Parece claro que la cámara oscura existe desde el siglo XVII y es difícil pensar que los artistas de la época no fueron tentados a usarla.

En nuestros días varios son los autores y textos donde se describe la cámara oscura como un sistema óptico que forma imágenes. Las primeras fotografías se hicieron con este sistema óptico, por lo que en la actualidad se pueden conseguir cámaras oscuras comerciales, y diferentes formas de fabricar la propia. Pero algo más atractivo e interesante es que se ha demostrado su uso como microscopio a nivel atómico (Atom "Pinhole Camera" with Nanometer Resolution, V. I. Balykin et al, JETP Letters, 2006, Vol. 84, No. 8, pp. 466-469. © Pleiades Publishing, Inc., 2006).

Pero la cámara oscura más antigua la posee el Nautilus, el fósil viviente. Molusco de la familia de los cefalópodos (como los pulpos), tiene concha, se le encuentra en el océano indo-pacífico (latitud 30°N a 30°S y longitud 90° a 175° E) y a profundidades entre 200 y 400 metros. Una pregunta que quizá ya se hicieron es: ¿por qué fósil viviente? Porque ha sobrevivido millones de años sin cambios.

## Historia de la cámara oscura y el ojo de orificio

Sabemos que la vida surgió del agua, el sentido común y la comprobación científica muestran que los ojos evolucionaron junto con los seres vivos que fueron poblando la tierra. Los primeros seres vivos tuvieron sensores que les permitían distinguir el día de la noche. Estos sensores evolucionaron para percibir la diferencia entre la luz que llegaba del sol y la que reflejaban los objetos a su alrededor. La evolución continuó y cada ojo, dependiendo del hábitat del individuo, se adaptó a su medio ambiente.

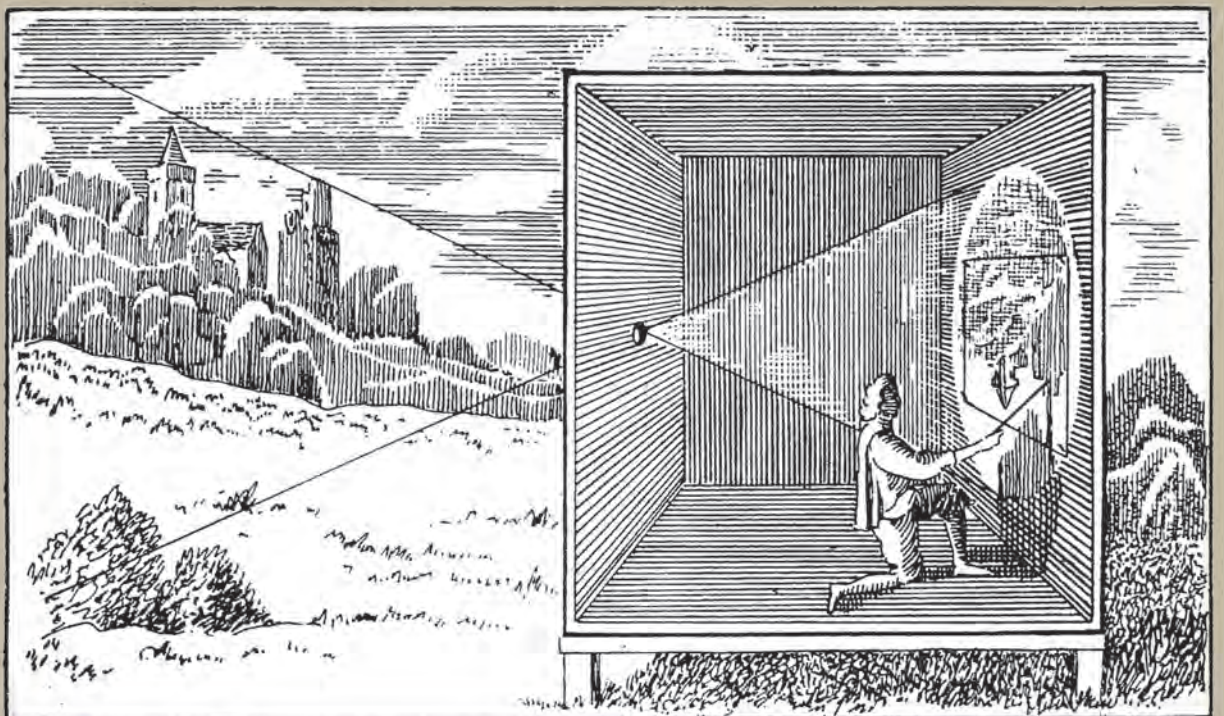
El Nautilus posee el primer ojo que forma imágenes, compuesto por un orificio y la retina. El ojo de orificio es uno de los más primitivos, sus antecesores sólo percibían luz, no formaban imágenes. Técnicamente estamos ante una cámara oscura; es decir, un orificio que forma imágenes invertidas.

Siempre resuena en mi cabeza ¿inventamos o descubrimos?, ¡descubrimos e inventamos! ¡Bueno! Lo importante es entender todos los fenómenos naturales y poder reproducirlos artificialmente.Ⓔ



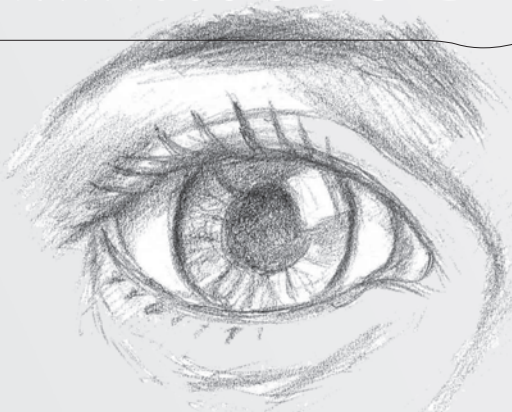
• **Figura 1.** Ilustración del uso de la cámara oscura en la pintura. Imagen tomada de <http://www.criticoconstante.com/files/2013/07/camera-obscura.jpeg>

• **Figura 2.** Nautilus. University of Bristol, Nautiloidea (2004), Nautilus. Consulta realizada el 12 de diciembre de 2014, <http://palaeo.gly.bris.ac.uk/palaeofiles/fossilgroups/cephalopoda/nautiloidea.html>



Arturo Olivares Pérez

# Visión y percepción



**V**isión se refiere a la capacidad del sentido de la vista para interpretar el entorno que nos rodea a través de los rayos luminosos, que son colectados por el ojo. La percepción visual involucra a los estímulos cerebrales inducidos por las imágenes formadas por los órganos visuales. Ambos procesos nos ayudan a vivir de forma cotidiana con nuestro entorno. Los ojos son órganos especializados en coleccionar luz y en formar una imagen cada 1/24 de segundo, en promedio.

Para entender la visión hay que adentrarnos en la arquitectura del ojo y revisar sus partes. Haremos énfasis en dos partes fundamentales: el cristalino y la retina.

**El cristalino** es la lente orgánica biconvexa que forma la imagen sobre la retina. El cristalino está formado por células alargadas (fibras), compuestas principalmente por proteínas llamadas cristalinas. Estas fibras se producen durante toda la vida humana, por diferenciación de las células originadas en el epitelio. Como consecuencia de ello, el espesor de la lente crece con la edad del sujeto: en la corteza anterior y posterior, las nuevas capas de fibras se superponen a las viejas formando estructuras concéntricas estratificadas, transparentes, similares a las capas de una cebolla.

**La retina** es el lugar donde se forma la imagen producida por el cristalino. Es un tejido sensible a la luz situado en la superficie interior del ojo. Es similar a una tela donde se proyectan las imágenes. La luz que incide en la retina desencadena una serie de fenómenos químicos y eléctricos que finalmente se traducen en impulsos nerviosos que son enviados hacia el cerebro por el nervio óptico.

## FÓVEA Y FOVEOLA

En la retina hay una zona circular de 1.5 mm de diámetro, súper sensible, conocida como fovea, donde se concentra el mayor número de células especializadas para detectar los colores conocidos como conos.

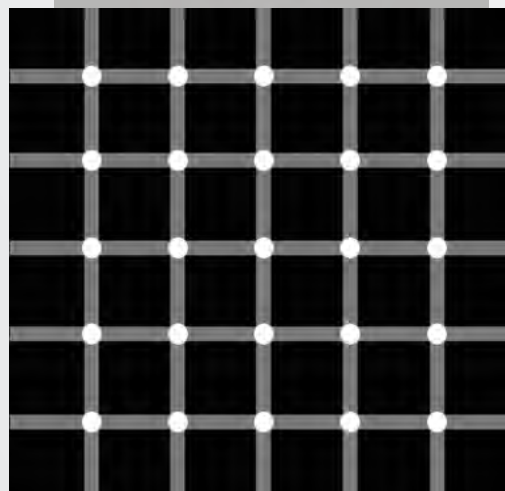
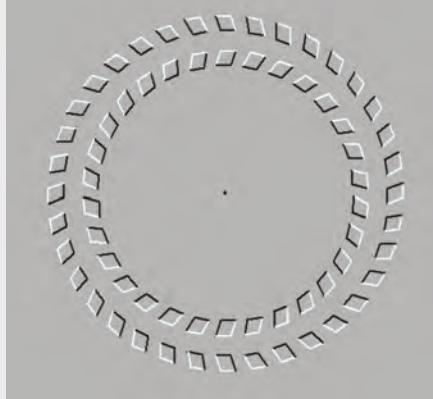
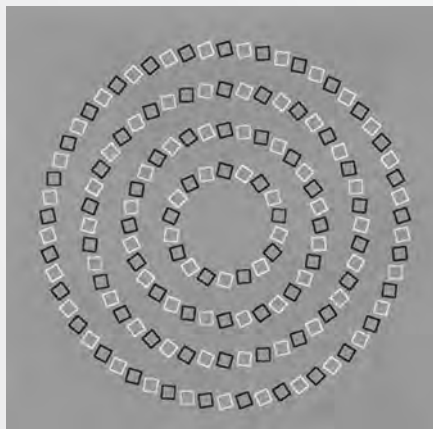
En el centro de esta área circular, y con un diámetro no mayor de 0,35 mm, está la zona llamada foveola, donde solo existen cerca de 25 mil conos (no hay bastones) muy delgados (con un diámetro no mayor de 2 μm) abarcando un campo visual de, aproximadamente 1°.

A su vez, en el centro de esa área, con un diámetro de 0,1 mm, se halla lo que se denomina punto de fijación, que abarca un campo visual de 20' y donde existen aproximadamente 2000 conos.

En toda la zona de la foveola los conos están conectados a una sola celda bipolar y solo a una celda ganglionar, lo que individualiza cada cono con un axón del nervio óptico, permitiendo, por consiguiente, tener la mayor resolución óptica (y visual).

**Conos y Bastones:** En la retina humana existen cerca de 140 millones de detectores. De estos, aproximadamente, 6 millones son conos. El resto son bastones o bastoncillos.

Hasta hoy, por métodos indirectos, se han detectado tres tipos de pigmentos



▲ Patrones de círculos por efectos de acomodación: 1) efecto de entrelazamiento de círculos, 2) movimiento de círculos, se produce al alejarse y acercarse a los círculos visualizando el punto central. Cabe decir que todos los círculos son concéntricos. Al alejarse de las imágenes podrá ver los círculos concéntricos de los 2 patrones.

Rejilla de Hermann.

▼ Visualización de una rana y de un caballo, esto es debido a la interpretación de dominancia de patrones de grises por rotación. Elementos de la naturaleza espacialmente congruentes con un rostro.

en los conos. Cada uno de ellos corresponde a uno de los mecanismos de la visión del color. Por esta razón los colores primarios son tres: rojo, verde y azul.

**Los bastones.** En la retina del ojo, existen cerca de 130 millones de bastones. Sin embargo, en la parte central de la misma, conocida como la fovea, que coincide con el centro óptico del ojo, no hay bastones. Los

bastones o bastoncillos son los responsables de la máxima sensibilidad a la luz o, en otras palabras, los que nos permiten ver cuando los niveles de iluminación son muy bajos (como, por ejemplo, de noche, con la luz de las estrellas). Se cree que los bastones no contribuyen en modo significativo a la visión de los colores. Los bastones son sensibles aún a niveles muy bajos de iluminación, casi en el nivel cuántico. En los bastones hay un pigmento visual que se conoce como rodopsina o púrpura visual.

**Sinapsis:** La imagen formada sobre la retina y detectada por los bio-fotosensores, conos y bastones, mandan el estímulo a través de los ganglios neuronales, transformando estimulaciones fotoquímicas a eléctricas, a través del nervio óptico hasta el cerebelo, en esa zona ocurre la interpretación del entorno que nos rodea a través de la visión.

La sinapsis es una unión (funcional) intercelular especializada entre una neurona y una célula efectora (glandular). En estos contactos se lleva a cabo la transmisión del impulso nervioso. Ésta se inicia con una descarga química que origina una corriente eléctrica en la membrana de la célula emisora; una vez que este impulso nervioso alcanza la conexión con la otra célula, la propia neurona segrega un tipo de compuestos químicos que se depositan en el espacio sináptico (espacio intermedio entre esta neurona transmisora y la neurona postsináptica o receptora). Estas sustancias segregadas o neurotransmisores son los encargados de excitar o inhibir la acción de la otra célula llamada célula post sináptica.

## PERCEPCIÓN

La Percepción visual es la interpretación cerebral de los estímulos electro-químicos generados por todo el proceso de visión. Las fotos sensores están limitados a un ancho de banda espectral electromagnética de entre 400nm a 700nm, "el cual denominamos la realidad visible". Pero el cerebro también tiene su interpretación.

**Ilusiones Ópticas:** no siempre podemos confiar de nuestras percepciones visuales. Los componentes de un objeto pueden distorsionar la percepción del objeto. Nuestra mente es el árbitro final de la verdad. La mayoría de las ilusiones ópticas son el resultado de 1) elementos incongruentes en extremos opuestos de las líneas paralelas en un diseño, 2) influencia de los patrones del fondo sobre los elementos globales de un diseño, 3) el ajuste de nuestra percepción en los márgenes de áreas con alto contraste, 4) imágenes residuales en la retina que resultan de los movimientos oculares o de imágenes cinéticas, o 5) la incapacidad para interpretar la estructura espacial de un objeto con el contexto proporcionado por la imagen.

Como el fenómeno de la inhibición lateral que permite explicar fenómenos como el de la rejilla de Hermann, donde al mirar la rejilla en conjunto, vemos que en las intersecciones aparecen puntos grises, puntos que desaparecen si nos fijamos directamente en la intersección, demostrando que no son reales.

El cerebro, a través de su evolución, se hizo experto en patrones, es decir todas las experiencias e imágenes visualizadas en nuestra vida están guardadas en el cerebro, el cual al visualizar algo incongruente o desconocido el cerebro trata de adivinar el resto de la imagen produciendo los efectos visuales.☞



Alberto Jaramillo Núñez

## Mejorando la visualización de un gamagrama óseo

El año 2015 ha sido nombrado por la Unesco Año Internacional de la Luz. En la práctica, el término luz puede tener varios significados; sin embargo, en este texto será usado para referirnos a la porción del espectro electromagnético con longitudes de onda, en el vacío, que se encuentran en el intervalo de entre 1  $\mu\text{m}$  y 100 nanómetros. Este intervalo espectral incluye el cercano infrarrojo (NIR), el visible, y el ultravioleta (UV) y abarca la así llamada ventana terapéutica (o diagnóstica), la cual es de gran importancia en el área de la Óptica Biomédica. Dentro de este intervalo se encuentra el tema que trataremos a continuación y que está relacionado con la visualización de la metástasis ósea originada por la dispersión del cáncer al sistema óseo.

En el cáncer, las metástasis óseas son una complicación común y severa de la enfermedad avanzada. Las metástasis óseas pueden ser de tipo osteolíticas, osteoblásticas o una combinación de ambas. En las metástasis de tipo osteolíticas la enfermedad disuelve algunos de los minerales que contiene la masa ósea disminuyendo su densidad. En una radiografía, éstas se observan como zonas más oscuras que el hueso de alrededor. En las metástasis de tipo osteoblásticas se forma hueso y en una radiografía se observan como zonas más blancas que el hueso circundante.

Las metástasis óseas son frecuentes y se pueden observar en varios tipos de cáncer, pero preferentemente ocurren en pacientes con cáncer de mama, próstata, tiroides, riñón, vejiga y pulmón. Es tan común esta enfermedad ósea que entre 30 y 85 por ciento de los pacientes con cáncer de mama desarrollarán al menos una metástasis ósea en el transcurso de la enfermedad.

Los bifosfonatos más recientes son capaces de reducir significativamente la razón de las metástasis óseas en pacientes con cáncer, particularmente cuando se usan tempranamente durante el proceso de la enfermedad. Por consiguiente, hay un requerimiento claro para identificar a los pacientes con metástasis óseas tan tempranamente como sea posible, y desarrollar medios específicos y sensitivos para monitorear la eficacia del tratamiento y predecir las consecuencias.

La técnica de diagnóstico para la enfermedad ósea metastásica tradicionalmente se enfoca en la localización y caracterización de la lesión empleando diferentes técnicas de imagen, tales como radiografías, tomografía computarizada, resonancia magnética, escaneo óseo y tomografía de emisión de positrones. En etapas tempranas del proceso de la enfermedad, cambios en la morfología esquelética o absorción del radionúclido pueden ser discretos, no específicos o completamente ausentes.

A continuación comentaremos un estudio que es eficiente para conocer la dispersión del cáncer al sistema óseo llamado escaneo óseo, gamagrafía ósea o cintigrafía ósea. Mencionaremos brevemente en qué consiste y los problemas que se tienen para discernir si lo

que se observa es una metástasis o alguna otra enfermedad ósea.

La gamagrafía ósea es un tipo de procedimiento de radiología nuclear. Para realizar el examen se utiliza una sustancia radioactiva la cual es suministrada al paciente por vía intravenosa con el fin de visualizar los huesos. Dicha sustancia radioactiva, llamada radionúclido radiofármaco o radiotrazador, se acumula dentro del tejido óseo en los lugares donde el metabolismo está alterado o donde existe un crecimiento del tejido óseo anormal.

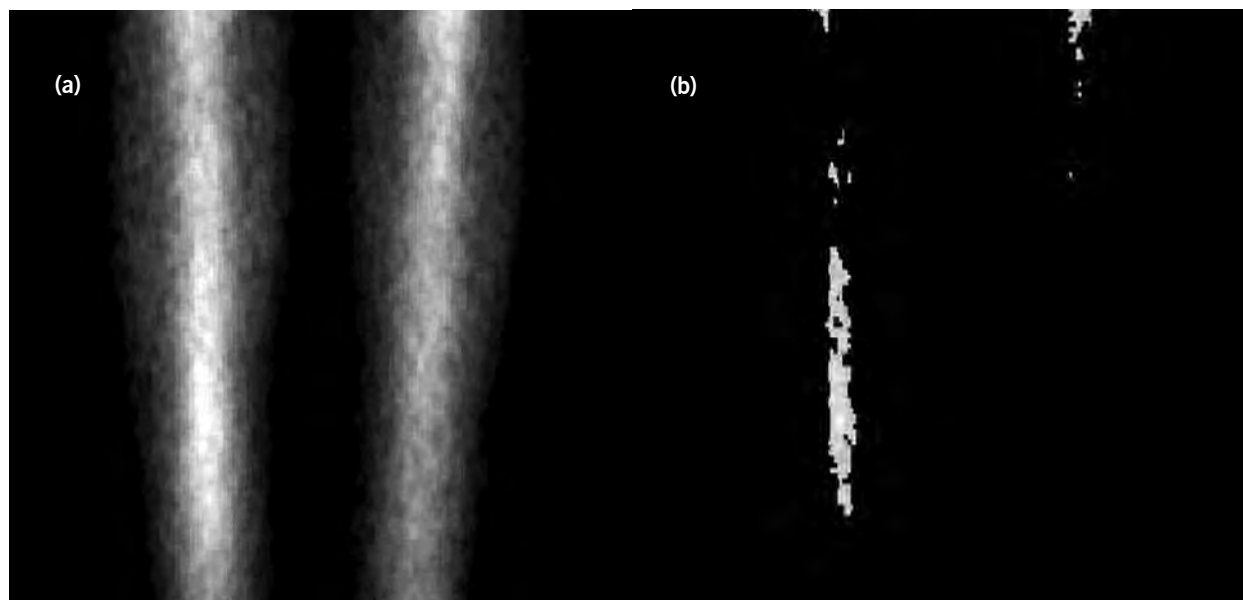


Figura 1. Descripción del método de comparación, a) zona elegida para analizar y b) resultado de la comparación

El radionúclido utilizado con mayor frecuencia es el difosfonato de tecnecio. Después de un tiempo de dos a cuatro horas de ser administrado éste se adhiere al hueso en zonas con anomalía ósea. Éste emite un tipo de radiación conocida como radiación gamma, que se registra con una cámara gamma y después se envía a una computadora la cual procesa la información y la transforma en una fotografía de los huesos.

Las áreas donde se concentra el radionúclido se denominan "zonas o puntos calientes" y pueden indicar la presencia de afecciones tales como tumores óseos malignos (cancerosos), metástasis de cáncer óseo (cáncer que se originó en otra zona), infecciones óseas, artritis, inflamaciones óseas o traumatismos de huesos que no se detectan en las radiografías comunes así como otros trastornos que afectan los huesos.

Desde 1960 la cintigrafía ósea fue considerada el método diagnóstico con la sensibilidad más alta para la vigilancia del cáncer debido a su alta sensibilidad comparada con la tecnología de rayos X. También se considera que es muy confiable para hallar metástasis predominantemente osteoblásticas. Para cáncer de mama se ha reportado en el rango de 62 a 100 por ciento la sensibilidad y 72 a 100 por ciento la especificidad. Cambios degenerativos, infecciones y fracturas también generan puntos calientes, lo que da como origen diagnosticar falsos positivos y eso hace que disminuya la eficiencia del gamagrama óseo.

Generalmente, los tonos de gris de la imagen de un gamagrama son bajos, lo que origina que el contraste sea inadecuado para su análisis visual. Esto se debe principalmente a que los tonos de gris más altos corresponden a la zona de la vejiga o al lugar donde se inyectó el marcador. Este inconveniente y la

actividad osteoblástica que se puede dar, debido no precisamente a una metástasis, hacen que en ocasiones sea difícil diferenciar cuándo se trata de una metástasis y cuándo se trata de alguna otra anomalía. Para resolver este problema algunos investigadores de INAOE han abordado el problema con el fin de tratar de hallar una solución que ayude a incrementar la sensibilidad.

A continuación se describe brevemente una técnica que consiste principalmente en analizar los valores de los tonos de gris de la imagen del gamagrama y que

ayuda a incrementar su eficiencia. Primero se elige la zona a analizar (ver Fig. 1.a). Después, se van poniendo a cero los píxeles de la imagen cuyo valor sea menor a un umbral elegido en función del tono de gris más bajo hallado dentro de la parte del cuerpo visualizada en la imagen (para el caso de la Fig. 1.a la búsqueda se hace dentro de las piernas). Cuando se trata de un paciente sano hemos encontrado que este valor corresponde a un tono de gris de 5 (al que llamaremos tono de gris mínimo ideal). Posteriormente este valor se incrementa en una unidad y así se conti-

núa hasta que toda la imagen se ve negra (se apaga).

Esto se cumple en la zona elegida si y solo si el paciente tiene sus huesos sanos. Hemos encontrado que el tono de gris para los casos sanos es del orden de 15 (al que llamaremos tono de gris máximo ideal). Cuando el paciente tiene alguna anomalía ósea dentro de la zona elegida ésta no se verá negra aun cuando el resto de la imagen sí (ver Fig. 1.b). A esta técnica la hemos llamado método de comparación y hasta ahora ha dado buenos resultados en la búsqueda de enfermedades óseas diferentes a las metástasis.

Como conclusión se tiene lo siguiente. Cualquier incremento apreciable, por pequeño que sea, respecto a los tonos de gris máximo y mínimo ideales es un indicativo de que algo anda mal. Algo interesante que hemos encontrado en huesos con metástasis es que los tonos de gris mínimo y máximo ideales se incrementan lentamente a medida que su estado de salud se deteriora. Para que el método sea eficiente en la búsqueda de cambios degenerativos, infecciones y fracturas es necesario realizar la búsqueda de los tonos de gris mínimos y máximos ideales, analizar las formas de las zonas que quedan prendidas así como aplicar el método de comparación en la zona elegida. La distribución de los píxeles prendidos obtenida, después de aplicar el método de comparación, así como los tonos de gris mínimo y máximo de la imagen, son esenciales para determinar el tipo de enfermedad ósea observada. De esta forma es posible incrementar la eficiencia del gamagrama. Lo anterior se puede usar también para monitorear el avance de una metástasis así como para dar seguimiento al funcionamiento de terapias o fármacos. ☞

Alfonso Torres Jacome

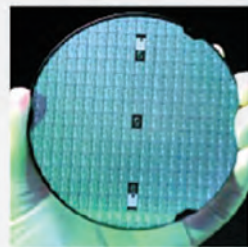
# La luz como herramienta en la fabricación de chips

La fabricación de circuitos integrados y dispositivos semiconductores requiere de la ejecución de una larga secuencia de muchos y complejos procesos. La Litografía, una de las tecnologías relacionadas a la luz, es uno de estos procesos que se usan desde 10 y hasta más de 30 veces en un flujo típico de fabricación de circuitos integrados. No solo es muy usado; también define las dimensiones de los dispositivos, el dopado y las interco-

- **Confiabilidad;** al tener más integración de sistemas complejos, hay menos conexiones mecánicas, mejorando la confiabilidad.

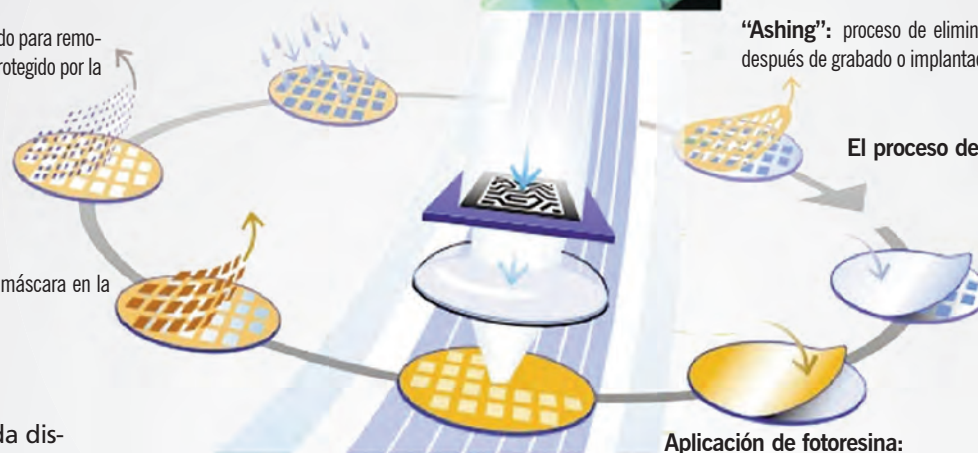
En suma, la litografía es la tecnología detrás de procesadores más rápidos, chips de memoria masiva, cámaras digitales de alta resolución y electrónica inteligente.

Para los fabricantes de chips, la litografía es etapa crítica de fabricación, y para



**Grabado o implantación:** grabado para remover silicio u otro material que no esté protegido por la fotoresina usando químicos o plasma. Implantación de iones que selectivamente, en las áreas no cubiertas por la fotoresina cambia la conductividad del silicio.

**Revelado:** se deja el patrón imagen de la máscara en la fotoresina en la superficie de la oblea.



**"Ashing":** proceso de eliminación de la fotoresina después de grabado o implantación mediante plasma.

El proceso de manufactura de chips

**Depósito:** agregando una nueva capa de silicio u otro material sobre la oblea.

**Aplicación de fotoresina:** se cubre la oblea con fotoresina.

**Exposición:** usando luz se transfiere la imagen de la máscara a la fotoresina.

nexiones en cada segmento de cada dispositivo. Literalmente, este proceso de litografía define casi todos los elementos funcionales en un circuito integrado.

El dominio de la litografía en el proceso de fabricación de circuitos integrados es tal que consume cerca de 60 por ciento del ciclo total de fabricación y alrededor de 40 por ciento del costo de fabricación de un circuito integrado. Y su impacto es tal que, sin el desarrollo de ésta, no se hubiera alcanzado la ubicuidad y bajo costo de la electrónica moderna.

Pero, ¿qué es litografía?: Es una técnica de impresión inventada hace ya 200 años. En electrónica "fotolitografía" o "nanolitografía", son actualizaciones de esta vieja técnica mediante la cual se produce una imagen óptica de circuitos electrónicos sobre una capa sensible a luz. Actualmente la litografía que se usa para fabricar chips utiliza luz ultravioleta para obtener patrones muy pequeños, con dimensiones del orden de 40 nanómetros (1 nanómetro, denotado como nm, es una millonésima de milímetro) a una velocidad muy grande. Lo que hace de esta litografía la más avanzada, costosa y demandante tecnología de fabricación de chips.

Gracias a esta tecnología es que la industria de fabricación de chips se ha mantenido: por la necesidad de hacer chips cada vez más pequeños, con mayores funciones y a menor precio. Éstos se producen masivamente sobre sustratos de silicio, llamados obleas, de 1 mm de espesor y diámetros de 20 o 30 cm. Después cada chip se separa de la oblea. Cada oblea es como un pieza valiosa de terreno, donde se construyen cada día más chips libres de defectos y así se obtienen mayores ganancias.

Hace ya más de 40 años Gordon Moore (co-fundador de Intel) predijo que la tecnología duplicaría el número de componentes de un chip en intervalos regulares de tiempo, lo que daría mas funcionalidad y reduciría costos. Predicción que ha regido a la industria de semiconductores.

La tecnología que ha hecho posible esta revolución en la manufactura de chips es la litografía. Cada nuevo desarrollo en esta tecnología facilita que más chips se realicen en obleas de silicio con mayores funcionalidades. El resultado de hacer chips más pequeños es:

- Reducción de los costos de producción; por lo tanto, un precio de venta menor.
- Aumento en el funcionamiento del chip con menor consumo de potencia y dispositivos más veloces por su menor tamaño.
- Con el menor consumo de potencia se logran equipos móviles con mayor duración de la batería.
- Portabilidad; con más sistemas acomodados en un chip, se requieren menos componentes y así tenemos por ejemplo los teléfonos celulares.

entender esto revisaremos rápidamente el proceso de fabricación de chips.

Las capas que forman un chip se van construyendo mediante un ciclo repetitivo de tratamiento térmico a las capas y un proceso de litografía. En éste se seleccionan las regiones donde se efectúan las adiciones selectivas de cada material. La figura ilustra este proceso. Entre más complejo es el chip, más capas son requeridas. En los avanzados procesos actuales, con dimensiones de dispositivos de 40 nm, se necesita de hasta 40 capas de material por chip. Algunas capas requieren de menores dimensiones y mayor precisión que otras. La exactitud con que se hace coincidir una capa sobre la anterior se llama "registro", y los equipos actuales tienen un registro de 5 nm. Un cabello humano tiene unos 50 mil nm de ancho y crece 5 nm por segundo; 1 nm tiene la longitud de cuatro átomos de silicio.

Una consecuencia de que la litografía sea capaz de resolver estas extremadamente pequeñas dimensiones es que un chip moderno, como el del núcleo de una computadora, que tiene más de mil millones de transistores en una área de silicio de poco más de 1.5 cm<sup>2</sup>, resultando en un costo por componente de apenas 2 milésimas de centavo de dólar, y en consecuencia, un precio al consumidor cada vez menor y con mayor número de funciones.

Es pertinente mencionar que todo este desarrollo no ha sido fortuito ni simple. Para alcanzar a resolver por medio de litografía dimensiones cada vez más pequeñas es necesario contar con fuentes de luz con longitud de onda más y más pequeña y de muy alta estabilidad. Así, los primeros sistemas de litografía usados en la industria de semiconductores usaban como fuente de luz lámparas de mercurio. Éstas proporcionaban iluminación suficiente para poder resolver dimensiones de hasta 2.5 micrómetros (µm). Los patrones geométricos a ser transferidos se ponían en contacto con la resina fotosensible y con el tiempo se dañaban. Surgió así la litografía por proximidad y posteriormente por proyección. Las fuentes luminosas son ahora láseres con longitudes de onda que han recorrido desde los 436 nm, longitud de onda usada para resolver 1.25 µm de dimensión mínima, hasta la actual longitud de onda de 157 nm llamada ultravioleta profunda (DUV), y que ha resultado en el desarrollo un láser de excímero de F<sub>2</sub> y el uso de lentes muy específicas, que no presentan problemas con la transmisión de esta luz.

Sin el desarrollo de las tecnologías relacionadas con la luz, muchas áreas de la moderna tecnología no tendrían una evolución tan grande, como es el caso de la tecnología de fabricación de chips. Sin litografía no tendríamos a la electrónica presente en todos los aspectos cotidianos de nuestra vida y a un costo cada vez menor.

Marcelo David Iturbe Castillo

## El Sol: nuestra principal fuente de luz

Todo objeto que emite luz se dice que es una fuente de luz, y el Sol resulta ser, para los seres humanos, nuestra principal fuente de luz. Pero, ¿qué es la luz? Para entender lo que se describe más adelante será suficiente considerar a la luz como una forma de energía, específicamente energía electromagnética, cuya unidad básica es el fotón. Nuestro sistema visual está adaptado para ver aquella luz que se encuentra en lo que se llama la región visible del espectro electromagnético. Sin embargo, esta región representa sólo una pequeña porción de toda la luz, ya que existen otras partes del espectro conocidas como: las ondas de radio, las micro-ondas, el infrarrojo, el ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. Se puede decir que el Sol emite en todos los colores posibles de la luz y que solo la porción que deja pasar la atmósfera terrestre es la que llega hasta la superficie de la Tierra. Y a pesar de que cuando llega la noche pensamos que no nos sigue iluminando, en realidad sí lo hace. Nos ilumina de forma indirecta, dado que en la noche algunos objetos astronómicos los podemos ver ya que reflejan su luz. Como es el caso de la Luna, los planetas y los asteroides.

Pero, ¿qué tanto sabemos acerca del Sol? Primero que nada el Sol es una estrella, o sea que es un objeto que emite luz y que se localiza en el centro de lo que llamamos el sistema solar, el cual está compuesto por los planetas, las lunas (o satélites naturales), los meteoros, los cometas y polvo. Esta estrella se encuentra a una distancia de 149.6 millones de km de la Tierra, por lo que la luz emitida en su superficie tarda ocho minutos en llegar a la tierra (la luz viaja a una velocidad de 300 mil kilómetros por segundo). La edad del Sol es de 4 mil 600 millones de años y está apenas a la mitad de su vida. El Sol tiene un diámetro de 1 392 000 km; esto es, 109 veces mayor al de la Tierra (el radio de la Tierra es de aproximadamente 6 mil 300 km). Contiene 99.85 por ciento de la masa de todo el sistema solar y, a pesar de eso, está compuesto principalmente de elementos gaseosos: Hidrógeno (70 por ciento) y Helio (28 por ciento). Solo 2 por ciento de su masa

corresponde a otros elementos de la tabla periódica. Se sabe que aproximadamente la mitad de la masa del Sol y 98 por ciento de su energía se encuentran contenidos en una región central (núcleo) con una dimensión de un cuarto del radio solar. En su núcleo la densidad es de aproximadamente 156 mil kilogramos por metro cúbico y la temperatura es de aproximadamente 15.8 millones de grados Kelvin. Rodea al núcleo una zona conocida como radiativa que es opaca al paso de radiación, donde la temperatura decae a 2 millones de grados Kelvin. Rodea a la zona de radiación la zona convectiva. A la luz producida en el núcleo le toma aproximadamente 170 mil años en llegar a la superficie del Sol. Rodean a la superficie dos regiones conocidas como la atmósfera y heliósfera, que podemos observar desde la Tierra, y podemos decir que son las menos entendidas y donde ocurren fenómenos como las manchas solares y las protuberancias. La temperatura en la superficie del Sol es de 6 mil grados Kelvin. El Sol es una masa de gas esférica debido a que existe un equilibrio entre las fuerzas de

contracción, como la gravitación, y las de expansión, debidas al calor producido por las reacciones nucleares del núcleo. El Sol gira no como un cuerpo rígido, esto es, no todas las partes se mueven con la misma velocidad, pero en promedio se puede decir que tarda en dar una vuelta sobre su eje aproximadamente 30 días (25 días en su ecuador y 35 días cerca de sus polos). Como dato adicional y curioso, la Luna, que sí se puede considerar como un cuerpo rígido, da una vuelta sobre su eje en 29.5 días.

El Sol no es una estrella estática, esto es, algunas de sus características tienden a cambiar con el tiempo. Hay variaciones que sólo duran unos cuantos minutos y otras que pueden tomar varios años. Por ejemplo, en la superficie del Sol se pueden observar regiones llamadas gránulos que tienen un diámetro promedio de 1100 km y los cuales varían en cuestión de minutos. También existen regiones más grandes llamadas féculas que tienen una forma irregular. Las protuberancias son regiones brillantes que salen de lo que es el disco solar y que pueden durar minutos y en algunos raros casos días. Hay materia que puede ser expulsada por el Sol; esto ocurre en las erupciones, y que en algunas ocasiones son tan energéticas que se pueden observar sin necesidad de algún filtro especial. De hecho este tipo de eventos son tan energéticos que pueden perturbar el ambiente electromagnético en todo el Sistema Solar. Otra manifestación de que el Sol es una estrella dinámica son las manchas solares, las cuales, se cree, son regiones donde el campo magnético del Sol no permite que parte de la energía llegue a la superficie. Lo cual hace que esa región esté con una temperatura ligeramente menor que el resto de la superficie, y es por ello que se ve oscura.

En la búsqueda de otros planetas que posiblemente orbitaran entre el Sol y la Tierra se descubrió que las manchas solares aumentaban (disminuían) en ciclos de 11 años. De hecho se tomó al año 1750 como el ciclo cero para el máximo de manchas, por lo que en 2014 el Sol debió estar en el máximo del ciclo 24, sin embargo, el número de manchas que presentó no fue el esperado. Entre 1645 y 1715 se registró que el Sol casi no presentó manchas y en este periodo se registraron inviernos más fríos y veranos breves y frescos. Lo que lleva a suponer que existe una relación entre la actividad del Sol y el clima en la Tierra. Sin embargo, eso es algo que requiere de más estudio ya que el problema no es simple por la gran cantidad de variables que se tienen que tomar en cuenta. Es por ello que actualmente existen instrumentos que observan y oyen al Sol todo el tiempo, tanto desde la superficie de la Tierra como fuera de su atmósfera. Estos instrumentos permiten recabar información para que en el futuro se tengan mejores modelos y teorías de cómo es y cómo funciona el Sol, así como para entender cómo su actividad puede afectar a la Tierra y a la humanidad.

[diturbe@inaoep.mx](mailto:diturbe@inaoep.mx) ✉

LA EDAD DEL SOL ES DE  
4 MIL 600 MILLONES DE AÑOS  
Y ESTÁ APENAS  
A LA MITAD DE SU VIDA.

EL SOL TIENE UN DIÁMETRO  
DE 1 392 000 KM;  
ESTO ES, 109 VECES MAYOR AL  
DE LA TIERRA

▲ Eclipse parcial de sol y protuberancias solares del 23 de octubre de 2014. Fotografía tomada en el INAOE en Tonantzintla, Puebla, utilizando el telescopio solar.

► El sol y venus el 5 de junio de 2012. Fotografía tomada en el INAOE en Tonantzintla, Puebla, utilizando el telescopio solar.



Raúl Mújica



La luz es el medio principal por el cual estudiamos 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, como los rayos X o el infrarrojo.

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

Sin embargo, 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.

Si la mayor parte de 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 discernir características de las estrellas, nebulosas, galaxias que están fuera de nuestro alcance.

Así que no sólo basta con observar, debemos registrarla para posteriormente analizarla. Mientras más luz podamos coleccionar, mejor será nuestro análisis, por eso es que se diseñan y construyen telescopios cada vez más grandes y detectores cada vez más sensibles. La luz es la materia prima de la astronomía.

Por otro lado, 2009 fue el Año Internacional de la Astronomía, durante el cual hubo una gran coordinación a nivel mundial y muchos de los programas que surgieron aún continúan funcionando. Aprovechando esta experiencia es que los astrónomos, profesionales y aficionados, se pueden sumar al Año Internacional de la Luz en alguna de las actividades que bajo el lema “Luz Cósmica” está organizando la Unión Astronómica Internacional (IAU). “Luz Cósmica” engloba, entre otras actividades, dos aniversarios de grandes descubrimientos.

La IAU reconoce de esta manera la importancia de la luz para la astronomía y apoya la tecnología para el logro de una mayor eficiencia energética, en particular para limitar el desperdicio de energía y para reducir la contaminación lumínica, que es clave para la preservación de los cielos oscuros.

El Comité Directivo del AIL2015 invitó a la IAU a organizar actividades alrededor de la luz, todas ellas quedaron ahora bajo el lema “Luz Cósmica”. A continuación la descripción, de acuerdo con la página internacional.

**EL CENTENARIO DE EINSTEIN**

En 1915, la teoría de la relatividad general desarrollada por Einstein demostró cómo la luz estaba en el centro de la estructura misma del espacio y el tiempo. Habrá muchos eventos en todo el mundo enfocados en esta teoría seminal del universo. La página web de este programa proporcionará enlaces específicos para que los interesados puedan involucrarse. También proporcionará otros recursos de modo que los visitantes puedan aprender sobre Einstein y sus muchas contribuciones a la Física y a la Cosmología.

<http://www.light2015.org/Home/CosmicLight/Einstein-Centenary.html>

**CONCIERTIZACIÓN DE LOS CIELOS OSCUROS**

En la mayoría de las grandes ciudades del mundo ya no es posible apreciar la belleza del cielo nocturno. El alumbrado público ineficiente desperdicia energía y causa la “contaminación lumínica” que nos esconde nuestro universo. Esta página proporcionará enlaces y recursos para explicar los impactos adversos de la iluminación en ambientes locales y nos informará sobre cómo podemos ayudar, y donde pode-

mos ir a ver un cielo oscuro cerca de nuestra localidad.

<http://www.light2015.org/Home/CosmicLight/Dark-Skies-Awareness.html>

**UN UNIVERSO DE IMÁGENES**

Desde nuestros vecinos planetarios más cercanos hasta las galaxias más distantes, el cosmos es una maravilla para la vista, y somos increíblemente afortunados en el siglo 21 de poder ver tantas imágenes sorprendentes y hermosas tomadas desde telescopios y satélites. Esta página proporcionará muchas muestras y enlaces que son verdaderamente inspiradores.

<http://www.light2015.org/Home/CosmicLight/A-Universe-of-Images.html>

**GALILEOSCOPIO**

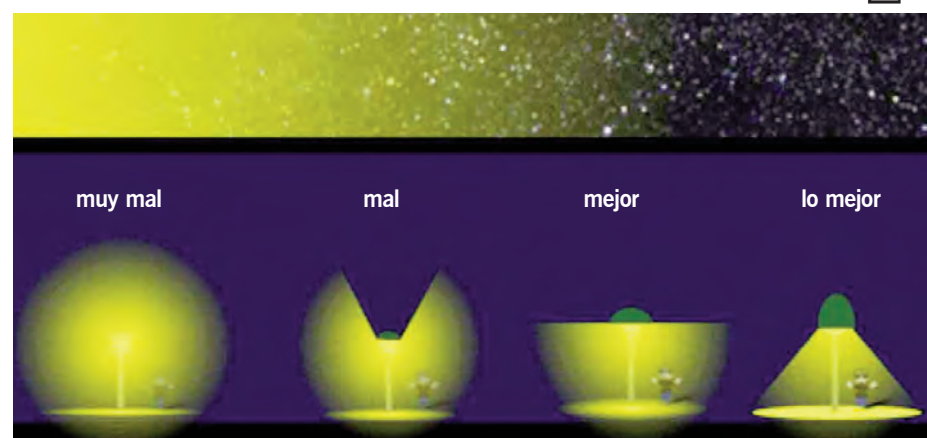
El Galileoscopio es kit de telescopio de una alta calidad y bajo costo, desarrollado por un equipo de astrónomos reconocidos y profesores de ciencias. No importa dónde habite con este kit, fácil de ensamblar, es posible ver las maravillas celestes que Galileo Galilei vislumbró por primera vez hace más de 400 años, incluyendo cráteres y montañas de la Luna, las cuatro lunas dando vueltas alrededor de Júpiter, las fases de Venus, los anillos de Saturno, y un sinnúmero de estrellas invisibles a simple vista. Esta página ofrecerá información sobre cómo se puede obtener un Galileoscopio.

<http://www.light2015.org/Home/CosmicLight/Galileoscope.html>

**EL BIG BANG**

En 1965, dos científicos de los laboratorios Bell, Arno Penzias y Bob Wilson descubrieron el Fondo Cósmico de Microondas, un eco electromagnético del origen del universo. El Big Bang ha entrado ahora en la cultura popular, pero la mayoría de la gente no tiene idea de lo que realmente significa para la cosmología. En esta página web se explicará la historia detrás de las mediciones de 1965 y proporcionar recursos y enlaces para poder aprender todo lo que esto significa.

<http://www.light2015.org/Home/CosmicLight/The-Big-Bang.html>



✉ [rmujica@inaoep.mx](mailto:rmujica@inaoep.mx)

**más información**

- <http://www.iau.org/iyl/>
- <http://www.light2015.org/>
- <http://www.light2015.org/Home/CosmicLight.html>

Carlos Gerardo Treviño Palacios

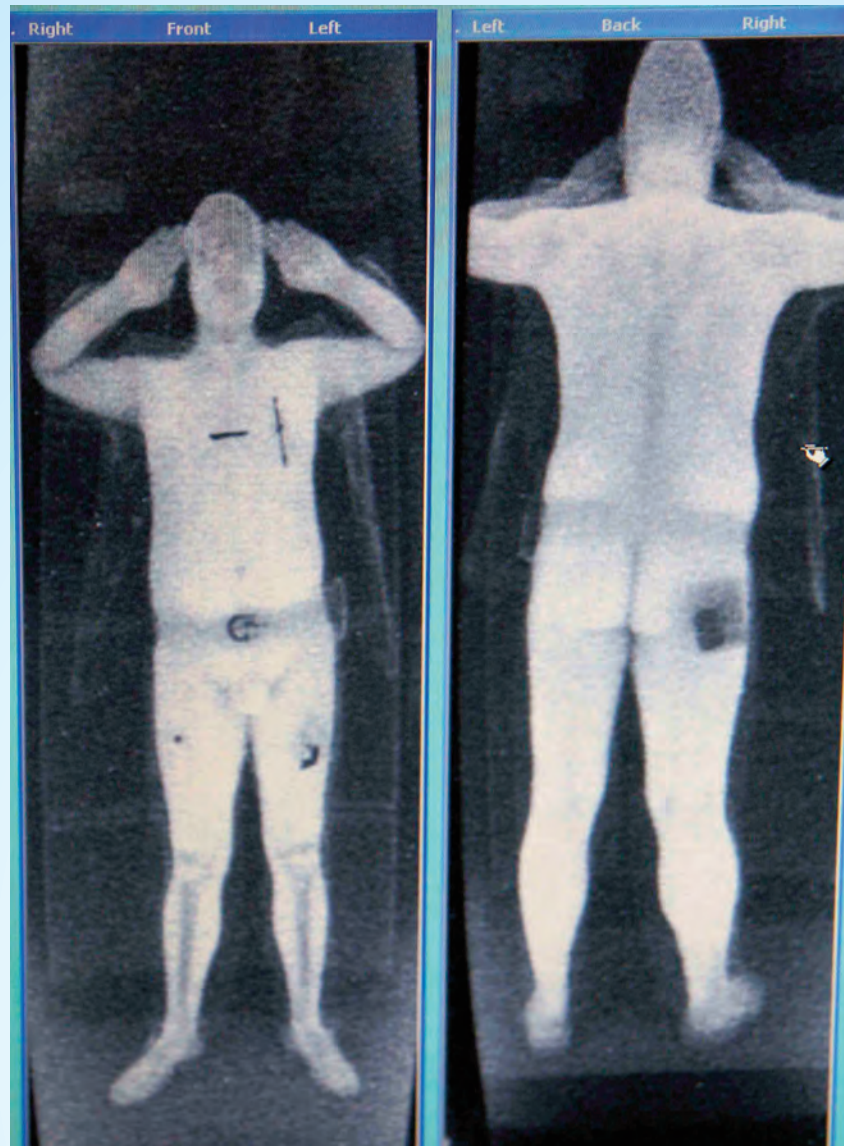
## Rayos-T

El conjunto de ondas electromagnéticas va desde los rayos cósmicos, rayos gamma, rayos X, pasando por la luz ultravioleta, visible, infrarroja, hasta las ondas de radio. Se caracterizan por la frecuencia a la que oscilan, la longitud de onda y que todas viajan a la velocidad de la luz, que es el producto de las dos primeras cantidades. Como vemos en este número especial dedicado a la luz se ha estudiado la mayoría de estas bandas de ondas electromagnéticas y podemos controlarlas para nuestro bienestar.

Sin embargo, justo a la mitad del espectro electromagnético existe una banda de la que tenemos poca información. Dos décadas del espectro electromagnético, conocido como el "Terahertz Gap", comprende ondas electromagnéticas entre 0.1 y 10 Terahertz (billones de Hertz) que corresponden a longitudes de onda entre 30 micras y 3 milímetros. Dependiendo del campo de especialidad se les conoce como ondas Terahertz, ondas submilimétricas, infrarrojo lejano, ondas milimétricas-Terahertz o Rayos-T. No se han podido estudiar ampliamente ya que no existen en la Tierra fuentes naturales de esta radiación y son difíciles de observar usando detectores comunes; más aún, los modelos de física son de difícil solución matemática y no a mucha gente en el mundo le ha interesado este campo sino hasta recientemente.

El intervalo de los Rayos T está entre las bandas de radiofrecuencias y las bandas infrarrojas del espectro electromagnético que no ha sido desarrollada para uso en campos como la industria, comunicaciones o la investigación científica. Es un área muy intensa de investigación, ya que combina las ventajas de longitudes de ondas largas, que tienen una buena penetración, con las de longitudes de onda cortas, que tienen una buena resolución. Las imágenes que se obtienen permiten ver a través de materiales como tela, plásticos o cerámicos, pero no a través del agua o de algún tipo de metal, obteniendo imágenes similares a los Rayos X; de ahí que se les llame Rayos T. Dada la poca energía que llevan los fotones de los Rayos T no se generan los efectos secundarios en materiales biológicos, como sucede con los Rayos X, así, por ejemplo, se han estudiado momias egipcias con estos Rayos T sin peligro de dañar los milenarios cuerpos.

La primera aplicación masiva de esta tecnología ha sido en los escáneres de cuerpo entero usados en los aeropuertos. Como dijimos, la señal milimétrico-Terahertz puede ver a través de la ropa y revelar la existencia de algún objeto que se quiera esconder (cuchillo, pistolas, drogas...) —la imagen que se observa en la pantalla es alterada en la computadora del escáner para que no se vea a la persona sin ropa. Con la poca energía de los fotones de los Rayos T estos escáneres en los aeropuertos son completamente seguros, aunque la profundidad que se obtie-



• Imagen tomada de <http://yastas.files.wordpress.com/2010/01/scan-color1.jpg>

ne es de una fracción de milímetro, lo que limita sus aplicaciones a estudiar solo las superficies.

La segunda aplicación concreta que ha tenido esta tecnología es en el campo de la medicina, donde se puede discriminar de manera no invasiva la existencia de tumores en la piel e incluso tratarlos. Debido a la poca penetración, solamente ha sido posible usarla en dermatología y cánceres de piel —la compañía inglesa Teraview es pionera en esta aplicación. La tercera promesa de aplicación es en las telecomunicaciones, ya que en la región de bajas frecuencias Terahertz se tienen señales mucho más rápidas que en las bandas usadas actualmente en telecomunicaciones. De hecho los Rayos T se consideran en la clasificación internacional en la banda de 0.03 a 0.3 Terahertz como EHF (Extremely High Frequency) y de 0.3 a 3 Terahertz THF (Tremendous High Frequency), que están por encima de las bandas de UHF o VHF —éstas son bandas reguladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que no son muy usadas.

Contradictoriamente a la falta de entendimiento que tenemos de esta radiación es sorprendente enterarse que es posiblemente la región del espectro electromagnético más brillante en el Universo solo superada por la radiación cósmica de fondo remanente del Big Bang. George Gamow, Ralph Alpher y Robert Hermann predijeron la radiación de fondo a

una temperatura de 5 grados Kelvin en 1948, y Robert Woodrow Wilson y Arno Allan Penzias descubrieron accidentalmente en 1964 esta radiación cósmica de fondo de microondas a 2.725 grados Kelvin —por lo que obtuvieron el premio Nobel en 1978. Esto significa que emite como cuerpo negro en todos los colores y principalmente en una longitud de onda de 2 mm. Es decir, los comienzos del universo y el polvo cósmico interestelar del que estamos hechos emiten en Rayos T. Tratando de estudiar esta radiación de los primeros momentos del universo en el INAOE se ha hecho el esfuerzo de estudiar la banda de 1 mm a 3 mm usando el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM) en el cerro de La Negra, en el estado de Puebla.

Durante mucho tiempo la región THz fue exclusivamente de interés para la física fundamental. Fue hasta 1965 que Fritz Zernike Jr obtuvo la primera fuente artificial, operando a 120 micras usando un láser de rubí iluminando un cristal de cuarzo. Históricamente los esfuerzos de controlar los Rayos T eran en la física fundamental. Fue hasta 1995 que Hu y Nuss, en los laboratorios Bell, propusieron usar esta radiación para formar imágenes que empezó el estudio actual de los rayos-T. En la actualidad se conocen cinco caminos para el desarrollo de fuentes de Rayos T: (1) bombeo de antenas semiconductoras con pulsos láser ultracortos, (2) láseres semiconductores en cascada, (3) multiplicación directa de fuentes, (4) mezclado no lineal de fuentes y (5) corrimiento Raman de láseres de bióxido de carbono. De manera paralela se ha avanzado en detectores térmicos para ver esta radiación. En un principio solamente se podía detectar esta radiación usando detectores muy fríos, a temperaturas de helio líquido o 4 grados Kelvin, con muy mala sensibilidad. En la actualidad calorímetros, detectores piroeléctricos y principalmente bolómetros calientes han sido desarrollados para ver esta radiación.

Por lo anterior los Rayos T han dejado de ser solamente una curiosidad científica para comenzar a llegar a nuestras casas. Ya se usan en los escáneres de seguridad de los aeropuertos, en dispositivos prototipo de exploración médica y en sistemas de espectroscopía para el análisis de materiales. Los Rayos T pueden detectar moléculas, como las presentes en los tumores cancerosos o en el ADN —ya que cada molécula tiene su firma única en el intervalo de Terahertz. También se pueden utilizar para detectar explosivos o drogas, para el monitoreo de gases contaminantes, o en ensayos no destructivos de semiconductores integrados de microchips. Incluso con los desarrollos en láseres de cascada cuántica, en un futuro no muy lejano, se podrán usar para ver y estudiar el cuerpo como los "tricolors" que usaban los médicos de la serie *Viaje a las estrellas*. ☺

Rubén Ramos García

# ¿Cómo se produce la luz?

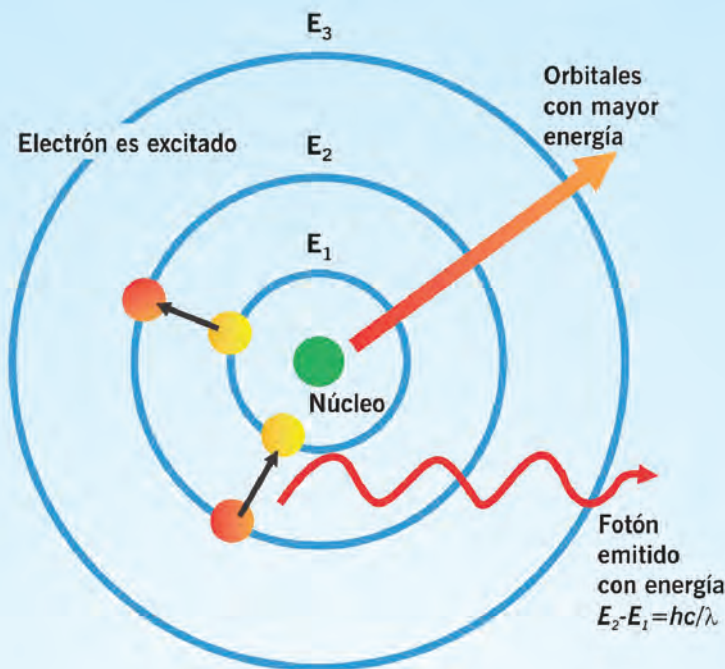
La luz es una parte vital en nuestra vida diaria; de hecho, controla el ritmo biológico de toda la vida en el planeta, ya sea del reino animal o vegetal. Pero seguro te has preguntado: ¿cómo se produce la luz? ¿Por qué el Sol que nos ilumina todos los días y lo seguirá haciendo por millones de años más? ¿Cómo se produce luz en una flama o un foco?

Para poder entenderlo recurriremos al modelo más simple del átomo, introducido por el físico danés Niels Bohr en 1913. El modelo permite explicar cuantitativa y cualitativamente muchos de los fenómenos de emisión y absorción de la luz en átomos. En este modelo el átomo consiste de un núcleo de carga positiva rodeado de electrones girando en órbitas circulares discretas con determinada energía, que llamaremos  $E_n$ , alrededor del núcleo (ver Figura 1). Un electrón puede ser excitado de una órbita de baja a una de más alta energía mediante transferencia de energía. Los electrones excitados no permanecen mucho tiempo en esos niveles y eventualmente regresan a una órbita de menor energía emitiendo luz en el proceso. La energía necesaria para excitar un electrón entre órbitas cercanas es pequeña, mientras que a las más alejadas se requiere más energía. La unidad básica de la luz se conoce como fotón. La energía del fotón, que llamaremos  $E_{fotón}$ , de luz emitido está dada por  $E_{fotón}=hc/\lambda$ , donde  $h$  es la constante de Planck ( $=6.63 \times 10^{-34}$  Joules.seg),  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío ( $=3 \times 10^8$  m/s) y  $\lambda$  es la longitud de onda de la luz, típicamente medida en nanómetros ( $10^{-9}$ m=1 nm) o micrómetros ( $10^{-6}$ m= 1  $\mu$ m).

Dado que existen muchos niveles a los cuales un electrón puede ser excitado y des-excitado, fotones de diferentes longitudes de onda (colores) pueden ser emitidos. Por ejemplo, la luz verde corresponde a aproximadamente  $\lambda=500$  nm (o 0.5  $\mu$ m), lo que significa que su energía es  $\sim 4 \times 10^{-19}$  Joules. ¿Y qué significa esto? ¿Es mucho? ¿Es poco? Para darse una idea de cuánta energía es un Joule, levanta una manzana en línea recta un metro. ¿Listo? La energía que necesitas es un Joule. ¿Te imaginas cuán pequeña es la energía de un sólo fotón verde? Es común medir la energía de fotones en electronvolts (eV) y para convertirla de Joules a eV sólo se toma la energía del fotón y se divide por la carga del electrón, así, la energía de la luz verde es 2.48 eV, mientras que la energía de luz ultravioleta ( $\lambda=300$  nm) es 4.14 eV. En la figura 2 se muestra la energía de todo el espectro electromagnético.

En el Sol, y en las estrellas más lejanas, los electrones son excitados por diferentes mecanismos: colisiones con otros átomos, colisiones con partículas (electrones, protones, neutrones, etcétera), reacciones químicas, fisión y fusión atómica o fotones emitidos por otros átomos. En ambientes terrestres, el hombre aprendió a dominar el fuego desde hace miles de años y usarlo para cocinar, trabajar metales, iluminar y calentar. En el fuego ocurren reacciones químicas en donde los enlaces químicos se rompen y forman nuevos durante la combustión. La reacción típica es: Combustible + Oxígeno + Energía  $\rightarrow$  Dióxido de Carbono + Agua + Energía. Luz y calor son liberados como energía y las flamas son sólo vapores químicos muy calientes.

Con el desarrollo tecnológico, el hombre ha logrado la fabricación de fuentes artificiales de luz, como la lámpara incandescente de tu casa. En esas fuentes al



• Figura 1. El modelo del átomo de Bohr

oprimir el botón de encendido los electrones comienzan a circular través del alambre de tungsteno y golpean a los átomos del alambre con suficiente energía como para excitar sus electrones a orbitas más energéticas. Seguramente has notado que casi todas las fuentes emiten luz de varios colores como roja, azul, verde o amarilla (¡todas al mismo tiempo!), pero si acercas la mano te darás cuenta de que también emiten "calor". El "calor" es también luz, solo que con longitud de onda mayor que  $\lambda > 700$  nm (y hasta aproximadamente 100 000 nm).

Mientras más grande es la longitud de onda de la luz menos energía tiene y ¡menos dañina es para nosotros! ¿Sabías que los rayos gamma y rayos X es otra forma de luz? Solo que tiene una longitud de onda muy corta  $< 200$  nm, por lo tanto son tan energéticas que podrían ser dañinas. A las fuentes de luz de este tipo se les llama ionizantes, porque tienen la suficiente energía para expulsar un electrón del átomo (ionización) o romper enlaces y ¡producir mutaciones genéticas! Sin embargo, no todo es malo, la radiación ionizante puede ser útil para ver dentro del cuerpo (radiografías), ver dentro de cajas metálicas o incluso curar el cáncer.

A la cantidad de luz que podemos ver con nuestros ojos se le conoce como el espectro visible (ver Figura

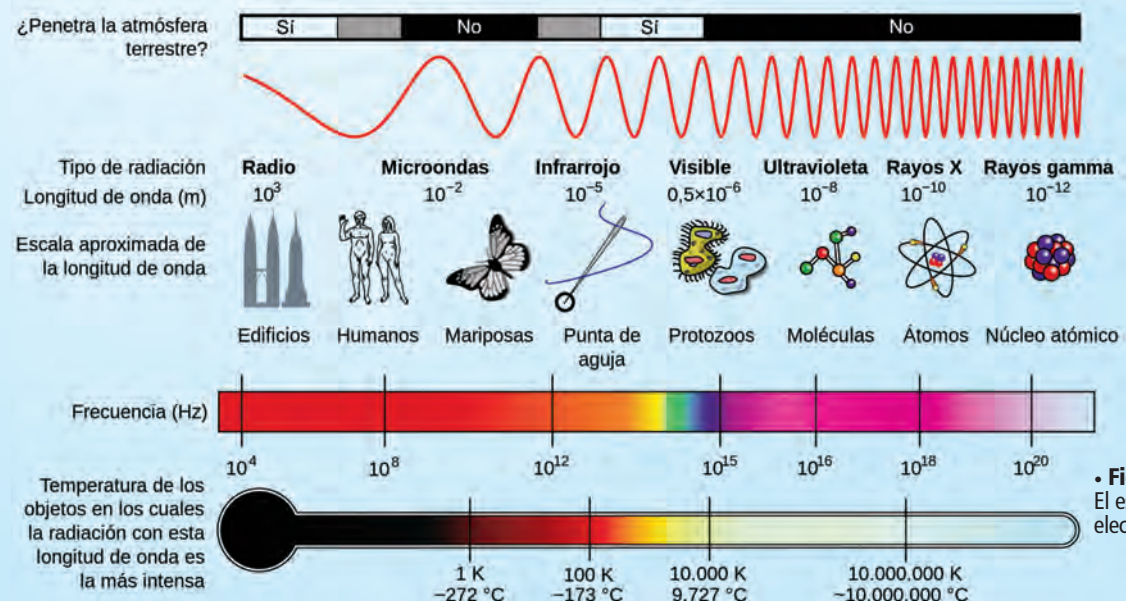
2) y ¡es sólo una pequeña fracción de la luz alrededor de nosotros! ¿Te sorprenderías ahora al saber que las ondas de radio, TV y comunicación por internet inalámbrica también son luz? Solo que tienen muy baja energía ( $\sim 10^{-8}$  eV) mientras que los rayos gamma son los más energéticos ( $10^6$  eV).

El desarrollo científico y tecnológico ha permitido que podamos generar, controlar, transmitir y detectar señales en casi todo el espectro electromagnético, lo que nos ha permitido, por ejemplo, la transmisión de audio, video y datos para nuestro beneficio. La invención más relevante desde el foco, es el láser. En el láser la emisión de luz de los átomos es controlada por otros fotones mediante un proceso llamado emisión estimulada. En realidad, la palabra LASER es un acrónimo de Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation. Y, básicamente, significa que los fotones emitidos son copias de los fotones incidentes, emitidos todos al unisono. Un láser es una fuente de luz muy especial, altamente direccional, prácticamente emite en una sola longitud de onda (un color) a diferencia de todas las otras fuentes

de luz que pueden emitir desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. Los láseres pueden ser muy potentes, tanto que con ellos se puede cortar y soldar metales o fusionar átomos pero también puede servir para leer información de los discos duros de tu computadora, escuchar tu música favorita o para transmitir una gran cantidad de información por medio de fibras ópticas. En los láseres, el medio emisor de luz puede ser sólido (cristales o vidrios), líquido (colorantes en agua u otro solvente) o gas. Actualmente los láseres de estado sólido dominan el mercado debido a su reducido tamaño, bajo consumo eléctrico y versatilidad. Sin duda, entre los láseres de estado sólido, los más usados comercialmente, son los láseres semiconductores, ubicuos en la vida real, desde apuntadores, DVDs, CDs, transporte de información, medicina y, desde luego, en la industria donde se usan en todo tipo de aplicaciones desde corte y etiquetado, hasta procesado.

En resumen, entender la estructura atómica del átomo y moléculas ha permitido entender y controlar los procesos de emisión de la luz mediante la construcción de diferentes dispositivos. De ahí la importancia de la educación de calidad en los jóvenes mexicanos para un futuro brillante de nuestro país.  $\square$

rgarcia@inaoep.mx  $\square$



• Figura 2. El espectro electromagnético

Denise Lucero Mosqueda

La  
Entrevista

El diciembre pasado el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) conmemoró el trigésimo aniversario del doctorado en Óptica. Sus posgrados en esta área son los más antiguos del INAOE y pertenecen al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Conacyt.

Actualmente la Coordinación de Óptica tiene una planta de 36 investigadores con líneas de investigación científica y tecnológica; además colaboran con la formación académica de los estudiantes inscritos en los posgrados del INAOE. 86 por ciento de los investigadores pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, de los cuales poco menos de la mitad son Investigadores Nacionales Nivel 2 y 3, mientras que el 8 por ciento son Fellows de la Optical Society of America.

Las líneas de investigación que actualmente se desarrollan en esta área son: Biofotónica, Fotónica, Instrumentación Óptica y Metrología, Óptica Cuántica, Óptica Estadística, Óptica Física, Optoelectrónica, Procesado de Imágenes, Fibras Ópticas y sus aplicaciones, Propiedades de haces de luz.

Además, esta coordinación tiene más de 20 laboratorios equipados para realizar investigación, dos laboratorios para realizar prácticas, un laboratorio secundario certificado de espectrofotometría y colorimetría, un taller mecánico y un taller de óptica con la capacidad de producir componentes ópticas convencionales para investigación, docencia y desarrollo tecnológico.

## 30 años del posgrado en Óptica del INAOE



▲ Único edificio del INAOE en la década de los 70 ▼ Alejandro Cornejo en el INAOE

### LOS INICIOS DE LA ÓPTICA EN MÉXICO Y EN EL INAOE

El doctor Alejandro Cornejo Rodríguez es fundador de la especialidad en Óptica del INAOE y pertenece al grupo de los primeros mexicanos formados en dicha rama.

Para Cornejo, el trabajo del posgrado en el INAOE no inició en 1972 o el doctorado en 1984, sino dos décadas atrás, cuando Guillermo Haro, director del Instituto de Astronomía (IA) de la UNAM hasta 1968, motivó a los estudiantes interesados a realizar estudios en la especialidad de Óptica a nivel de posgrado en el extranjero.

En la década de los 60 en México no existía la especialidad en Óptica; estudiantes como Daniel Malacara Hernández, Oswaldo Harris Muñoz y Alejandro Cornejo viajaron al extranjero para realizar sus estudios de posgrado. A su regreso en el año de 1965, Daniel Malacara regresó con su doctorado, y Oswaldo y Alejandro en 1967 con sus maestrías; así fundaron el Departamento en Óptica del IA de la UNAM. Al mismo tiempo que visitaban la ciudad de Puebla para apoyar como docentes a la escuela de Físico Matemáticas de la UAP.

Con este pequeño grupo se fue consolidando el Departamento de Óptica, y los estudiantes interesados de la Facultad de Ciencias empezaron a producir tesis de licenciatura en el área. Ya se había sembrado la semilla, pero aún sin posibilidades de continuar sus estudios en México, algunos de los egresados se fueron a Inglaterra, Francia y Estados para realizar estudios de posgrado.

Fundado por Guillermo Haro y creado por decreto presidencial en 1971, el INAOE inicia formalmente sus actividades en 1972. El grupo fundador del departamento de Óptica del IA decide migrar al INAOE.

Con severas críticas de investigadores de algunas instituciones nacionales, recuerda Cornejo, que en 1972 el INAOE arranca su programa de Estudios

Superiores en Óptica, que básicamente era el programa de posgrado del Instituto de Óptica de la Universidad de Rochester, Nueva York, adaptado a las condiciones del INAOE; la especialidad era inicialmente en instrumentación óptica.

Paralelamente, en el gélido Taller de Óptica, los científicos capacitaban a técnicos en óptica y consolidaban el proyecto para construir el espejo de 2.12 metros de diámetro del telescopio óptico Ritchey-Chrétien del Observatorio Astrofísico, "Dr. Guillermo Haro Barraza", localizado en Cananea, Sonora.

Ese año de 1972, al grupo de investigadores especialistas en la rama se integraron, provenientes del Instituto de óptica de la Universidad de Rochester, M. Mantravadi Murty, profesor de Malacara, Chandrasekar Roychoudhuri y Jean Claude Fourè.

En aquellos años, se construyó el edificio principal del INAOE con oficinas, un salón de clases, que funcionaba también como auditorio, la biblioteca y una pequeña cafetería; pero de igual manera se construyó el Taller de Óptica. Con esa infraestructura, dice Alejandro Cornejo: "las cosas se pueden hacer con lo que se tenga y más, si se tiene un grupo de investigadores comprometidos con la ciencia y con el país".

El primer graduado en Óptica, a nivel de maestría, fue Fernando Broder Bursztyn en 1974 y en 1975 se graduaron siete alumnos, para 1980 el total de egresados fue de 20. El pronóstico resultaba promisorio, sin embargo de 1980 a 1988 no hubo ningún egresado. A la fecha se han graduado, a nivel de maestría, 301 estudiantes.

Con mucho desconcierto por la falta de estudiantes, un grupo de investigadores del INAOE hizo un estudio y encontró que en otras universidades, que contaban con programas de posgrado la situación resultó ser la misma, eran tiempos de crisis para el país. Ante esta situación en 1984 se ofrece el doctorado en Óptica con el propósito de reactivar el ingreso.



Ya en 1986 el INAOE graduó al primer doctor en Ciencias con especialidad en Óptica, Roberto Machorro Mejía y pasaron cinco años más para graduar al segundo doctorado. A partir de 1992 la producción de especialistas en Óptica ha sido regular, contando 218 graduados hasta abril de 2014.

Con orgullo y alegría, Cornejo recuerda el esfuerzo colectivo que emprendió un grupo de científicos en la década de los 60 para desarrollar ciencia en el país. Este año habrán de cumplirse 50 años de la óptica en México, medio siglo de arduo trabajo colectivo, de profesionistas comprometidos con el país, la ciencia y la óptica, donde un lugar como Tonantzintla, Puebla, ha tenido un papel preponderante. **es**

deniselucero@gmail.com ✉

Alejandro Cornejo

# Instrumentación Óptica en el INAOE y el donativo del Profesor Gullberg

La Instrumentación Óptica es una compañera del ser humano desde hace varios milenios, esto si se toma como punto de partida de esta ancestral relación el anuncio de la ley de reflexión en el año 130 d.c. Existen muchas fechas importantes que marcan el empleo de espejos, lentes o la combinación de ellos; y muchas otras en las que se dio la explicación de algunos fenómenos de la Física, como son las leyes de reflexión y refracción (1621), la interferencia (Thomas Young, 1801), la difracción (Francesco María Grimaldi, 1665; Fresnel 1818), la polarización (Christian Huyghens, 1618), compendiándose muchos de estos acontecimientos con la teoría electromagnética desarrollada por James Clerk Maxwell (1865).

Como ejemplos de la instrumentación óptica que tenemos dentro de nuestra vida diaria podemos mencionar los anteojos, faros de luz de autos o iluminadores de las calles, calaveras de autos y bicicletas, diversas cámaras fotográficas, como las diminutas de los teléfonos celulares. Otros instrumentos son los que se usan en oftalmología, como también en muchos laboratorios clínicos se usan microscopios, espectrómetros o polarímetros, para determinar diferentes sustancias al analizar la sangre; en operaciones quirúrgicas, microscopios especiales son empleados para realizar intervenciones de alto riesgo. En la industria se usa equipo para calibrar medidas lineales, bidimensionales o tridimensionales, teodolitos para medición de distancias y alturas, alineación de motores empleando autocolimadores o las llantas de los autos. En el mundo de la diversión están los proyectores de cinematografía y televisión, algunos empleando la proyección tridimensional, donde se usan principios del fenómeno de polarización. Históricamente los proyectores de transparencias primero usaban películas fotográficas para el registro de las imágenes a proyectar; después se emplearon los acetatos; actualmente en los proyectores optoelectrónicos modernos conectados a computadoras la información a proyectar se registra en pantallas de cristales líquidos o microespejos electrónicos.

Otros ejemplos de instrumentación óptica son las cámaras satelitales o las que se instalan en aviones para realizar levantamientos topográficos en el campo de la fotogrametría. El área de la litografía tradicional para proyectar grandes anuncios; desde hace 20 años esta área se transformó en aplicaciones a la circuitería electrónica para tener arreglos diminutos de componentes y empacarlas en pequeñas dimensiones, surgiendo así la micro y nanolitografía, donde las dimensiones de separación son milésimas de micras, donde una micra a su vez es una milésima de milímetro.

## INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA EN EL INAOE

En el caso del INAOE, una aplicación de equipos e instrumentos mencionados, es evidente en la Astrofísica, por los telescopios que se emplean. Sin embargo, se olvida toda la instrumentación que se usa para análisis de las observaciones que se llevan a cabo, como por ejemplo los espectrógrafos, o el empleo de multifibras, con diferentes características cada uno de ellos. Algunos de estos instrumentos astronómicos son de tipo comercial, pero otros son diseñados y construidos en el mismo instituto.

En la coordinación de Electrónica, por otra parte, junto con equipo de medición para determinar tipos de sustancias utilizadas para dopar el silicio empleado en la construcción de detectores, se usan equipos

ópticos especializados para reducir el tamaño de los circuitos, o fotorrepetidoras para empacar circuitos en áreas pequeñas.

En la Coordinación de Ciencias Computacionales se llegan a usar equipos como los escáneres de alta resolución para digitalizar información de imágenes, así como sistemas de visión en algunas aplicaciones de la robótica.

En lo que se refiere a la Coordinación de Óptica, se pueden mencionar el empleo de diversas fuentes de luz blanca, láseres, cuasimonocromáticas como diodos emitiendo en diferentes longitudes de onda, es decir colores. Para estudiar diferentes fenómenos con frecuencia es necesario emplear monocromadores, a cuya salida se conoce con precisión la longitud de onda de la luz emitida. Para la medición de la calidad de las superficies y sistemas completos que se construyen en el Taller Óptico se emplean interferómetros. Para la

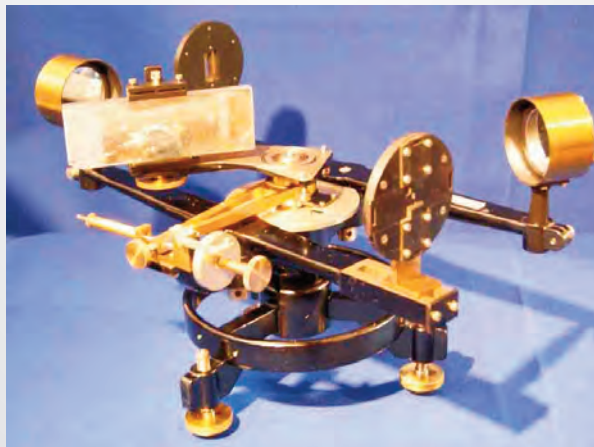
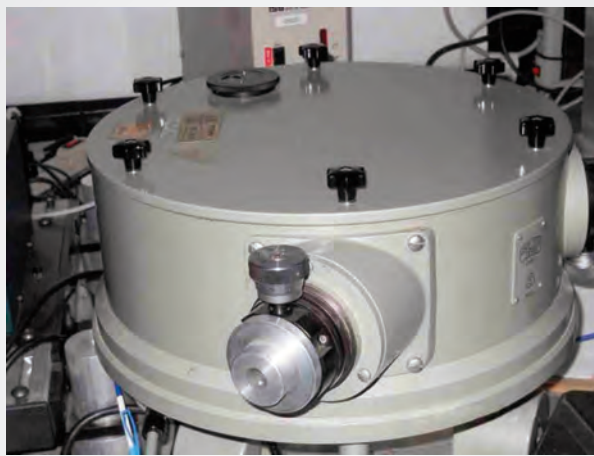
medición de longitudes diminutas u observar objetos pequeños se usan microscopios con diferentes características. Para registrar diferentes fenómenos bajo estudio en los laboratorios de investigación, se usan cámaras fotográficas que generalmente alimentan y se controlan con computadoras. En otros casos las pantallas de cristales líquidos son empleadas para producir hologramas experimentales o para modificar algunos elementos empleados en problemas de filtraje espacial. Es imposible no mencionar el empleo de fibras ópticas en una cantidad grande de experimentos para la transmisión de información, o producir algún nuevo tipo de láser; el uso de arreglos de microlentes llamados de Shack-Hartmann.

## DONATIVO DEL PROFESOR GULLBERG, UNIVERSIDAD DE BERKELEY

Una historia con la que el INAOE cuenta es la donación del laboratorio del Profesor Gullberg, quien era investigador ilustre y connotado en la Universidad de California, con asiento en la población de Berkeley. Al morir el Profesor Gullberg, la Dra. Kaori Kato, quien era su colega de trabajo, fue designada su albacea; por instrucciones que recibió de su profesor, buscó una institución mexicana para donar sus equipos de trabajo que tenía en lo que se conocía como el laboratorio del Profesor Gullberg; quien trabajaba en el campo de la Biología, pero además era un experto en calibrar y determinar la calidad de equipos comerciales aplicados en la industria o que se usaban en laboratorios de investigación en todo el mundo. Con esta última característica mencionada, de las labores que llevaba a cabo el Profesor Gullberg, muchas compañías le enviaban sus equipos para que fueran revisados y calificados por él, pero que al mismo tiempo diera sus sugerencias para posibles mejoras en el funcionamiento de los equipos. El trato personal que el determinó con las compañías fue que el equipo que le llevarán se quedaba en su laboratorio. La diversidad de instrumentos que recibía eran de tipo óptico, pero también mecánico y eléctrico.

Cabe mencionar que entre algunos de los logros que como científico alcanzó el Profesor Gullberg, fue emplear la fotografía y cinematografía para registrar fenómenos biológicos usando microscopios para diferentes aplicaciones. Pero también era experto en combatir plagas de plantas con insectos.

Fue en el año de 1973 cuando el director del INAOE, el Dr. Guillermo Haro Barraza, aceptó el donativo ofrecido por la Dra. Kato, con la condición que todos los equipos tendrían que ser empacados y trasladados por personal del INAOE, lo mismo que todos los pagos que implicaran dichas labores. Después de una labor intensa de empacar, con todo tipo de precauciones y por dos meses, el equipo del laboratorio del Profesor Gullberg llegó a las instalaciones del INAOE; esta labor la llevaron a cabo Oswaldo Harris Muñoz, Ignacio Rizo Segura y Alejandro Cornejo Rodríguez. En la imagen se muestra un mosaico con algunos de los equipos ópticos que se han usado y otros que han sido restaurados, como son un refractómetro, un monocromador, un polarímetro y un espectrofotómetro. Una parte de esta colección será exhibida en diversos sitios durante 2015, Año Internacional de la Luz. ☺



▲ Monocromador Carl Zeiss, Jena

• Espectrofotómetro

▼ Refractómetro de Pülfriech

Sergio Cortés Sánchez

## Emigración a Estados Unidos desde la metrópoli

Las remesas familiares enviadas a Puebla en 2014 fueron 3.6 millones de dólares al día (mdd), cuando un año antes habían sido de 3.7 mdd y en 2007, año de auge migratorio hacia Estados Unidos, registró 4.4 mdd. Las remesas enviadas a México en los años 2013 y 2014 fueron, en promedio, menor a 300 dólares por envío, bastante inferiores a las remitidas en 2008 y 2009, años de crisis económica y altas tasas de desempleo para mexicanos ocupados en el mercado de trabajo de Estados Unidos (336 dólares por envío). Menor frecuencia en el envío de dólares y/o menores montos remitidos a Puebla se traducen en tres años de crecimiento negativo de las remesas.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla (ZMCP) la integran 19 municipios de la entidad poblana que tienen como epicentro de sus relaciones económicas a la ciudad capital, ahí se ubica 42 por ciento de la población estatal y 44 por ciento de las viviendas particulares habitadas. Su registro de intensidad migratoria hacia Estados Unidos, estimado por el Consejo Nacional de Población (Conapo) para los quinquenios 1995-2000 y 2005-2010 es considerado bajo y declinante entre ambos quinquenios. Según esta fuente, las viviendas de la ZMCP que recibieron remesas en el quinquenio 2005-2010 fueron 2.29 por ciento; las que tenían al menos un emigrado hacia Estados Unidos en el quinquenio 2005-2010 (y que aun estaban en aquel país) eran 1.52 por ciento; las viviendas donde al menos uno de sus integrantes emigró y retornó de Estados Unidos en el quinquenio 2005-2010 fueron 0.80 por ciento (migrantes circulares), y las viviendas que reportaron que uno de sus integrantes emigró hacia Estados Unidos antes de 2005 pero retornó entre 2005-2010 fueron de 1.19 por ciento (migrantes de retorno). Comparadas con el registro del quinquenio 1995-2000,

hay un incremento en los migrantes de retorno y los circulares, y en los hogares que reciben remesas; así como una disminución de los emigrados durante el quinquenio. Es obvia la contracción de los flujos migratorios entre ambos quinquenios: entre 1995 y 2000 había 2.44 por ciento de viviendas con migrantes en Estados Unidos y 0.85 por ciento de viviendas con migrantes de retorno y circulares; un decenio después, las viviendas con emigrantes radicando en Estados Unidos eran 1.52 por ciento y los migrantes de retorno y circulares de 1.99 por ciento. Eran menos los que se iban hacia Estados Unidos y más los que regresaban.

De nuestra parte, realizamos una encuesta probabilística multietápica en la ZMCP los días 8 al 14 de marzo de 2014, aplicamos 605 cuestionarios cara a cara en el domicilio de los ciudadanos; el grado de confianza fue de 95 por ciento y el margen de error de +/- 4 por ciento. Con base en esa fuente, 2.81 por ciento de las viviendas particulares habitadas de la ZMCP recibían remesas familiares; 1.55 por ciento de las viviendas tenían emigrados en el quinquenio 2009-2014 que radicaban en Estados Unidos; 0.69 por ciento de las viviendas tenían al menos un emigrado circular en el quinquenio, y 0.86 por ciento de las viviendas tenían un emigrado de retorno. Comprados con los datos del Conapo para 2005-2010, los emigrados del quinquenio que radican en Estados Unidos son casi los mismos, pero ha disminuido el retorno, tanto de los circulares como el de los emigrados antes de 2009 pero retornados de Estados Unidos entre 2009 y 2014: el saldo migratorio con Estados Unidos de la ZMCP es cero; se van tanto como los que retornan. La tasa media anual de emigración hacia Estados Unidos en 2013 fue de 0.12 cuando en 2007 fue de 0.5 por ciento, la caída fue drástica, quizá eso

E 15

Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla, Intensidad Migratoria, quinquenios 1995-2000 y 2005-2010

Municipio	Quinquenio 1995-2000*					Quinquenio 2005-2010*					**Quinquenio 2009-2014				
	Total de hogares	% Hogares que reciben remesas	% Hogares con emigrantes en Estados Unidos del quinquenio anterior	% Hogares con migrantes circulares del quinquenio anterior	% Hogares con migrantes de retorno del quinquenio anterior	Total de viviendas	% Viviendas que reciben remesas	% Viviendas con emigrantes a Estados Unidos del quinquenio anterior	% Viviendas con migrantes circulares del quinquenio anterior	% Viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior	Total de viviendas	% Viviendas que reciben remesas	% Viviendas con emigrantes a Estados Unidos del quinquenio anterior	% Viviendas con migrantes circulares del quinquenio anterior	% Viviendas con migrantes de retorno del quinquenio anterior
Acajete	8 835	5.06	10.10	1.13	1.65	11 896	6.27	3.56	1.62	4.58					
Amozoc	12 827	1.58	1.68	0.26	0.17	22 203	1.34	0.94	0.80	1.03					
Chiautzingo	3 172	7.82	11.35	0.06	0.79	4 095	8.23	6.06	0.98	2.08					
Coronango	5 083	2.07	8.73	0.04	0.51	7 579	5.37	4.27	0.96	2.26					
Cuautlancingo	10 558	2.44	2.37	0.52	0.39	20 219	2.69	1.60	0.77	1.86					
Domingo Arenas	1 093	1.65	4.76	----	----	1 871	3.15	3.69	0.86	1.98					
Huejotzingo	10 092	3.12	5.94	0.81	0.34	13 735	3.54	3.67	1.63	3.29					
Juan C. Bonilla	2 602	7.11	9.45	1.15	1.77	3 911	3.97	4.09	2.30	3.96					
Ocoyucan	4 488	7.13	10.47	1.27	0.60	5 386	5.62	4.65	2.21	5.95					
Puebla de Zaragoza	325 332	1.66	1.58	0.39	0.40	404 648	1.82	1.05	0.65	0.83					
San Andrés Cholula	11 200	1.97	4.73	0.55	0.62	21 816	1.10	1.87	0.88	0.88					
San Felipe Teotlancingo	1 626	5.17	2.83	----	0.62	2 164	4.59	6.89	0.93	3.37					
San Gregorio Atzompa	1 572	2.61	2.35	0.32	----	2 048	2.98	2.00	0.44	1.07					
San Martín Texmelucan	26 706	1.12	0.96	0.22	0.31	32 264	2.12	1.60	1.29	1.59					
San Miguel Xoxtla	2 133	0.70	2.20	0.23	0.70	2 481	2.42	1.81	1.21	0.73					
San Pedro Cholula	20 414	3.06	4.84	0.48	0.31	30 638	5.10	2.63	0.65	1.16					
San Salvador el Verde	4 577	1.59	3.15	0.26	0.11	6 498	2.49	4.65	1.45	1.80					
Tepatlxco de Hidalgo	2 589	5.37	12.98	0.66	2.12	3 383	2.84	1.91	1.79	2.72					
Tlaltenango	1 101	4.18	6.63	0.36	2.18	1 654	2.55	1.45	0.85	3.02					
Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla	456 000	1.98	2.44	0.41	0.44	598 489	2.29	1.52	0.80	1.19	647 816	2.81	1.55	0.69	0.86

\*Fuente: estimaciones de Conapo con base en la muestra de 10 por ciento del XII y XIII Censo General de Población y Vivienda, años 2000 y 2010.

\*\* Encuesta propia aplicada en viviendas a 605 ciudadanos residentes en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla; 8-14 marzo 2014; grado de confianza de 95 % t margen de error de +/-4.0 %

14

explique por qué los dólares remitidos a la entidad hayan disminuido en los tres últimos años.

Los jefes de familia en la ZMCP tienen una amplia experiencia migratoria, más prolija en destinos nacionales que al extranjero: 21.7 por ciento de los jefes de familia son migrantes de retorno de otras entidades de México y 5.2 por ciento son migrantes de retorno del extranjero. La estancia promedio en años de los retornados nacionales fue de 14.4 años y la de retornados del extranjero de 4.8 años. Respecto al stock de familiares emigrados nacidos en Puebla y radicados fuera de la entidad, en 20 por ciento de las viviendas dicen tener al menos un familiar radicando en Estados Unidos, 7 por ciento reporta un familiar radicado en una entidad de la República Mexicana diferente a Puebla y 1 por ciento tiene un familiar residiendo en un país diferente a Estados Unidos.

Los retornados de Estados Unidos han aumentado y revertido el saldo migratorio con Estados Unidos: muchos de los retornos son forzados, otros no son estrictamente retornados, ya que nunca salieron de la ZMCP, son menores de edad nacidos en Estados Unidos y que fueron devueltos junto con sus

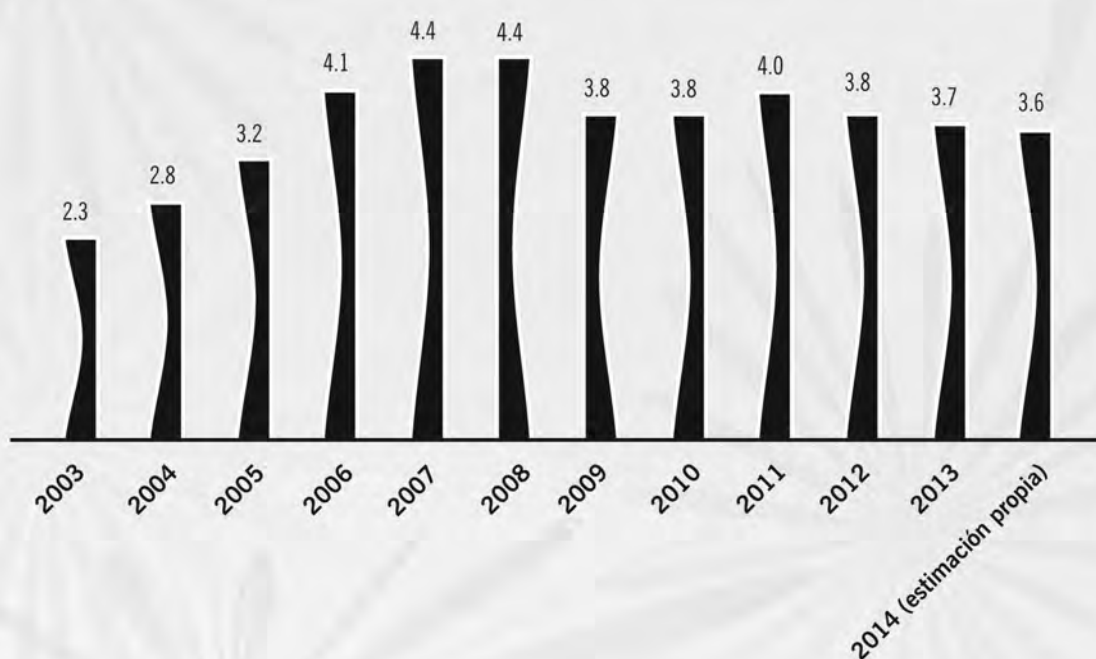
Es obvia la contracción de los flujos migratorios entre ambos quinquenios: entre 1995 y 2000 había 2.44 por ciento de viviendas con migrantes en Estados Unidos y 0.85 por ciento de viviendas con migrantes de retorno y circulares; un decenio después, las viviendas con emigrantes radicando en Estados Unidos era 1.52 por ciento y los migrantes de retorno y circulares de 1.99 por ciento. Eran menos los que se iban hacia Estados Unidos y más los que regresaban

padres; otros son occisos repatriados. En la Mixteca poblana los migrantes muertos en Estados Unidos y repatriados entre 1990 y 2003 fueron 45 al año, con base en las actas de defunción; en el municipio de San Pedro Cholula, la regidora María de la Luz

Miramón Reyes refiere que en “en menos de un año” fueron repatriados los cadáveres de 27 nativos de ese municipio que radicaban en Estados Unidos (*La Jornada de Oriente*, 31/12/14, página 4), la Mixteca poblana registra flujos intensos de migración internacional desde hace 70 años; en el quinquenio 2005-2010 su Índice de Intensidad Migratoria fue 0.93 (grado de migración alto) en tanto que el de San Pedro Cholula fue de -0.50 (grado de migración bajo). Los flujos migratorios hacia Estados Unidos de los cholultecas proceden de la crisis económica de los años 80, son relativamente recientes y el stock de emigrados en Estados Unidos no se compara con el de los mixtecos: sin embargo, prolija y prematuramente han conocido los costos ocultos de la emigración laboral hacia Estados Unidos, no es gratuito que 72 por ciento de los ciudadanos de la ZMCP considere que el gobierno de Estados Unidos no respeta a los mexicanos; 94 por ciento dice que es inadecuado el trato dado a mexicanos por la *migra* norteamericana, 97 por ciento manifiesta que los mexicanos en Estados Unidos son discriminados y, sin embargo, 44 por ciento de esos ciudadanos se iría a trabajar a ese país y 22 por ciento cruzaría lo frontera norte de México sin tener los documentos que acredite su ingreso. Se desprecia y desconfía de los norteamericanos pero ante la ausencia de oportunidades laborales nativas, el éxodo es súbito si los racistas y xenofóbicos ofrecen jale.6

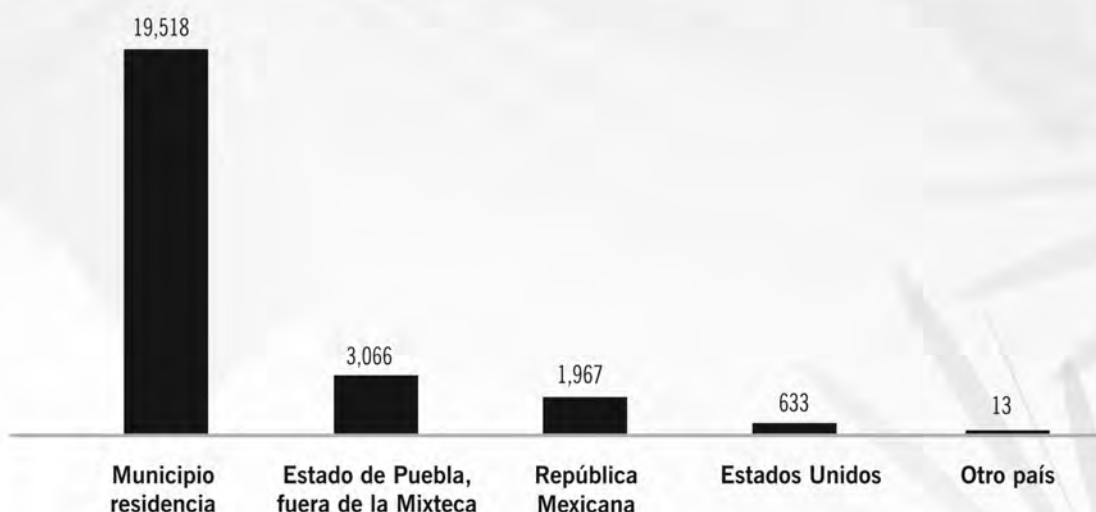
sercorsan@hotmail.com

Puebla. Remesas familiares; millones de dólares diarios. 2003-2014



Fuente: Banco de México. Balanza de Pagos. Remesas Familiares

Defunciones en la Mixteca poblana. 1990-2003



Fuente: Archivo del Registro Civil del Estado de Puebla. 1990-2003. Mixteca poblana. 25,197 actas de defunción

• **Metodología de la encuesta:** La población objetivo fueron ciudadanos de 18 años o más que residen en viviendas particulares de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla. Aleatoriamente se ubicaron 62 secciones electorales de los 19 municipios de la ZMCP; en cada sección se eligió, de manera sistemática, 10 viviendas y en cada vivienda, un ciudadano. La muestra se estratificó por tamaño de la localidad y el número de electores de la sección electoral. En el municipio de Amozoc se aplicaron 26 cuestionarios; en Huejotzingo, 16; en Juan C. Bonilla, 22; en Puebla, 404; en Coronango, 9; en Cuautlancingo, 20; en San Andrés Cholula, 27; en San Martín Texmelucan, 36; en San Pedro Cholula, 34, y en San Salvador el Verde, 11 cuestionarios. El tamaño muestral fue de 605, el margen de precisión de +/- 4 por ciento y 95 por ciento el grado de confianza; la aplicación fue entre el 8 y 14 de marzo de 2014. Su utilizó un cuestionario con preguntas cerradas: 10 registros fueron de control de la encuesta; 18 preguntas fueron sociodemográficas; 36 sobre migración y 13 sobre valoración del proceso migratorio.

Los encuestadores fueron universitarios calificados para aplicar cuestionarios, todas las aplicaciones fueron en las viviendas, que fue la unidad de muestreo. Los encuestadores fueron Alicia Citalán Hernández, Ángela Nanni Álvarez, Carlos Landa, Eduardo Landa, Fidel Sánchez Juárez, Jimena Fernández Castro, Marisol Amador Calderón, Nadia Sánchez Fitzner, Silvia Jiménez y César Javier Sánchez Juárez.

Alberto Cordero \*

La luz ha sido motivo de las más bellas y variadas expresiones. Desde siempre la humanidad ha vivido atraída por los fenómenos luminosos, ha jugado y experimentado con ellos, ha buscado entenderlos y ha hecho uso de ellos. A través de esa singular ventana que son nuestros ojos la luz nos ha permitido conocer y entender mejor el mundo y apreciar su belleza.

La primera intención de este texto es ayudar al lector a conocer mejor aquello que ya sabe acerca de la luz, al revivir y profundizar los conocimientos que ya posee.

Al desarrollo de las teorías sobre la luz y de los instrumentos ópticos han contribuido no solamente los físicos: ha habido aportaciones notables de ingenieros, matemáticos, astrónomos, biólogos, filósofos... y muy especialmente médicos, preocupados por entender el fenómeno de la visión y curar los defectos de la vista.

Un sistema especialmente fino y delicado es el ojo humano. En este caso la combinación de lentes se constituye de la córnea, el cristalino (lente formada por unas 20 mil capas, como una cebolla) cuya función es enfocar las pequeñas imágenes sobre la retina. El ojo ajusta automáticamente el enfoque y la cantidad de luz, para una visión óptima.

Afortunadamente mediante el uso de lentes apropiadas se pueden contrarrestar —hasta cierto grado— algunos defectos de la vista (como la miopía, hipermetropía y astigmatismo). Curiosamente, la corrección se efectúa antes de producirse la imagen defectuosa, porque la luz pasa primero por los anteojos y después por los ojos.

## ii de los colores y otras cosas...

**ii.1 Los colores.** Dos factores contribuyen al color de los objetos: éstos mismos y la luz que los ilumina. Seguramente le ha sucedido que compra usted un objeto de determinado color, escogido bajo la iluminación artificial de la tienda, y al salir de ella descubre bajo la luz del sol que ése no era el color que usted buscaba. ¿Cuál es entonces el origen del color, y cuál es el color de las cosas?

**ii.2 El arcoíris.** Todos hemos visto los colores puros del espectro en los bordes biselados de un espejo de vidrio o en el arcoíris que se forma en el cielo cuando el sol ilumina las gotas de agua de la lluvia. Lo que poca gente sabe es que la causa de la dispersión de la luz por un prisma se debe a que la luz azul en el vidrio viaja más rápidamente que la luz

**iii.3 El desarrollo de la óptica durante el Renacimiento.** Leonardo da Vinci formuló la teoría de la visión del ojo comparándolo con una cámara oscura y es muy probable que la haya usado para hacer croquis de sus pinturas. Dice en uno de sus manuscritos: "Una pequeña apertura en el postillo de la ventana proyecta sobre la pared interior del cuarto una imagen de los cuerpos que están más allá de la apertura"

Galileo Galilei construyó varios de los primeros telescopios, con los cuales, además de descubrir las lunas de Júpiter, las manchas solares y los cráteres de la Luna, vendió uno a la alcaldía de Venecia para uso militar.

Es muy interesante que los escolásticos de la época atacaron al nuevo invento aduciendo que lo observado a través del telescopio no eran más que "ilusiones ópticas" (creadas por el mismo telescopio) y no imágenes de la realidad.

Cabe recordar, por cierto, las valiosas observaciones de pequeños animales y de cortes vegetales que hizo Robert Hooke con un microscopio compuesto (construido por él mismo), que marcaron, junto con el holandés Leeuwenhoek inició una nueva etapa para la biología perfeccionando el microscopio simple al elaborar lenticillas de gran poder de aumento. De los 419 microscopios fabricados por Leeuwenhoek que se conocen algunos tienen una amplificación mayor de 250X. A estos instrumentos se deben las primeras observaciones de bacterias, glóbulos rojos, huevecillos de insectos... que contribuyeron a cambiar radicalmente las ideas de los seres vivos a nivel microscópico.

Newton hizo una serie de estudios importantes en óptica. En 1660, a los 18 años, ya había fabricado un telescopio pequeño y poco potente, pero con una innovación usó espejos en vez de lentes, para evitar la aberración cromática que da lugar a imágenes con franjas de colores alrededor de los objetos. Pero Newton, más que usar el instrumento, lo que le interesaba era estudiar esas franjas de colores, entender su origen y, de ser posible aprender a eliminarlas para mejorar la calidad de las imágenes. Esto lo motivó a emprender una serie de estudios con prismas y luz blanca. Así obtuvo el espectro de los colores. Observó que el prisma no modifica la luz, sino que sólo la separa físicamente, y concluyó que cada uno de los colores se distingue por su

roja. Lo mismo sucede con la luz viajando en el agua de las gotas de lluvia.

La mayoría de las personas perciben sin dificultad las diferencias de colores. Sin embargo, aproximadamente 8 por ciento de los hombres y 0.4 por ciento de las mujeres no logran distinguir todos los colores. A esta deficiencia se le llama daltonismo, en memoria de John Dalton, famoso químico (S. XVIII) que hizo la primera descripción de esta deficiencia. Dalton mismo era daltónico, lo cual era una desventaja para él porque no podía percibir los cambios en los colores producidos por las reacciones químicas.

## iii Historia de la óptica...

### iii.2 1 a óptica durante la Edad

**Media.** Los adelantos más

importante en la ciencia medie-

val se dieron en el mundo árabe, cuya cultura floreció entre los siglos VIII y

X desde Persia hasta la península Ibérica, pasando por el norte de África.

Al-Hazen se dedicó con éxito a examinar las obras de los griegos y fue el

primero en analizar correctamente los principios de la Cámara Oscura.

Hizo un cálculo muy certero de la altura de la atmósfera e intuyó que la luz

viaja una velocidad muy grande pero finita. De la obra de Al-Hazen, y del

árabe, hemos heredado palabras como: retina, córnea, humor acuoso, humor vítreo... etcétera.

Ana María Cetto

LA LUZ



Ana María Cetto, 2003, La luz, La ciencia para todos /32. Tercera edición.

“refractibilidad”. Algunos de sus contemporáneos se decepcionaron con este descubrimiento, porque se había pensado que el blanco representaba la pureza, ¡no una mezcla de colores!

**iii.4 El siglo de las ondas.** Para inicios del siglo XIX se aceptaba que la luz era una onda sin embargo no se sabía el valor de su longitud de onda. Thomas Young calculó que en una pulgada caben 37 mil 640 ondas rojas y 59 mil 750 ondas violetas. Este descubrimiento fue sumamente importante porque puso de manifiesto una relación directa entre el color —que representa una sensación visual— y un parámetro físico, como lo es la longitud de onda. Resulta de acuerdo con lo establecido por Young, que la longitud de onda de la luz es muy pequeña, del orden de 0.00005 cm, o sea, la mitad de una micra, correspondiendo al violeta una longitud menor que al rojo. A los colores intermedios del arco iris les corresponden valores intermedios de longitud de onda.

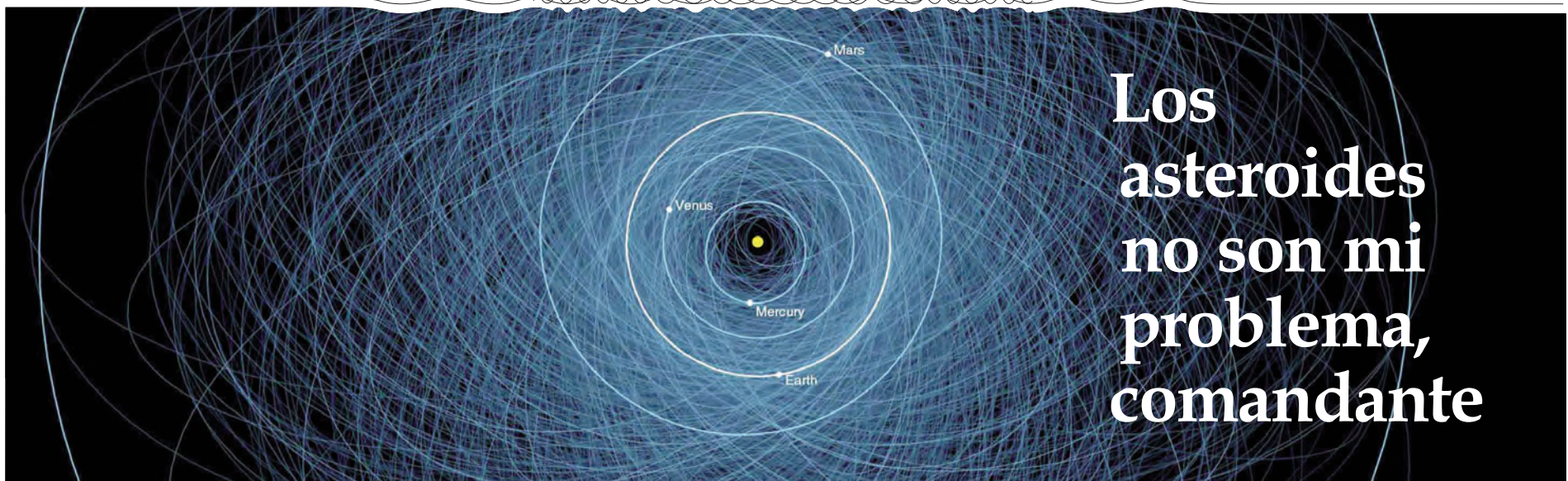
La publicación de Young es considerada una obra trascendental. Pero en su época no fue bien vista. Por ejemplo, escribía uno de sus críticos que los artículos de Young “no contienen nada que merezca el nombre de experimento o descubrimiento... su único efecto puede ser el de detener el progreso de la ciencia”. Young publicó un folleto en el que respondía a estas críticas con serios argumentos, pero de esta publicación se vendió un solo ejemplar.

La doctora Ana María Cetto estudió la licenciatura en física en la Facultad de Ciencias de la UNAM; obtuvo la maestría en biofísica en la Universidad de Harvard y el doctorado en física en UNAM. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, y sus áreas de estudio abarcan los fundamentos de la mecánica cuántica, los procesos estocásticos y la interacción de la luz y la materia.✉



Raúl Mújica

# Los asteroides no son mi problema, comandante



• Órbitas de asteroides potencialmente peligrosos, imagen tomada de [http://apod.nasa.gov/apod/image/1308/phas\\_jpl\\_3254.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/1308/phas_jpl_3254.jpg)

“Los asteroides no son mi problema, comandante”, dice *Darth Vader* cuando la nave imperial se mete en una zona de asteroides persiguiendo al famoso Halcón Milenario. Hay muchos puntos a discutir en la escena, como la densidad de asteroides, su tamaño o la existencia de esa especie de gusano gigante, dentro del cual los héroes de la película se esconden, pero que mejor dejaremos para otra ocasión.

En su recorrido alrededor del Sol nuestro planeta pasa por un enjambre de asteroides con tamaños que van desde el de un guijarro hasta varios kilómetros. Estas piedras son remanentes de la formación del Sistema Solar. No se trata de los asteroides en el cinturón entre el planeta Marte y Júpiter, éstos tienen órbitas más cercanas al Sol, algunas de las cuales se aproximan a la órbita de la Tierra.

Existen otras películas donde las colisiones son las protagonistas, como *Deep Impact*, en la que un asteroide tiene una órbita que coincide con la de la Tierra, es decir, que nos va a “impactar de manera profunda”. Hay teorías que involucran grandes colisiones, como la “teoría del impacto gigante” que plantea el origen de la Luna como resultado del impacto de un planeta del tamaño de Marte con la Tierra; otra teoría, propuesta por Luis y Walter Alvarez, también involucra un gran impacto, de un asteroide, que terminó con los dinosaurios hace 65 millones de años, y que dejó como evidencia al famoso cráter de Chicxulub, en Yucatán.

Uno evento más reciente sucedió en 1908, en Tunguska, en la región de Siberia. Un asteroide rocoso, de unos 40 metros de diámetro, ingresó a la atmósfera de la Tierra y explotó, afortunadamente en una zona despoblada y aislada. El cálculo más reciente indica que la energía de la explosión fue equivalente a una bomba de tres a cinco megatonnes.

Se estima que cerca de un millón de los llamados Objetos Cercanos a la Tierra (NEOs, Near Earth Objects) tienen dimensiones similares o mayores al de Tunguska, unas 300 veces más poderosos que la bomba lanzada en Hiroshima. Es obvio estimar lo que sucedería si un impacto así ocurriese en zonas densamente pobladas, millones de personas morirían sin aviso.

Estos eventos no suceden solo en la Tierra, desde luego, hay evidencia de la existencia de colisiones cósmicas en el resto del Sistema Solar, como la registrada por cientos de telescopios terrestres cuando el Cometa Shoemaker-Levy impactó a Júpiter en 1994.

Cómo resultado de estas observaciones y las evidencias en la Tierra se han desarrollado diversos estudios sobre las consecuencias de estos impactos en nuestro planeta. No son pocos, desde aquella colisión que generó la Luna, millones de asteroides han caído en la Tierra, de todos los tamaños y con diversas frecuencias.

Existe un proyecto denominado Spaceguard que ha identificado y mapeado casi 95 por ciento de los NEOs mayores a 1 km, sin embargo, es posible que existan más de un millón de NEOs más pequeños, pero todavía peligrosos, y que no son fácilmente detectados debido a las limitaciones de los telescopios ópticos en la Tierra.

Existen actualmente varios programas de monitoreo de asteroides: ASA WISE o NEOWISE, un telescopio espacial que observa en el infrarrojo; El Catalina Sky Survey (CSS) de la Universidad de Arizona que utiliza varios telescopios cerca de Tucson, Arizona; el Siding Spring Survey (SSS) en Australia que utiliza un telescopio de 50 cm; el Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS), que consiste de cuatro telescopios de 1.8 metros de diámetro; el Goldstone Observatory (Goldstone Deep Space Communications Complex) un radar localizado en Goldstone, California; y el radio telescopio del Observatorio de Arecibo en Puerto Rico. La Agencia Espacial Canadiense lanzó en febrero de 2013 el NEOSat dedicado a detectar y seguir asteroides y satélites.

Estos programas son importantes, ya que, de acuerdo con los especialistas, continuar orbitando alrededor del Sol sin saber de los asteroides potencialmente peligrosos, es como jugar ruleta, pero apostando familia, casa y futuro.

Es importante descubrir y monitorear estos asteroides, por esta razón es que hace unos días se lanzó la “Declaración 100x” que solicita descubrir y rastrear 100 mil asteroides por año durante los siguientes 10 años. Estos programas no sólo servirán para protegernos sino también para mejorar el conocimiento de nuestro Sistema Solar.

## La declaración 100x

La Declaración 100x, firmada por astronautas, científicos, premios Nobel, tecnólogos y artistas, entre ellos un mexicano, el Dr. Sergio Camacho, Secretario General del CRECTEALC (Centro Regional de Enseñanza de Ciencia y Tecnología del Espacio para América Latina y el Caribe) que tiene sede en el INAOE, establece lo siguiente:

*Como científicos y ciudadanos, nos esforzamos por resolver los mayores desafíos de la humanidad para proteger a nuestras familias y la calidad de vida en la Tierra en el futuro.*

*Los asteroides impactan la Tierra: este tipo de eventos, sin intervención, causarán un gran daño a nuestras sociedades, comunidades y familias en todo el mundo. A diferencia de otros desastres naturales, sabemos cómo prevenir impactos de asteroides.*

*Hay un millón de asteroides de nuestro sistema solar que tienen el potencial para golpear*

*la Tierra y destruir una ciudad, sin embargo, hemos descubierto menos de 10 mil, apenas el uno por ciento, de ellos. Tenemos la tecnología para cambiar esta situación.*

*Por lo tanto, nosotros, los abajo firmantes, llamamos para las siguientes acciones:*

**1.** *Emplear la tecnología disponible para detectar y rastrear asteroides cercanos a la Tierra, que amenazan a las población humana, a través de gobiernos y organizaciones privadas y filantrópicas.*

**2.** *Una rápida aceleración (unas 100 veces, 100x) en el descubrimiento y seguimiento de asteroides cercanos a la Tierra hasta alcanzar unos 100 mil por año, en los próximos 10 años.*

**3.** *La adopción global del Día del Asteroide, elevando una mayor conciencia del peligro de los asteroides y elevando nuestros esfuerzos para prevenir los impactos, el 30 de junio de 2015.*

*Declaro que comparto las preocupaciones de esta estimada comunidad de astronautas, científicos, empresarios, artistas y ciudadanos interesados para crear conciencia sobre la protección y la conservación de la vida en nuestro planeta mediante la prevención de futuros impactos de asteroides.*

## El día del Asteroide

El Día del Asteroide es un movimiento de concientización global en el que gente del todo el mundo se une para aprender sobre los asteroides y lo que se puede hacer para proteger nuestro planeta, familia, comunidad y generaciones futuras. El Día del Asteroide se llevará a cabo en el aniversario del evento de Tunguska de 1908, el mayor impacto que ha sufrido la Tierra en la historia reciente. Es posible unirse a este movimiento en:

<http://www.asteroidday.org/join-us/>

Para apoyar este movimiento se organizarán, en todo el mundo, eventos grandes y pequeños durante este Día del Asteroide, desde conciertos hasta conferencias y otros programas educativos. En el INAOE, a través del CRECTEALC, ya estamos planeando algunas actividades para mostrar que, contrario a lo que dijo *Darth Vader*, los asteroides sí son nuestro problema. ☺

[rmujica@inaoep.mx](mailto:rmujica@inaoep.mx) ✉

## más información

<http://www.asteroidday.org/>

<http://www.crectealc.org/>

<http://www.inaoep.mx/>

José Ramón Valdés

## Calendario astronómico Enero 2015

Las horas están expresadas en Tiempo Universal (UT)

\* Enero 04, 06:36. La Tierra en el perihelio. Distancia heliocéntrica: 0.9832 U.A.

\* Enero 04. Lluvia de meteoros Quadrántidas. Actividad desde el 28 de diciembre hasta el 12 de enero con el máximo entre las últimas horas de la noche del 3 de enero y las primeras horas de la madrugada del 4 de enero. La taza horaria es de 120 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Bootes con coordenadas de AR=230 grados y DEC=+49 grados. Asociada con el asteroide 2003 EH. Son meteoros de gran intensidad, con estelas que pueden durar algunos minutos, sin embargo, la proximidad de la Luna llena dificultará la observación de los mismos.

Enero 05, 04:53. Luna llena. Distancia geocéntrica: 397,240 km.

Enero 08, 09:44. Júpiter a 5.8 grados al Norte de la Luna en la constelación de Leo. Elongación del planeta: 146.6 grados. Configuración visible, después de las 22:00 horas y durante el resto de la noche, desde la parte Este de la esfera celeste.

Enero 09, 18:17. Luna en el apogeo. Distancia geocéntrica: 405,408 km. Iluminación de la Luna: 81.9%.

\* Enero 11, 18:59. Máximo brillo de Mercurio (V=-0.7). Elongación del planeta: 18.5 grados.

Enero 13, 09:46. Luna en Cuarto Menguante. Distancia geocéntrica: 397,725 km.

Enero 14, 20:20. Mercurio en su máxima elongación Este. Elongación del planeta: 18.91 grados.

\* Enero 16, 12:42. Saturno a 1.1 grados al Sur de la Luna en los límites de las constelaciones del Escorpión y la Libra. Elongación del planeta: 53.8 grados. Configuración observable en las últimas horas de la madrugada del 16 de enero hacia el horizonte oriente.

\* Enero 20, 13:13. Luna nueva. Distancia geocéntrica: 361,122 km.

Enero 21, 15:47. Mercurio estacionario. Elongación del planeta: 15.9 grados.

\* Enero 21, 20:07. Luna en el perigeo. Distancia geocéntrica: 359,645 km. Iluminación de la Luna: 2.6%.

Enero 21, 20:31. Mercurio en el perihelio. Distancia heliocéntrica: 0.3075 U.A.

\* Enero 23, 04:10. Marte a 3.3 grados al Sur de la Luna en la constelación de Acuario. Elongación del planeta: 35.6 grados. Configuración observable, sólo si el horizonte poniente se encuentra despejado, inmediatamente después de la puesta del Sol.

Enero 27, 04:48. Luna en Cuarto Creciente. Distancia geocéntrica: 377,722 km.

Enero 30, 13:38. Mercurio en conjunción inferior. Distancia geocéntrica: 0.6590 U.A.

✉ [jvaldes@inaoep.mx](mailto:jvaldes@inaoep.mx)

\*\* La imagen que ilustra este calendario:  
Capítulo 84 de 365 - Motas de piano suave, por  
Diego Velando Andrade, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

## Tras las huellas de la naturaleza

Tania Saldaña Rivermar, Juan Jesús Juárez Ortiz y Constantino Villar Salazar \*

# La radiación solar en los sistemas naturales



La radiación solar es la principal fuente de energía para los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como para las especies que habitan en ellos. La cantidad y la radiación solar disponible influyen drásticamente en los diferentes procesos fisiológicos, morfológicos, genéticos y reproductivos tanto en plantas como en animales, afectando significativamente en el funcionamiento general de los ecosistemas. En general la intensidad de luz es un componente muy importante para la regeneración de las plantas y el desarrollo de actividades de algunos animales, es decir, se sabe que la luz ha desencadenado diversos procesos evolutivos, en donde la adaptación a la radiación solar ha permitido que plantas y animales coevolucionen al paso de los años.

En particular hay cuatro factores de la radiación solar que permiten un equilibrio dentro de los ecosistemas: la intensidad, la calidad, la direccionalidad y la distribución en el tiempo y espacio. La radiación en condiciones naturales es muy variable, tal es el caso de la apertura de claros en el dosel de un bosque. Estos claros tienden a cerrarse de manera rápida por medio del crecimiento lateral de las ramas de los árboles que permanecen en pie; sin embargo, en el sotobosque (vegetación que crece bajo los árboles de un bosque) la competencia por la luz solar hace que plantas de crecimiento rápido aprovechen el mayor tiempo posible para ocupar los espacios disponibles dentro del bosque. La luz que llega al sotobosque puede ser de hasta cinco colores diferentes: verde, rojo, azul, anaranjado y blanco, estos cambios afectan en la coloración de los objetos, haciendo que en animales principalmente, se vean modificados algunos aspectos de su fisiología, tal es el caso de los insectos en donde se ve alterada su visión.

La luz solar directa puede ser direccional, generando sombras nítidas y contrastadas, mientras que la luz reflejada en las nubes o el cielo (multidireccional), genera sombras vagas e

imprecisas, haciendo que las plantas en el sotobosque optimicen la captura de la escasa luz, permitiendo una orientación del follaje hacia las zonas más luminosas de su entorno. Esto también lleva a que la luz en el sotobosque sea variable en el tiempo y en el espacio, generando la coexistencia de especies activas en distintos momentos.

Otro aspecto importante en el funcionamiento de las plantas es el proceso de fotosíntesis, en el cual las plantas absorben energía solar o lumínica a través de pigmentos fotosensibles para transformar el dióxido de carbono y el agua en energía química en forma de glucosa y así poder liberar oxígeno al ambiente. Las plantas poseen pigmentos como la clorofila, la cual es capaz de efectuar la fotosíntesis a través de las hojas de la planta en donde se realiza este proceso, debido a la gran cantidad de clorofila presente en ellas.

En el caso de los animales, los anfibios y reptiles, fisiológicamente dependen del calor del sol para mantener una temperatura corporal adecuada y así tener un buen funcionamiento de su metabolismo. Para obtener la mayor cantidad de calor del Sol en el menor tiempo posible han desarrollado numerosas estrategias tanto fisiológicas como de comportamiento. La más común es exponerse directamente a los rayos del sol por largos periodos de tiempo, orientando el cuerpo para captar la mayor radiación solar. Las lagartijas oscurecen el color de su piel para aumentar la captación de los rayos solares. Esta dependencia al calor obliga a la mayoría de los reptiles a estar activos durante ciertas horas del día y así poder desarrollar actividades como: defender su territorio, escapar de un depredador, buscar alimento y otras interacciones sociales.

Desde estas diferentes perspectivas, la luz solar es de gran importancia para la vida en el planeta, sin ella, principalmente las plantas no producirían el oxígeno que necesitamos para poder vivir. ■

✉ [traslashuellasdelanaturaleza@hotmail.com](mailto:traslashuellasdelanaturaleza@hotmail.com)

f Tras las huellas

t @helaheloderma

Raúl Mújica

Hace unas meses nos invitaron a colaborar en la elaboración de los textos que acompañarían la exposición “Vivitur ingenio. Memoria impresa de las ciencias y las artes” que incluiría algunos libros de astronomía y cartografía que son parte del acervo de la Biblioteca Palafoxiana. Con gusto acepté, ya hace tiempo había tenido la oportunidad de estar en la presentación de un catálogo de libros de Astronomía de la misma biblioteca que contenía muy buenos ejemplares. Seguro encontraría cosas interesantes.

Resultó mucho más que eso. La lista de astronomía incluía: ¡Astronomía Instaurata, *Mysterium Cosmographicum* y *Libra Astronomica* Copérnico, Kepler y Sigüenza, nada más. Casi me da algo cuando nos dijeron que podíamos visitar la biblioteca para examinar los libros.

**El Misterio Cósmico**

Abri entonces el primero, justo en la ilustración que contiene esferas, cubos, tetraedros y otras figuras, una dentro de la otra. Recordé inmediatamente el pasaje de la serie de *Cosmos*, de Carl Sagan que ilustra la obsesión de Kepler para conciliar los cinco sólidos platónicos con los seis planetas conocidos a esa fecha.

Seis planetas: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno. Cinco sólidos regulares: tetraedro, cubo, octaedro, icosaedro y dodecaedro. ¿Por qué habría sólo seis planetas? ¿Por qué cinco sólidos? Kepler pensó que debía haber una relación entre ambos.

Según la leyenda, la idea se le ocurrió mientras daba clase, al dibujar un círculo dentro de un triángulo, y el triángulo dentro de otro círculo. Entre los seis planetas hay cinco espacios en los cuales debían encajar los sólidos regulares. En la esfera determinada por la órbita de Saturno metió un cubo, y dentro del cubo la esfera correspondiente a Júpiter seguida del tetraedro, que contiene la esfera de Marte. Luego el dodecaedro seguido de la esfera de la Tierra y dentro de ella el icosaedro. Luego la esfera de Venus conteniendo al octaedro que a su vez contiene la esfera de Mercurio. Parecía todo resuelto. En sus propias palabras: “El deleite que me proporcionó mi descubrimiento es algo que jamás seré capaz de describir con palabras”

Kepler expuso esta idea en el Misterio Cósmico (*Mysterium Cosmographicum*), idea fallida, pero de los primeros intentos para establecer las leyes que regían los movimientos de los planetas.

**Astronomía Restaurada**

El siguiente libro que examiné fue La *Astronomía Instaurata* (*Astronomía Restaurada*) es la tercera edición de *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre la revolución de los esferas celestes*) publicada 75 años después de la muerte del autor, publicación “restaurada y elucidada con anotaciones” de la hipótesis que revolucionó a la ciencia, donde Copérnico proponía que el Sol, y no la Tierra, estaba en el centro del Universo.

Nicolás Copérnico, astrónomo y clérigo polaco, falleció en 1543, el mismo año en que publicó *De revolutionibus orbium coelestium* una teoría que explicaba de manera completamente

NICOLAI COPERNICI  
Torinensis.  
**ASTRONOMIA  
INSTAURATA.**

Libris sex comprehensa, qui de Revolutionibus orbium coelestium inscribuntur.

Nunc demum post 75 ab obitu auctoris annu integritati suae restituta, Notisque illustrata, opera & studio

D. NICOLAI MVLERII

Medicinae ac Mathematicae Professoris ordinarij in nova Academia quae est GRONINGÆ.

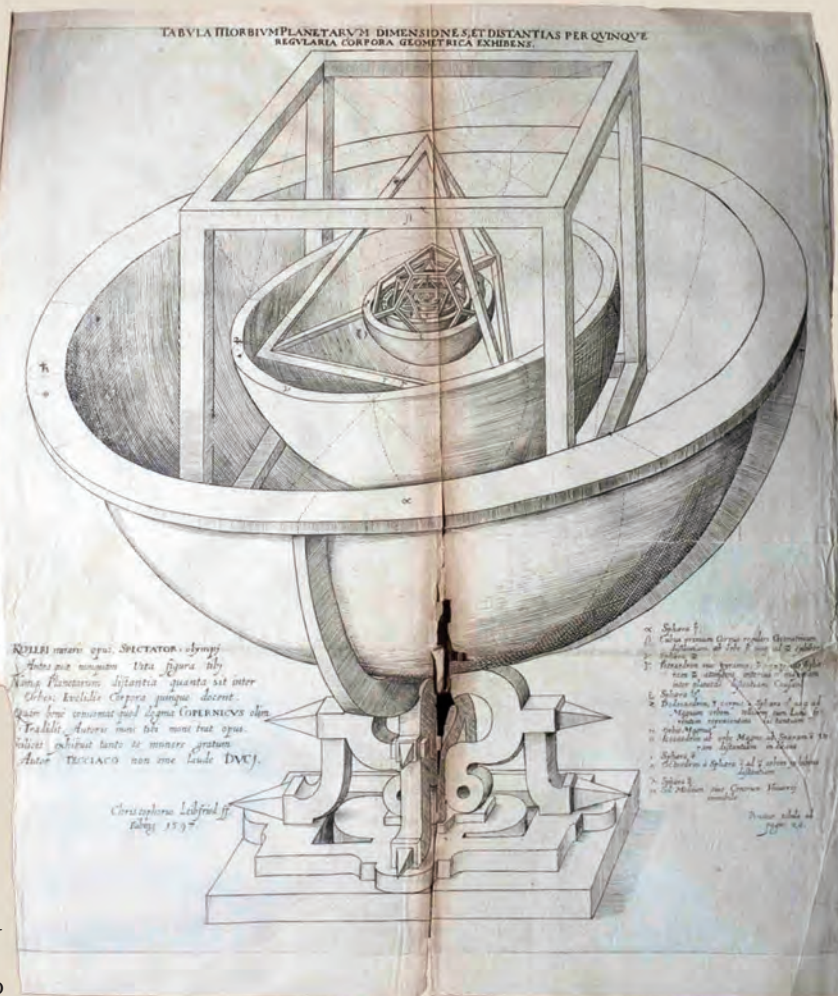


AMSTELRODAMI,

Excudebat VVilhelmus Ianfonius, sub Solari aureo.

Año M. D. C. XVII.

**Vivitur ingenio:  
Astronomía  
en la  
Palafoxiana**



diferente el movimiento aparente de los objetos celestes. La Tierra se convertía en el tercer planeta, con respecto al Sol, moviéndose en una órbita circular. Se trata, quizá de una de las ideas más importantes y con mayores consecuencias en el desarrollo de la ciencia.

**Libra Astronomica**

Los cometas han generado polémica desde hace mucho tanto sobre su origen como sobre sus efectos. Aristóteles y Claudio Ptolomeo pensaban que eran exhalaciones de la atmósfera terrestre, mientras que Lucio Anneo Séneca vaticinó la naturaleza de los cometas como verdaderos cuerpos celestes. Fue hasta el siglo XVI cuando se estableció su naturaleza interplanetaria. En 1531, Pedro Apiano notó que las colas de los cometas siempre iban dirigidas en la dirección opuesta a la posición del Sol. En 1575 Tycho Brahe determinó la distancia a un cometa, demostrando que no sólo estaba fuera de la Tierra, sino más allá de la órbita de la Luna.

Existen historias de cometas que incluyen excomunión y exorcismo, historias que reflejan perfectamente el efecto que tienen estos objetos, de aspecto magnífico y con una forma misteriosa de aparecer y desaparecer en el cielo, en la generación de diversos mitos sobre su influencia, que va desde caídas de imperios, muerte de gobernantes y catástrofes naturales, hasta suicidios colectivos.

La *Libra Astronomica* es precisamente parte de una discusión entre su autor, Sigüenza, y el famoso padre Kino, en torno a los efectos de los cometas. Sigüenza sostenía que los cometas no tienen efecto sobre nuestras vidas y en 1681 publicó su *Manifiesto filosófico contra los cometas*; sin embargo, Kino le criticó duramente en su *Exposición Astronómica del cometa*, a lo cual respondió Sigüenza con la *Libra Astronomica*. Este es un ejemplo de una discusión entre pares, discusiones que permiten avanzar en el desarrollo del conocimiento. Sirve también para ejemplificar el interés de la ciencia por acabar con los mitos.

Hoy tenemos la certeza de que los cometas son remanentes de la formación del Sistema Solar que no traen desgracia alguna, al contrario, su estudio nos permitirá conocer más sobre estas etapas del universo.

Revisé otros tres libros del acervo, estos tratan sobre cartografía: *Cosmographia* de Pedro Apiano, *Epitome orbis terrarum* de Ortelius, y *Atlas Maior* de Joan Blaeu, tres obras impresionantes también, de las cuales aprendí mucho y disfruté más, pero que las comentaré en otro artículo.

La exposición contiene muchos más libros que se expusieron en la FIL en Guadalajara y permanecerán en el Instituto Cultural Cabañas todo enero, revisemos cuando regresa la expo a la Palafoxiana para aprovechar y admirar estos tesoros. S

rmujica@inaoep.mx

• Imágenes tomadas de [http://www.bne.es/es/Micrositios/Exposiciones/EuropaPapel/resources/img/175\\_1\\_gr.jpg](http://www.bne.es/es/Micrositios/Exposiciones/EuropaPapel/resources/img/175_1_gr.jpg)  
<http://www.library.illinois.edu/rbx/exhibitions/Plato/Archival%20Images/Large%20jpg/Q.%20521.3%20K44p%201621,%20Solid%20Nest%20L.jpg>

José Gabriel Ávila-Rivera

Parciera que desde hace relativamente pocos años hemos generado una especie de amor con odio hacia el Sol y su luz. Si hablamos de las características que debía exhibir una piel bella antiguamente, podremos descubrir con asombro que el ideal era la palidez (hay que recordar sin lugar a dudas, el cuento de *Blancanieves* de los hermanos Grimm). De hecho, una piel bronceada se relacionaba con el trabajo rudo del campo y por lo mismo, una proletaria y menospreciada clase social. Sin embargo, alrededor de los años 60 esta perspectiva cambió radicalmente pues para la mayoría, una piel de tonalidad más oscura se vinculó con una buena salud y bienestar.

Fue entonces cuando se puso de moda exponerse al Sol, la mayoría de las veces en una forma excesiva, con el consecuente incremento en el riesgo de desarrollar cáncer de piel y la desconcertante conducta de hacer caso omiso a las recomendaciones de limitar el contacto abusivo con los rayos ultravioleta. Desde entonces, el incremento en la frecuencia de daño por la luz, conocida médicamente como “fotodaño”, “fotoenvejecimiento” o más correctamente Dermatoheliosis, ha aumentado más allá de lo imaginable. Solamente hay que observar alrededor y podremos percibir una gran cantidad de personas con la piel arrugada, sin firmeza, con pliegues acentuados, nódulos perceptibles, llena de manchas y con distintos matices. Una vez que se dan estas características, nos adentramos en un problema muy difícil de resolver, pues ya generado el daño cutáneo, no es posible revertirlo pese a la gran cantidad de desinformación o la ingrata postura mercantil de ofrecer medicamentos milagrosos que prometen restaurar la piel como cuando se era niño, en un momento en el que esto ya no es posible.

Pero lo opuesto, es decir, limitar totalmente el contacto con el Sol representa también una conducta equivocada.

Sinceramente pienso que la luz nos beneficia más de lo que nos perjudica. Cuando los rayos ultravioleta inciden directamente en la piel, se forma vitamina D, cumpliendo con los requerimientos mínimos para que el calcio (componente fundamental de los huesos) se fije en nuestro organismo. De otra manera, las fuentes de esta vitamina en su forma natural son escasas y pueden derivar en una enfermedad llamada Raquitismo, caracterizada por debilidad y hasta reblandecimiento de los huesos.

Pero los aspectos metabólicos no se circunscriben solamente a la producción de esta vitamina y su correspondiente papel en el aprovechamiento del calcio. Algunos estudios han demostrado disminución de colesterol en los veranos y un mejor desempeño muscular en adultos con índices mayores de vitamina D. No se ha podido concluir cómo puede esto mejorar los niveles de grasas en la sangre; y aunque hay quienes defienden la postura de que existen mecanismos aun no descritos, tal vez esto obedezca al hecho de que una persona con mayor masa muscular hace ejercicio cotidianamente, lo que implica más sol y menor riesgo de padecer dislipidemias (aumento de colesterol y triglicéridos en la sangre).

En el área dermatológica, se utiliza una terapéutica denominada fototerapia, en la que se recomiendan exposiciones solares cotidianas durante cortos periodos, para buscar un beneficio en el tratamiento de enfermedades.

Más aun, exponerse a la luz del Sol e incrementar nuestra temperatura provoca dilataciones de los vasos sanguíneos que puede reflejarse en una gran cantidad de respuestas orgánicas benéficas que abarcan mecanismos biológicos tan variados que pueden ser contemplados por prácticamente todas las esferas médicas.

También ahora ya se sabe que la luz estimula la formación de hormonas como la melatonina, reguladora del sueño y la serotonina, vinculada con estados emocionales. Individuos con bajos niveles de esta última, están predispuestos a padecer depresión mayor. Además se considera la hormona del bienestar, pues tiene un impacto demostrado en la conducta sexual.

Pero cuando se busca el baño solar en una forma cotidiana, es recomendable no buscar el “bronceado” pues este ya es indicador de daño en la piel, a menos que se haga en una forma muy paulatina. Con cinco a 10 minutos diarios es suficiente.

Jamás hay que esperar a que la piel se ponga roja para dejar de asolear. Una vez que sucede esto, ya no podremos eliminar el efecto de radiaciones que se recibieron.

No es por demás recomendar el uso continuo de filtros o bloqueadores solares, inclusive cuando está nublado pues los rayos ultravioleta del Sol tienen la capacidad de penetrar las nubes y provocar quemaduras en una forma

## Luz que da vida y que daña

inconsciente. Las cualidades del protector solar deben ajustarse a cada piel dependiendo de la sensibilidad; característica que se denomina fototipo. Si alguien se quema fácilmente y rara vez se broncea, tiene un fototipo I y debe utilizar protectores superiores a 50. Si una persona, además de quemarse se broncea ligeramente (fototipo II), debe utilizar un protector de entre 20 y 50. Un fototipo III se refiere a quien se quema moderadamente con un bronceado progresivo, ante lo cual es necesario utilizar un protector con un factor de protección entre 10 y 20. Aquella persona que se

quema ligeramente y que se broncea fácilmente es de un fototipo IV requiriendo protectores de entre 4 y 10, para finalizar con aquellas pieles que rara vez se queman y que se broncean intensamente (fototipo V) necesitando protectores de 2 a 4.

Tanto las plantas como los animales necesitamos luz con calor para crecer y desarrollarnos. En el mundo, literalmente toda la energía proviene del Sol, de modo que sin luz, la vida prácticamente no existiría. El viento, la lluvia, las condiciones climáticas y toda la compleja maquinaria que nos mueve, inicia en ese astro que ilumina nuestros días.

Por eso, prácticamente en todas las culturas ha sido considerado una deidad. Formado hace aproximadamente 4 mil 650 millones de años y con una probabilidad de seguir ardiendo durante otros 5 mil millones de años más, tendrá que convertirse en una “gigante roja” para después someterse a las fuerzas de su propia masa, convirtiéndose en una estrella enana blanca que se enfriará en un trillón de años aproximadamente. Desde su nacimiento hasta su extinción, representa en efecto un astro que condensa la vida y la extinción, lo que, trasladado a nuestro cotidiano vaivén de experiencias, nos marca con puntualidad absoluta, la frontera entre la salud y la enfermedad. ☾

jgar.med@gmail.com ✉

### AMPLIAMOS LA FECHA DE RECEPCIÓN DE TRABAJOS TIENES HASTA EL 16.02.15

**TEMA**  
“Medios Públicos para el Fortalecimiento de la Democracia”

**CATEGORÍAS**  
Categoría A: menores de 24 años  
Categoría B: mayores de 24 años

**PREMIOS POR CATEGORÍA**  
1º Lugar: 38 mil 500 pesos  
2º Lugar: 33 mil pesos  
3º Lugar: 22 mil pesos

**BASES**  
Descarga la convocatoria y entérate de más detalles en las páginas de internet de las instituciones convocantes y en nuestras redes sociales:

www.canaldelcongreso.gob.mx  
@CanalCongreso  
/canaldelcongreso

**CIERRE DE LA CONVOCATORIA**  
16 de Febrero de 2015