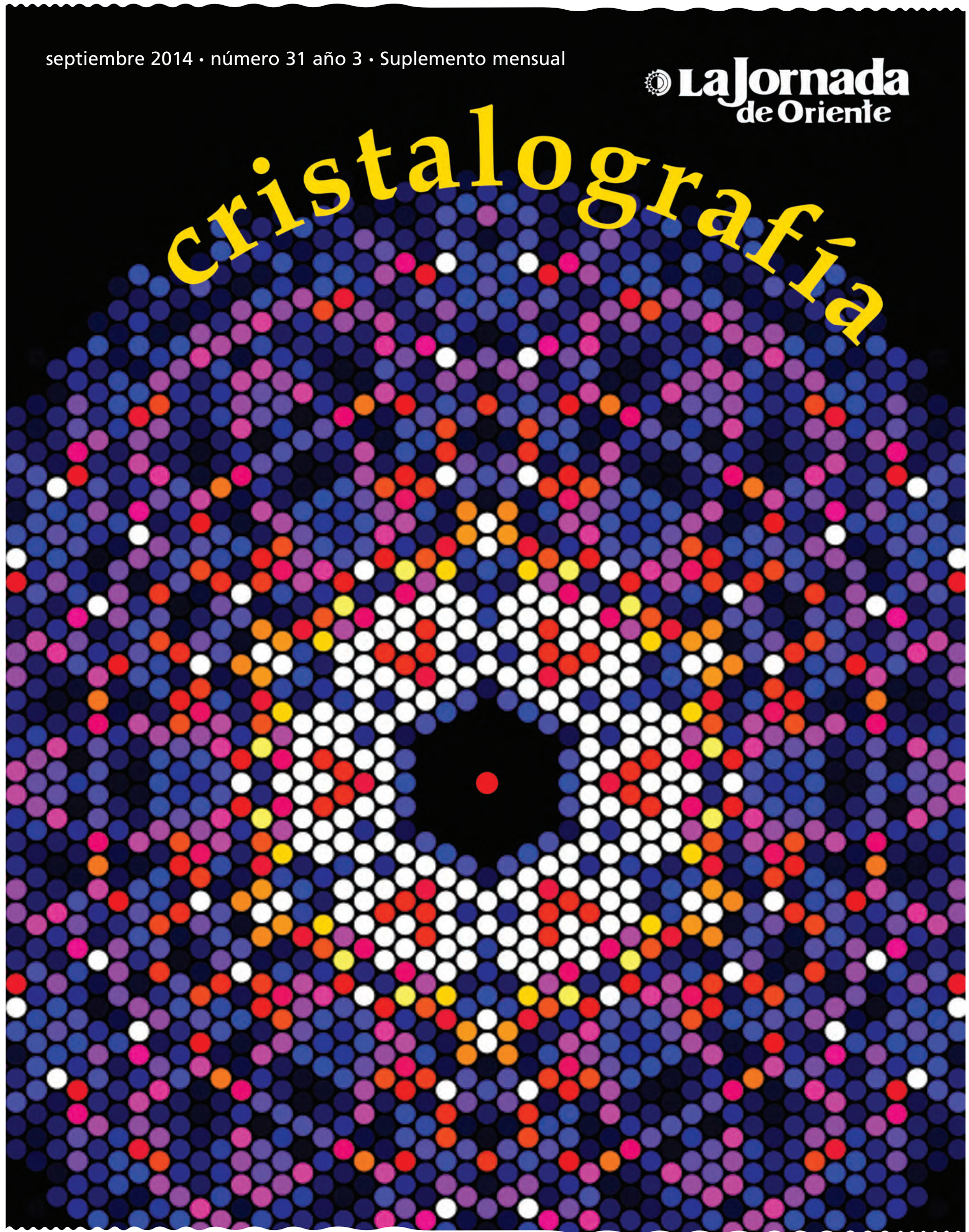


# SABERE **S** CIENCIAS

septiembre 2014 · número 31 año 3 · Suplemento mensual

 **La Jornada**  
de Oriente

*cristalografía*



## Editorial

### Ciclo privatizador

En 20 meses de gestión el Ejecutivo federal ha concretado su ciclo de reformas privatizadoras que privilegian la hegemonía del capital transnacional sobre cualquier institución, organismos políticos o movimiento social. Los compromisos presidenciales con las empresas monopólicas se han cumplido a cabalidad, no así otros, los que atañen a la mayoría de los gobernados.

Peña Nieto prometió un crecimiento anual de la economía superior al cuatro por ciento y solo ha logrado la mitad: al finalizar el año en curso, el crecimiento económico sumado de los años 2013 y 2014 será apenas de 3.8 por ciento, menos de lo que prometió para un solo año. La deuda pública durante 20 meses de gestión de Enrique Peña aumentó cinco puntos del Producto Interno Bruto, lo que significa un incremento de 15 por ciento con relación a la deuda pública externa acumulada al 30 de noviembre de 2012. Los empleos a generar en los dos primeros años de esta gestión equivalen a dos terceras partes de los requeridos para satisfacer la demanda de empleo de los que recién acceden al mercado de trabajo; una de cada ocho personas económicamente activa está desempleada o subocupada (labora menos de 15 horas a la semana) y seis de cada 10 ocupados registran condiciones de vulnerabilidad al carecer de acceso a la seguridad social, o realizar autoempleos, o trabajar en micronegocios o actividades de autoconsumo. El salario real ha deteriorado y el costo actual de la canasta necesaria para una reproducción digna de los trabajadores es nueve veces superior al salario mínimo general vigente. La desigualdad en la distribución del ingreso se ha polarizado aún más y la inseguridad pública ha aumentado.

Ya con las macroreformas en marcha, la economía crecerá en el mejor de los casos al cuatro por ciento cada año entre 2015 y 2018 y la tasa de empleo será apenas de uno por ciento, la población subocupada, desocupada y que labora en condiciones críticas de vulnerabilidad habrán aumentado y el ingreso real seguirá deteriorándose. La negativa del Ejecutivo a incrementar el salario mínimo general y mejorar la distribución del ingreso a través de una reforma fiscal progresiva ni augura mejoría en la calidad de vida de la mayoría, mucho menos, cuando se criminaliza la protesta social, se conculcan los derechos laborales y se privatizan los servicios públicos.

El precio de los hidrocarburos no es probable que baje; eso depende del precio internacional del carbón fósil cuya tendencia es al alza con costos unitarios también crecientes; la energía eléctrica no disminuirá su costo, al contrario, se modificará la forma de pago vencido a pago adelantado y es pausable un incremento de tarifas por retiro de subsidios. La explotación del gas shale es altamente contaminante por la inyección de químicos para fracturar las rocas, y la laxi-

tud ambiental para la extracción de minerales le permite a los concesionarios contaminar indiscriminadamente ríos y mantos freáticos. Toda la riqueza del subsuelo se ha concesionado a particulares y el sector estratégico, que era competencia pública, ahora es exclusividad de particulares. Los dos tercios faltantes de la gestión de Peña Nieto prometen ser de mayores consecuencias sociales que lo conocido hasta hoy.

## Contenido

### 3 Presentación

IYCr2014  
RAÚL MÚJICA

### 4

La magia natural de los cristales  
MA. EUGENIA MENDOZA

### 5

Rosalind Franklin  
y el Año Internacional de la Cristalografía  
MIGUEL ÁNGEL MÉNDEZ ROJAS

### 6

Cristalografía de Rayos X  
JENNIFFER ISABEL ARENAS GARCÍA

### 7

La historia de los vidrios  
MA. E. ZAYAS Y R. LOZADA-MORALES

### 8

Cristalinidad  
JOSÉ ISRAEL RODRÍGUEZ MORA

### 9

Cristales fotónicos  
B. FLORES-DESIRENA Y M.A. PALOMINO-OVANDO

### 10 y 11

Cristales aplicados para  
la generación de energías alternativas  
ELSA CHAVIRA MARTÍNEZ

### 11

Cristales líquidos: una introducción  
MARÍA DEL ROSARIO PASTRANA SÁNCHEZ

### 12

Cristales de cuarzo usados como sensores  
SEVERINO MUÑOZ AGUIRRE

### 13

Cristales líquidos  
RUBÉN RAMOS Y GUADALUPE RIVERA

### 14

Johannes Kepler: Pionero de la Cristalografía  
SYLVAIN BERNÈS FLOURIOT

### 15 La entrevista

Cristales por todos lados  
DENISE LUCERO MOSQUEDA

### 16 Tras las huellas de la naturaleza

Darwin. Apto para todas las especies

JUAN JESÚS JUÁREZ, TANIA SALDAÑA, CONSTANTINO VILLAR

### 17 Homo sum

Retorno migratorio superior al éxodo

SERGIO CORTÉS SÁNCHEZ

### 18 Tekhne Iatriké

La historia del DNA y su cristalografía

JOSÉ GABRIEL ÁVILA-RIVERA

### 19 Reseña (incompleta) de libros

Historia de la ciencia sin trozos aburridos

ALBERTO CORDERO

### 20 Mi experiencia en el extranjero

ERICK GUERRERO RODRÍGUEZ

### 21 Mitos

Superluna: la última del año

RAÚL MÚJICA

### 22 Efemérides

Calendario astronómico Septiembre 2014

JOSÉ RAMÓN VALDÉS

### 23 A ocho minutos luz

Rosetta, la clave para entender

el origen del sistema solar

RAÚL MÚJICA Y JOSÉ RAMÓN VALDÉS

### 24 Agenda

Épsilon  
JAIME CID

## 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](http://www.lajornadadeoriente.com.mx)  
[www.saberesyciencias.com.mx](http://www.saberesyciencias.com.mx)

AÑO III · No. 31 · Septiembre 2014

• La imagen de nuestra portada: *Free-electron lasers*, pertenece a International Union of Crystallography, y fue tomada de <http://www.iycr2014.org/about/media-kit>



Raúl Mújica \*

IYCr2014

“Bienvenido al maravilloso mundo de los cristales. Los cristales se encuentran en cada rincón de nuestra vida diaria, están en nuestro cuerpo y se encuentran en la naturaleza; también son cruciales en los nuevos materiales y en las nuevas tecnologías. Utilizamos los cristales para fabricar mejores medicamentos. Los cristales nos ayudan a entender y preservar el arte y también inspiran el arte. Los cristales más hermosos se utilizan como joyas y para embellecer. Los cristales nos proporcionan mejores alimentos y dan color a nuestro mundo. Los cristales ayudan a la agricultura y nos proporcionan energía verde. Cristales desde el espacio y para el espacio. Cristales para entender la vida, cristales para salvar vidas. Bienvenidos al fascinante mundo de los cristales.”

Qué mejor presentación para el número de Cristalografía de SyC que el guión del video que se lanzó al inicio de 2014 (<http://iycr2014.org/about/video>) para celebrar el Año Internacional de la Cristalografía (Internacional year of crystallography, IYCr) y que muestra, en menos de minuto y medio, la importancia de una disciplina a la que el comité Nobel ha premiado en 27 ocasiones.

En el mismo sitio se colocaron materiales y folletos explicativos, no solo del video, sino de la disciplina. Se

explica, por ejemplo, que la cristalografía trata con la investigación de la disposición de los átomos en la materia y de las propiedades que se derivan de ese orden estructural y que la palabra cristal tiene, para variar, origen griego, krystallos, que significa agua superenfriada.



Con respecto a los cristales en la vida cotidiana, uno de los documentos menciona un excelente ejemplo: “Te despierta una alarma que es un cristal piezoeléctrico en un reloj que mide el tiempo con un cristalito de cuarzo y ves que son las 7:30 en unos números dibujados por cristales líquidos. Te levantas de la cama y te mantienes parada por un esqueleto de cristales. Te cepillas tus blancos dientes cristalinos con una crema basada en nanocristales de un material abrasivo. Bajas a la cocina y al café le pones azúcar cristalizada; te regalas un trocito de chocolate que consiste en uno y precisamente uno de los cinco polimorfos del cacao cristalizado. Te dispones a salir y, antes, te maquillas con una crema cuya base son pequeñísimos cristales de rutilo. Llamas con el celular, gracias a los semiconductores fabricados con cristales de silicio, los mismos que usan las placas solares fotovoltaicas..., así podríamos seguir todo el día”.

Listar dónde se encuentran presentes los cristales, o en qué se aplican requeriría mucho espacio. Huesos, minerales, rocas, joyas, copos de nieve, semiconduc-

tores, superconductores, aleaciones, catalizadores, fertilizantes, abonos, paneles solares fotovoltaicos, petróleo, chips, LEDs, los relojes, teléfonos, láseres, azúcar, sal, chocolate, helado, pigmentos, meteoritos, medicamentos, y muchos etcéteras, tienen que ver con los cristales.

Al final del video, se muestra una animación de las dos ideas fundamentales de la cristalografía. El descubrimiento en el siglo XIX de que los cristales son el resultado de la distribución periódica de unidades de materia (átomos, moléculas o macromoléculas) y que debido a ese orden interno desarrollan formas poliédricas externas con una simetría precisa. La segunda idea, descubierta hace 100 años, es la difracción de rayos X, que nos permite obtener información sobre la estructura de las moléculas que forma los cristales. Esta información ha permitido a los cristalógrafos lograr avances importantes en medicina, ingeniería de materiales, química, geología o la farmacología.

Con los textos incluidos en este número nos unimos a la celebración, no solo del centenario de la difracción de rayos X, sino también del aniversario 400 de la observación de Kepler de la forma simétrica de los cristales de hielo, observación que dio inicio al estudio más amplio de la simetría en la materia. S

\* [rmujica@inaoe.mx](mailto:rmujica@inaoe.mx)



# baños de ciencia

en el Consejo Puebla de Lectura A.C.



UDLAP



**27 de septiembre**  
**Vuélvete un reloj de Sol**  
 María de la Luz Ramírez y  
 Susana Sánchez (INAOE)

**22 de noviembre**  
**Bobina Tesla de Estado Sólido**  
 Axel Loredo (UDLAP) y  
 Alejandro Cesar (ITESM)

**30 de agosto**  
**Jugando con la Geometría**  
 Manuel Basurto (Inst. Esqueda)

**25 de octubre**  
**Pirámides saltarinas**  
 Manuel Pacheco Arriaga  
 (BUAP-AMC)

**6 de diciembre**  
**La mano biónica**  
 Hipercubo (FCE-BUAP)



Inscripciones gratuitas en:  
 12 Norte 1808, Barrio del Alto Tel.: 4 04 93 14  
**Horario: Sábado 11:00-13:00 hrs.**  
**Edades: 7 a 12 años**  
<http://www.consejopuebladelectura.org/>

Ma. Eugenia Mendoza \*

## La magia natural de los cristales

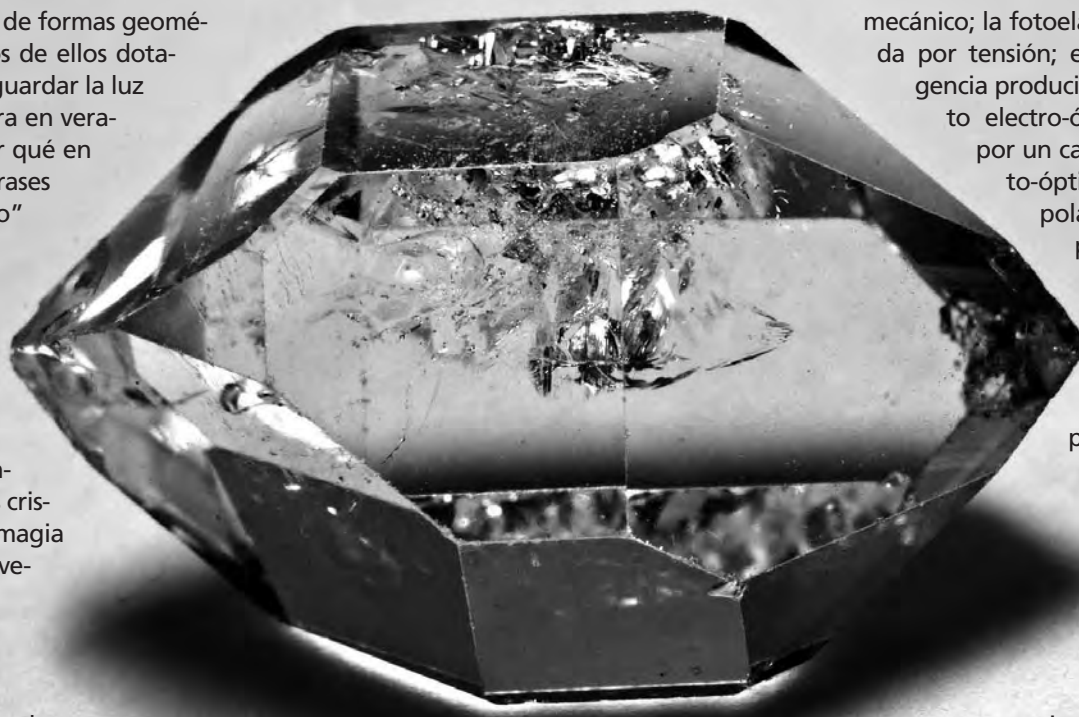
¿Qué son esos objetos sólidos de formas geométricas sorprendentes, algunos de ellos dotados de colores que parecen guardar la luz del ocaso, el verdor de una pradera en verano o el azul del infinito mar? ¿Por qué en la memoria del idioma tenemos frases como "se ha cristalizado mi sueño" o bien, "nada es verdad, ni mentira, todo depende del color del cristal con que se mira"? Cuando contemplamos un cristal o hablamos del estado cristalino, surge espontáneamente la idea de que en un cristal todo está asociado al orden. En seguida se concatena otra idea: los efectos de los cristales, o dicho de otro modo, la "magia natural" de los cristales debe provenir de sus propiedades.

¿Estas cualidades están asociadas al orden y por eso los cristales son tan especiales?

Aquí inicia nuestro relato sobre lo que sabemos hoy del mundo de los cristales. Decimos mundo porque encontramos cristales por doquier: cristales naturales, como los minerales, por ejemplo el cuarzo, la magnetita, el diamante y los biominerales, que son minerales producidos en los seres vivos; por ejemplo, el esqueleto humano y las conchas marinas. Los cristales también pueden ser artificiales; ellos forman parte fundamental en el mecanismo de funcionamiento de muchos aparatos electrónicos que utilizamos cotidianamente; por ejemplo las baterías de los dispositivos móviles como teléfonos celulares, *lap tops*, etcétera, son cristales de óxido de cobalto u óxido de manganeso que tienen distribuidos iones de litio; los equipos de ultrasonografía médica tienen como elemento sensor fundamental cerámicas cristalinas de un óxido mixto de Plomo, Circonio y Titanio (PZT).

Empecemos definiendo qué es un cristal. El cristal es un sólido en el que sus componentes (átomos, iones y/o moléculas) están ordenados a intervalos regulares, como las losetas de un piso. Desde 1912 tenemos la certeza de que así es, pues ese año se realizó un experimento único en la historia de la ciencia: Laue, Friedrich y Knipping demostraron que los cristales de sulfato de cobre, cuando son irradiados con rayos X, producen el fenómeno de difracción, el cual solo es posible cuando se tiene un orden periódico de objetos, que en este experimento son los iones cobre y sulfato. Entonces, la evidencia experimental inequívoca de que una sustancia es cristalina la proporciona un experimento de difracción de rayos X: si se obtiene un "patrón de difracción" o difractograma, la sustancia en cuestión es cristalina; si esto no ocurre, la sustancia es amorfa.

¿Y las propiedades de los cristales dependerán de ese orden que tienen los componentes del cristal? En general sí, porque las propiedades físicas y químicas de los cristales dependen de la dirección. Aquí tenemos que hacer una parada en nuestro relato para comentar brevemente sobre aspectos metodológicos de la investigación científica experimental, particularmente en el caso de cristales, como fue demostrado



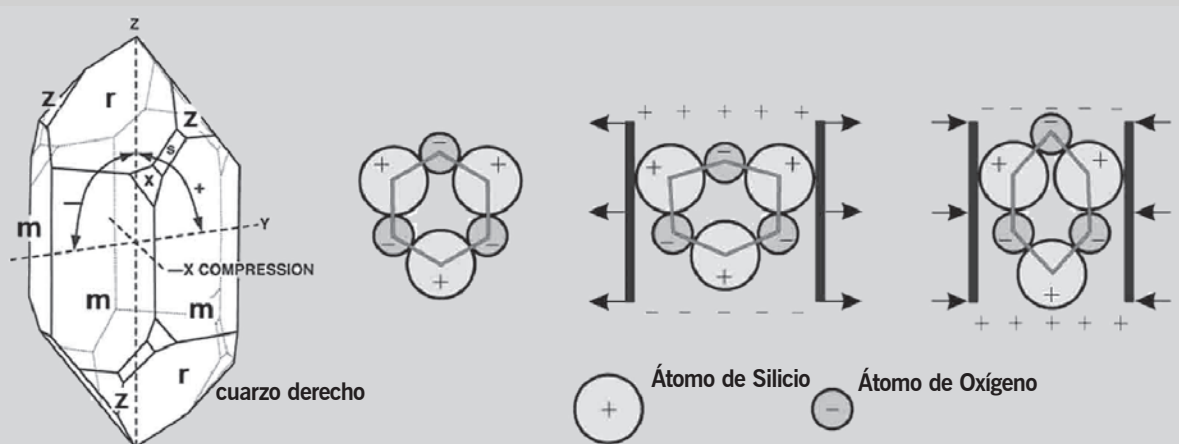
mecánico; la fotoelasticidad: birrefringencia producida por tensión; el efecto acusto-óptico: birrefringencia producida por una onda acústica; el efecto electro-óptico: birrefringencia producida por un campo eléctrico y el efecto magneto-óptico: rotación del plano de luz polarizada (actividad óptica) causada por un campo magnético.

Concluiremos nuestro relato sobre los cristales y sus propiedades físicas describiendo una propiedad ampliamente utilizada en varios dispositivos, la piezoelectricidad, la cual consiste en la generación de polarización eléctrica debido a la aplicación de una fuerza mecánica externa. Los hermanos Curie, Pierre y Jacques descubrieron la piezoelectricidad en el cuarzo en 1880. El cuarzo es un mineral cristalino cuya fórmula química es  $\text{SiO}_2$ , es decir, es óxido de silicio. Por el orden que tienen el silicio y el oxígeno en este cristal, pertenece al llamado sistema cristalino romboédrico. La forma cristalina más común del cuarzo tiene seis caras prismáticas (m) y seis caras piramidales (r y z), dependiendo de cómo se ubican las caras piramidales, se tiene la forma derecha o la forma izquierda. Cuando se aplica presión sobre algunas caras del cuarzo se generan dipolos eléctricos, con la polaridad indicada como se ilustra a continuación:

Apenas hace 102 años que la humanidad inició el estudio del orden cristalino a nivel microscópico, conocimiento que ha permitido entender las propiedades derivadas de ese orden en minerales, cristales orgánicos y cristales biológicos. Gracias a esta comprensión de la relación entre la estructura (orden) y

por Pierre Curie en su célebre trabajo sobre la simetría de los fenómenos físicos, publicado en 1894.

Las propiedades físicas están definidas por una relación que acopla dos o más cantidades medibles de la misma naturaleza: térmica, eléctrica, mecánica, etcétera. Por ejemplo, la propiedad conocida como susceptibilidad dieléctrica caracteriza la relación entre el campo eléctrico y la polarización eléctrica. Las constantes elásticas caracterizan la relación entre un esfuerzo aplicado y la tensión resultante. Desde la segunda mitad del siglo XX se han investigado los lla-



• Esquema a nivel microscópico de cómo se genera la polarización eléctrica al aplicar presión a un cristal piezoelectrico

mados efectos cruzados, que por la riqueza de la fenomenología y sus aplicaciones merecen ser enlistados: la expansión térmica y el efecto piezocalorífico: reacción mecánica al ímpetu térmico o lo inverso; la piroelectricidad y el efecto electrocalorífico: respuesta eléctrica a un ímpetu térmico o lo inverso; la piezoelectricidad y la electrostricción: respuesta eléctrica a un ímpetu mecánico; el piezomagnetismo y la magnetostricción: respuesta magnética a un ímpetu

las propiedades hoy tenemos el desarrollo tecnológico de una gran cantidad de dispositivos electrónicos, el diseño de fármacos, la preparación de nuevos materiales para uso eficiente de la energía, para la construcción, etcétera. Tenemos el gran reto de acrecentar esa comprensión para que nuestra especie haga un mejor uso de los recursos naturales del maravilloso planeta que habitamos. ¡Bienvenidos todos los que quieran dedicarse al estudio de los cristales! **S**

Miguel Ángel Méndez Rojas \*

**E**n este año 2014, por acuerdo internacional establecido por la UNESCO, se celebra el Año Internacional de la Cristalografía. Una historia muy especial en relación a la cristalografía, que involucra a una infatigable mujer, Rosalind Franklin, merece ser recordada.

Rosalind Franklin nació el 25 de julio de 1920 en Inglaterra y estudió en la prestigiosa Universidad de Cambridge, donde obtuvo tanto su licenciatura como su doctorado (este último en 1945). Desde sus tiempos universitarios tuvo que confrontar una sociedad machista que intentaba frenar su desarrollo profesional. En la sociedad británica de esa época las mujeres aspiraban por lo regular a dedicarse al hogar, al arte o a la enseñanza, y muy pocas conseguían entrar a la universidad y mucho menos estudiaban posgrados. Su propio padre se opuso férreamente a que ella se educara. Su recia personalidad y su obstinación le permitieron sortear con éxito esta situación. Luego de cuatro años trabajando en París, en donde aprendió cómo realizar experimentos de difracción de rayos X en sustancias no cristalinas, volvió a Inglaterra como investigadora asociada en el King's College. La experiencia adquirida en el estudio de estructuras en sistemas de muy baja cristalinidad le hizo interesarse en aplicar esta técnica al estudio de la estructura de proteínas y lípidos. Empujada por John Randall (en cuyo laboratorio trabajaba) comenzó en 1951 a trabajar con fibras de ácido desoxirribonucleico (ADN), obteniendo en un



corto tiempo resultados de muy alta calidad, gracias a su habilidad y a varias modificaciones que hizo a los equipos disponibles. Esta acción, así como su personalidad fuerte y su devastadora franqueza, le trajeron problemas con colegas en su laboratorio, quienes la veían como una intrusa (ellos habían iniciado un año antes los trabajos sobre difracción de rayos X en fibras de ADN), además de, claro, sentirse ofendidos por ser superados por una mujer. En particular, una competida enemistad surgió con Maurice Wilkins, quien fue el primero en proponer la existencia de una estructura helicoidal en el ADN; posteriormente Wilkins mostraría en 1953 (sin autorización de Rosalind) a James Watson y Francis Crick las hermosas fotografías de difracción de rayos X que ella había obtenido, y que les inspiró a sugerir que el ADN consistía en una "doble hélice". Sin embargo, existe evidencia documental en los archivos personales de Rosalind que establece que ella propuso antes que Watson y Crick dicha estructura de doble hélice al ADN. El fallecimiento temprano de Rosalind Franklin en 1958 (por causas posiblemente relacionadas a su exposición repetida a la radiación en sus experimentos), cuando apenas tenía 37 años, truncó una muy productiva carrera científica. Cuando la Academia Sueca de Artes y Ciencias decidió otorgar a Watson, Crick y a Wilkins el Premio Nobel de Fisiología y Medicina de 1962 por haber propuesto la estructura de doble hélice para el ADN, una sensación de injusticia se sintió en la comunidad científica mundial, por no hacerse un reconocimiento a la enorme aportación de Rosalind Franklin en el tema.

La dedicación del año 2014 como Año Internacional de la Cristalografía tiene un poco de reivindicación y reconocimiento póstumo al papel de Rosalind Franklin. Gran mujer, gran científica, e insuperable cristalógrafa. En México tenemos numerosos ejemplos de mujeres (y hombres también) exitosos en la cristalografía (y en la ciencia en general). Al paso de los años, la participación de

hombres y mujeres en la ciencia ha alcanzado un equilibrio que nos ofrece una perspectiva de igualdad de género como no existe en ninguna otra área profesional. Como ocurrió para Rosalind Franklin, las mujeres han encontrado un camino de desarrollo a través de la ciencia; se han forjado un nicho único de oportunidad para alcanzar sus metas personales. Y al igual que con el crecimiento de cristales, es un arte/ciencia que necesita paciencia, creatividad y una gran cantidad de espíritu crítico para afrontar las situaciones inesperadas, incluso aquellas que, como en el caso de Rosalind Franklin, amenazan la continuidad laboral. **S**

CUANDO LA ACADEMIA SUECA DE ARTES Y CIENCIAS DECIDIÓ OTORGAR A WATSON, CRICK Y A WILKINS EL PREMIO NOBEL DE FISIOLÓGÍA Y MEDICINA DE 1962 POR HABER PROPUESTO LA ESTRUCTURA DE DOBLE HÉLICE PARA EL ADN, UNA SENSACIÓN DE INJUSTICIA SE SINTIÓ EN LA COMUNIDAD CIENTÍFICA MUNDIAL, POR NO HACERSE UN RECONOCIMIENTO A LA ENORME APORTACIÓN DE ROSALIND FRANKLIN EN EL TEMA



▲ [http://www.cientec.or.cr/sites/default/files/styles/imagen-principal/public/articulos/screen\\_shot\\_2013-12-06\\_at\\_2.30.29\\_pm.png?itok=fjDFMP9M](http://www.cientec.or.cr/sites/default/files/styles/imagen-principal/public/articulos/screen_shot_2013-12-06_at_2.30.29_pm.png?itok=fjDFMP9M)

► La imagen de Rosalind Franklin fue tomada de [http://38.media.tumblr.com/e9e9fa44eee38eedbcfa9c974f5b51e/tumblr\\_mnh0eafFPS1s2r3qgo1\\_1280.jpg](http://38.media.tumblr.com/e9e9fa44eee38eedbcfa9c974f5b51e/tumblr_mnh0eafFPS1s2r3qgo1_1280.jpg)

Jennifer Isabel Arenas García \*

# Cristalografía de rayos X

Este año, 2014 fue proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Cristalografía, y tal vez se pregunten, ¿por qué ese organismo le da tal importancia a la cristalografía? Pues bien, para entender por qué se le otorgó este reconocimiento veamos la importancia que esta ciencia tiene en nuestro mundo. Empecemos por mencionar a los cristales, que son sólidos cuyos átomos están situados de una forma ordenada y periódica; imaginen un regimiento militar formado por varios batallones donde cada hombre que conforma un batallón simbolizaría a un átomo de la estructura cristalina y cada batallón representaría la unidad mínima de un cristal conocida como celda unitaria, la cual se repite periódicamente, así como lo hace cada batallón al acomodarse uno tras otro. Entre los ejemplos de cristales bien conocidos por todos nosotros tenemos el azúcar, la sal, los minerales, los cristales de las pastas dentales y los famosos y bellos diamantes, rubíes, esmeraldas y otras piedras valiosas, así como los uratos, oxalatos y fosfatos, mejor conocidos como piedras o cálculos, que al acumularse en el organismo causan cuantiosos daños.

La cristalografía es la ciencia que estudia y resuelve las estructuras químicas de los cristales. Se considera que esta ciencia nació con el descubrimiento de los rayos X en 1895 por el científico alemán Conrad Röntgen cuando realizaba experimentos con tubos de Crookes —que no son más que conos de vidrio con electrodos conductores de corriente eléctrica. Röntgen observó que cuando encendía el tubo se producía un resplandor en una placa de revelado incluso si cubría el tubo con materiales gruesos, suceso que le causó gran interés, por lo que se dedicó a estudiarlo meticulosamente. En una ocasión, al colocar su mano entre el tubo y la placa, vio que la imagen generada al revelar la placa era la de sus huesos, obteniéndose así lo que hoy llamamos una radiografía de su mano. Debido a que se desconocía la naturaleza de esos "rayos" se les nombró rayos X. Este descubrimiento le mereció a Röntgen el premio Nobel de física en el año 1901. Estudios posteriores permitieron conocer que los rayos X son radiaciones electromagnéticas de gran

energía capaces de atravesar objetos y permitir la visualización de la composición interna de éstos tras la impresión de películas fotográficas. Uno de estos estudios fue el que llevó a cabo Max von Laue con la ayuda de Walter Friedrich y Paul Knipping en 1912, que consistió en hacer pasar un haz de rayos X a través de un cristal de sulfato de cobre y colocando en el extremo una película fotosensible que al revelarla le permitió obtener el patrón de interferencia de este compuesto, también llamado patrón de difracción —especie de imagen de la estructura cristalina. El análisis de estos resultados le permitiría a Laue formular la teoría de la difracción de rayos X en cristales, lo que le sería reconocido en 1914 con el premio Nobel de física. Experimentos realizados por William Henry Bragg y William Lawrence Bragg (padre e hijo, respectivamente) mediante difracción de rayos X en cristales les permitieron postular la Ley de Bragg en 1913, la cual establece una relación directa entre el patrón de difracción de una sustancia y su estructura interna, por lo que a partir de dicho patrón se puede elucidar la estructura del cristal difractado y conocer así la organización interna de sus átomos. Debido a la importancia de estas investigaciones, en 1915 también los Bragg recibieron el premio Nobel de física.

Es importante remarcar que para poder aplicar la difracción de rayos X en cristales se requiere trabajar con sistemas cristalinos, ya sean monocristales, que son cristales únicos

de alta calidad, o polvos cristalinos.

La difracción de rayos X de polvos es empleada principalmente para la identificación de sustancias presentes en una muestra, por ejemplo en un mineral, la caracterización de nuevos materiales, la determinación del tamaño de los cristallitos en muestras microcristalinas, la cuantificación del porcentaje de cristalinidad de una sustancia, entre otras, mientras que la difracción de rayos X de monocristal permite establecer la estructura del compuesto difractado mediante el tratamiento físico-matemático de los datos obtenidos por medio de programas computacionales.

Por medio de la cristalografía de rayos X se han determinado hasta hoy más de medio millón de estructuras de compuestos inorgánicos y orgánicos, incluyendo sustancias farmacéuticas y biológicas, como son los antibióticos, las vitaminas y las hormonas. Por disponer hoy en día de supercomputadoras es posible analizar macromoléculas de interés bioquímico, como el ADN o elucidar la estructura de enzimas. Todo ello muestra que la cristalografía de rayos X ha contribuido enormemente a avances relevantes en diversas áreas, como la Química, la Farmacia, la Medicina, la Física, la Ciencia de Materiales, la Mineralogía, la Geología, etcétera. Actualmente, gracias a esta ciencia, se pueden diseñar nuevos fármacos que combatan enfermedades que afectan a la sociedad, estudiar muestras de suelos, fabricar paneles fotovoltaicos, diseñar cristales líquidos como los utilizados en las pantallas planas y chips informáticos o buscar soluciones para reducir la contaminación del planeta, entre otras aplicaciones.

Como pueden ver, la cristalografía y los cristales desempeñan un papel importante en nuestra vida diaria y es por ello que este año se le ha otorgado dicho mérito. **S**

La UNESCO declara 2014 como Año Mundial de la Cristalografía

"Gracias a la cristalografía sabemos cómo funciona un antibiótico".  
Martín Martínez-Ripoll,  
investigador del CSIC

Una disciplina que acumula 29 premios Nobel

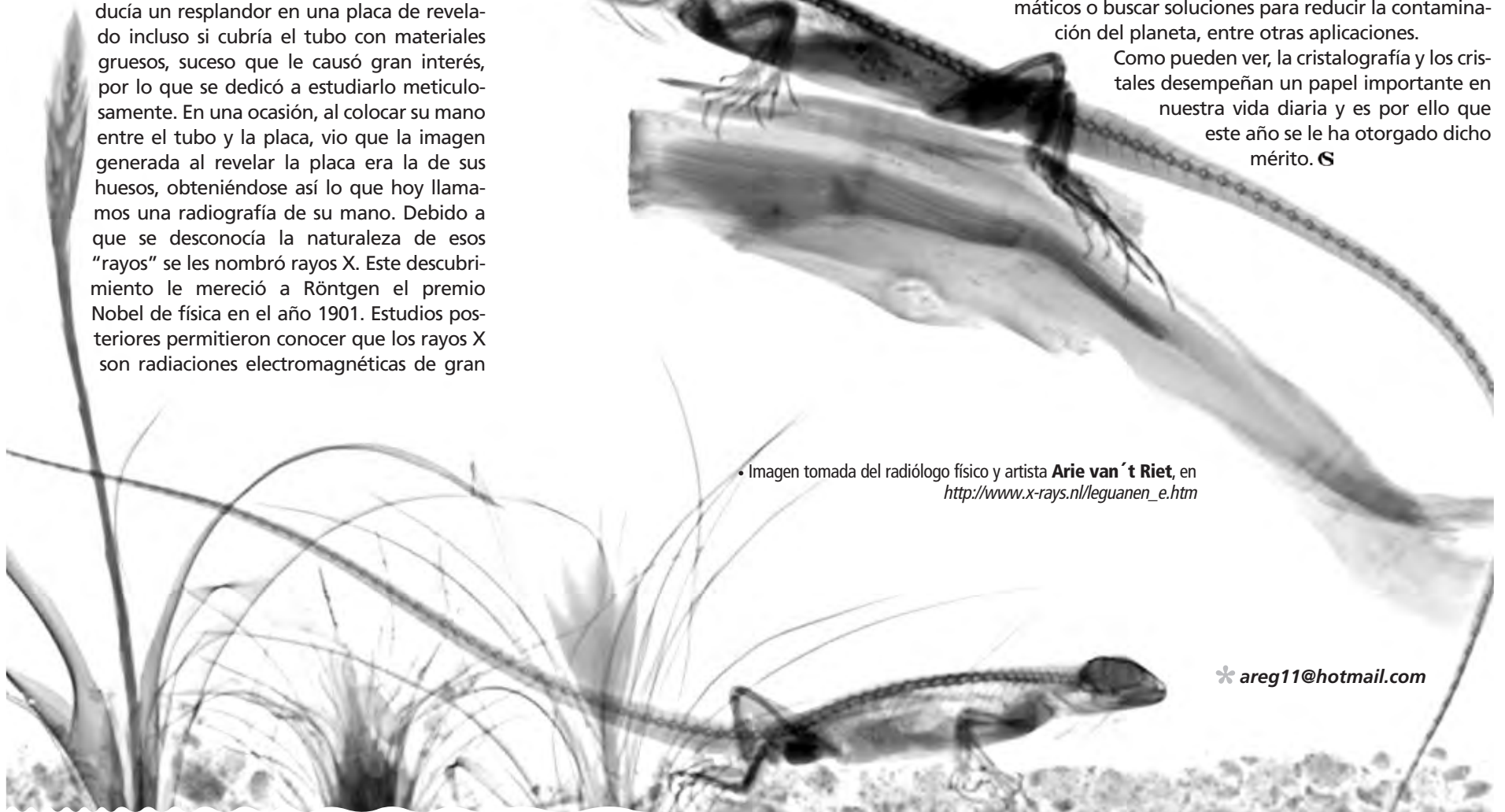
La cristalografía tiene su máxima expresión en la Alhambra de Granada

Farmacéuticas, agroalimentaria, aeronáutica y minería se sustentan en esta ciencia

La cristalografía, madre de todas las ciencias

• Imagen tomada del radiólogo físico y artista **Arie van 't Riet**, en [http://www.x-rays.nl/leguanen\\_e.htm](http://www.x-rays.nl/leguanen_e.htm)

\* areg11@hotmail.com



Ma. E. Zayas y R. Lozada-Morales \*

## La historia de los vidrios

Los primeros vidrios que empleó el hombre fueron los vidrios naturales; estos son fabricados de diferente manera: cuando hay una erupción volcánica el magma logra enfriarse rápidamente, produciéndose así la obsidiana, vidrio de color negro, verde y rojizo. Otro vidrio natural es el que se forma cuando un rayo cae sobre la tierra, originándose un vidrio fulgurita cuyo color varía de acuerdo con la composición química de la tierra. Los vidrios llamados tectitas son producto del impacto de un meteorito sobre la corteza terrestre. Estos vidrios naturales fueron usados para formar las primeras flechas que el hombre primitivo usó para la cacería de animales.

En la época antigua el vidrio aparece como subproducto de procesos metalúrgicos en la fabricación de espadas de hierro, las chispas que caían a la tierra reaccionando con ésta a 1200°C y formando pequeñas gotículas de vidrio sin ningún uso práctico. Las culturas de la antigüedad que aparecen en Mesopotamia, Siria, Bizancio, Fenicia, Damasco, Egipto, Grecia y Roma (Fig. 1, 2) fabricaban vidrios para uso decorativo como pequeñas anforitas, aríbalos, collares, ungüentarios, lupas, vidrios mosaicos (mille fiore) entre otros.

Egipto produjo un vidrio claro que contenía sílice; lo coloreaban de azul y verde. Durante la época de los griegos Egipto se convirtió en el principal proveedor de objetos de vidrio de las cortes reales. Sin embargo, fue en las costas fenicias donde se desarrolló el importante descubrimiento de la caña para soplar vidrio (Fig. 3), dando origen al vidrio soplado en el siglo I a. C.

El método del soplado de vidrio, más rápido y más barato, se extendió desde Siria a Italia y a otras zonas del Imperio romano; reemplazó poco a poco a las



antiguas técnicas y trajo consigo nuevos estilos. Mientras los primeros procesos de manufactura habían hecho hincapié en el color y el diseño, con la introducción del soplado fue la fragilidad y transparencia del material lo que adquirió importancia, y hacia finales del siglo I d.C. el vidrio incoloro suplantó al vidrio coloreado en la elaboración de los objetos más preciados. La técnica del soplado hizo posible la producción a gran escala y cambió la categoría del vidrio convirtiéndolo en un material de uso frecuente, tanto para cristalerías como para vasos, copas y todo tipo de recipientes.

En la Edad Media, bajo la influencia de los francos, los vidrieros del norte de Europa y Gran Bretaña innovaron con nuevas creaciones la fabricación del vidrio. La decoración no era tan exquisita y solo se limitaba a diseños simples mediante moldes, filigranas y adornos de gotas de vidrio aplicados a la superficie. Presentaban en general una coloración verdosa, resultado de la composición del vidrio hecho con carbonato sódico de plantas marinas traídas del Mediterráneo, como era costumbre desde la época de los romanos. Sin embargo, a finales de la Edad Media ya no se conseguía carbonato sódico, ya que las diversas guerras que existían entre los bárbaros no permitían el acceso a las materias primas de primera calidad y los vidrieros del norte recurrieron a la ceniza de la madera de sus propios hornos, que utilizaron como fundente para obtener un vidrio de contenido potásico-cálcico. Dado que las industrias del vidrio (precursoras de las manufacturas europeas, las cuales son las más importantes en nuestros días) estaban situadas en zonas de bosques ocultos de los bárbaros, eran los bosques de donde obtenían el combustible y la ceniza. A este nuevo tipo de vidrio se le llamó *Waldglas* (del alemán, 'vidrio de bosque'). El vidrio común del tipo *Waldglas* continuó fabricándose en Europa hasta la era moderna.

Sin embargo, la iglesia ayudó a impulsar la producción más importante en este material durante la edad media: los mosaicos de vidrio en la Europa mediterránea y las vidrieras en la zona del norte. Los mosaicos se hacían con cubitos de vidrio, o teselas, incrustados en cemento. Las teselas, que se cortaban de bloques sólidos de vidrio, podían ser muy elaboradas y presentar incrustaciones en plomo dorado y plateado. Sobre la producción de mosaicos de vidrio anterior al siglo XIV apenas existen datos. Se cree que las industrias del vidrio de Lorena y Normandía fueron las que produjeron la mayor parte de las vidrieras de las catedrales medievales. El arte de la fabricación de vidrieras decayó a finales del renacimiento, pero volvió a recuperarse en el siglo XIX.

A mediados del siglo XIX la óptica vuelve hacer la principal responsable del avance de los materiales vítreos. Las investigaciones realizadas en este campo por Fraunhofer y el desarrollo de nuevos y más delicados instrumentos, tales como: refractómetros, polarímetros, interferómetros, espectroscopios, etcétera, precisaban nuevos vidrios ópticos y conocimientos más rigurosos de sus propiedades. En este sentido la contribución más valiosa se debió a Otto Schott, con quien puede decirse que comienza en Alemania la moderna era científica de este material. Schott trabajó en estrecha colaboración con el físico Ernst Abbe en el estudio de nuevos sistemas ópticos. Para la construcción y para la corrección de aberraciones se necesitaba disponer de vidrios con una amplia gama de índices de refracción y de valores de dispersión óptica. Las sistemáticas investigaciones de Schott permitieron incorporar al vidrio otros componentes hasta entonces no empleados, obtener una gran diversidad de nuevos vidrios y establecer la variación de sus propiedades en función de la composición química. Así en la actualidad tenemos los vidrios convencionales (los de uso común) y los vidrios especiales, estos últimos son producidos en menor escala ya que solo se emplean en aparatos de alta tecnología.

Los nuevos vidrios fotocromicos, los electrocromicos, las fibras ópticas, los vidrios semiconductores, los vidrios laser, los vidrios microporosos entre otros pertenecen a los vidrios especiales. ■



► **Figura 1.** Vaso Diatreta hallado en Colonia, "Tazza diatreta", tomada de **Elisabetta**, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

▲ **Figura 2.** Dos vistas del Vaso de Portland, tomadas de [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Portland\\_Vase\\_BM\\_Gem\\_4036\\_n1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Portland_Vase_BM_Gem_4036_n1.jpg)

▼ **Figura 3.** Fase final de un vidrio en forma de disco, usando caña de soplar el vidrio (Enciclopedia francesa de D'Alembert Diderot)

### Bibliografía

Fernández Navarro, J. Ma., 2003. *El vidrio*, Madrid, Editorial Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 43-46 pp

Rawson, H., 1967, "Inorganic Glass Forming Systems" Academic Press

José Isrrael Rodríguez Mora \*

\* "Cave of Crystal Naica". Foto: Javier Trueba - Madrid Scientific Films, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

## Cristalinidad

Desde el siglo pasado es bien sabido que la materia está formada por átomos de los diferentes elementos y que de ello dependían sus propiedades físicas y químicas; sin embargo, ahora sabemos que no solo la constitución elemental es suficiente para conocer dichas propiedades.

Uno de los factores más importantes que determinan las propiedades de cada material es el ordenamiento de los átomos, y la rama de la ciencia que se encarga de estudiar dichas configuraciones es la cristalografía.

Podemos considerar en principio una clasificación no purista de los materiales, basada en el ordenamiento de sus átomos constituyentes, como sigue: monocristales, policristales, nanoestructuras y amorfos.

Para comenzar, se considera un material como amorfo cuando sus átomos no cuentan con un ordenamiento apreciable; ejemplos de ello pueden ser los polímeros y el vidrio, donde los átomos no presentan una estructura que se repita en forma consistente a lo largo y ancho del material. A esto se le llama también simetría de corto alcance, ya que a pesar de existir cierto ordenamiento, éste se da solo en pequeñas zonas.

En el siguiente puesto encontramos a las nanoestructuras, que presentan un ordenamiento atómico en formas definidas, pero en tamaño muy pequeño; como su nombre lo dice, su tamaño, en al menos una de sus dimensiones, se encuentra en el orden de nanómetros  $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ , i. e.; un nanómetro es una milmillonésima parte de un metro). Las nanoestructuras se nombran de acuerdo con su semejante macroscópico, como: nanoalambres, nanotubos, nanocinturones, nanotripods, etcétera.

En seguida nos encontramos a los policristales, que son la unión de muchos pequeños monocristales; en este grupo se puede encontrar una gran cantidad de materiales de uso común, como son morteros (cementos) y metales de uso industrial y comercial. Su constitución es por monocristales en su microestructura, es decir del orden de micras ( $1 \text{ micra} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$ ), pero no se encuentran todos orientados en la misma dirección. Y el monocristal es aquel material en el que los átomos se encuentran perfectamente ordenados, que puede tener tamaños desde un grano de sal, menos de un milímetro en cualquiera de sus dimensiones, hasta con 10 metros de longitud por un metro de

ancho, como los cristales en la cueva de Naica, en Chihuahua. También en este grupo se encuentran los cuarzos y diamantes, como monocristales naturales. En electrónica se emplean monocristales de Óxido de Silicio y Titanato de Bario  $\text{BaTiO}_3$ , entre otros, que se obtienen a partir de procesos industrializados. En la industria metal-mecánica se hacen turbinas monocristalinas ya que solo en esta estructura estas piezas son capaces de soportar las condiciones de temperatura y esfuerzo a las que son sometidas durante su vida útil.

Cuando un material tiene la capacidad de presentar diferentes estructuras cristalinas, se le conoce como alotrópico; un ejemplo es el carbono, que conocemos en su forma natural como grafito en estructura hexagonal; en la forma más deseada por las damas: diamante de estructura del mismo nombre; en carbono amorfo y en la actualidad en nanoestructuras, nanotubos y fulerenos.

Otra característica interesante es que todas estas configuraciones son estables a presión y temperatura normales, en contraste con otros materiales alotrópicos cuya estructura depende de la temperatura y presión, como el hierro, que tiene cambios cristalinos desde temperatura ambiente hasta  $910 \text{ }^\circ\text{C}$ , tiene estructura cúbica con un átomo en el centro de la celda unitaria (BCC por sus siglas en inglés). A partir de los  $910 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$  cambia a cúbica con átomos en las caras del cubo (FCC por sus siglas en inglés) y de continuar el incremento de temperatura, de los  $1400 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta los  $1539 \text{ }^\circ\text{C}$ , regresa a estructura BCC antes de pasar a fase líquida.

Como podemos observar con el carbono, cada estructura cristalina presenta propiedades completamente diferentes, pero todavía hay factores a considerar, ya que también en algunos casos las propiedades de un material que se desean valorar dependen de la dirección en la que se miden, ya sean propiedades eléctricas, ópticas o mecánicas. Un ejemplo un poco burdo de esto es el truco de romper un huevo presionándolo con las manos; si lo presionamos por los costados seguramente tendremos que preparar un omelet; en cambio, si lo presionamos de punta a base requerimos de una fuerza mucho mayor para lograr romperlo. A esta característica se le conoce con el nombre de anisotropía.

En la industria de la electrónica esta propiedad es muy apreciada, ya que la diferente conducción eléctrica en cada dirección permite la elaboración de diferentes componentes electrónicos para el desarrollo de la tecnología moderna. También la anisotropía óptica es aprovechada en la mecánica para el análisis de esfuerzos en piezas con la llamada fotoelasticidad, que permite observar las zonas de mayor esfuerzo al aplicarle una carga a una pieza y observar la refracción de la luz al paso por la misma.

Dicho todo lo anterior, se puede tener una idea de cómo el ordenamiento atómico y la dirección son factores determinantes para conocer las propiedades de un material, ya sean mecánicas, ópticas o electrónicas.

### UNA ANALOGÍA

Consideremos un cubo de Rubik como un conjunto de átomos en una estructura cúbica. Dichos cubos están contenidos en cajas que los tienen ordenados todos con un color en la misma dirección; estas cajas dentro de contenedores marítimos, a su vez un gran número de contenedores en un buque de transporte, y por último un conjunto de buques que transportan contenedores llenos de las cajas con los cubos de Rubik, recordemos que todos ordenados con la cara roja, por ejemplo, al mismo lado, entonces todo este conjunto podría ser considerado como un monocristal de cubos de Rubik.

Si un huracán afectara nuestra flotilla de buques de transporte perderían su formación, pero mantendrían los contenedores en su lugar, en ese caso hablaríamos de un policristal, pero si el huracán incrementara su fuerza y se volcaran nuestros buques en una playa y por casualidad se formara una capa con los contenedores sin perder su orientación ni distancia, tendríamos un material nanométrico, sin dejar de suponer que cada cubo de Rubik representa un conjunto de átomos. Y el último de los casos, en el que el huracán volcase los buques, y los contenedores fueran rotos de tal manera que sus cajas se salieran y rompieran, aunque seguimos teniendo un conjunto de cubos de Rubik, ahora ya no se repiten exactamente, ni siquiera dentro de la caja e, incluso, algunos pudieron girar sus caras en el proceso, entonces podemos correlacionarlo con un material amorfo. **S**



B. Flores-Desirena y M.A. Palomino-Ovando \*

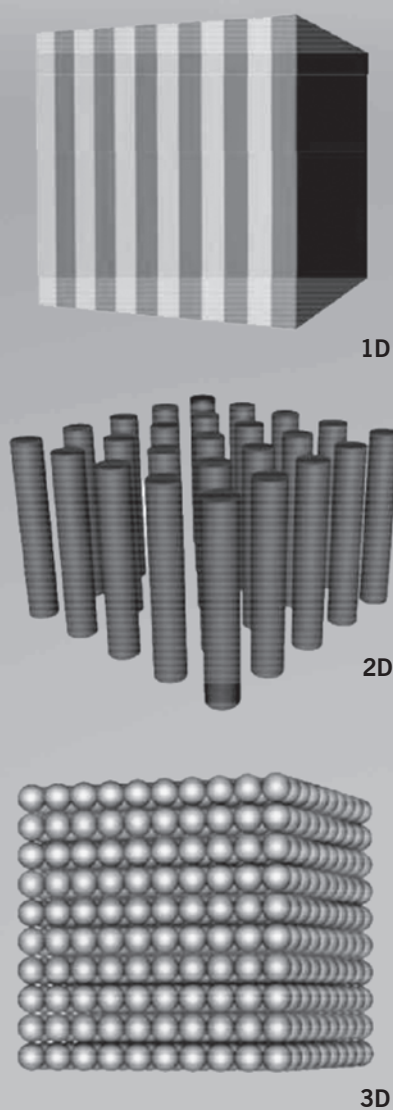
Inicialmente se definió a los cristales fotónicos (CFs) como estructuras periódicas artificiales, siendo la dimensión de su unidad básica (también conocida como constante de red) del orden de la longitud de onda de la luz "visible", es decir,  $0.4\mu\text{m} \leq a \leq 0.7\mu\text{m}$ , donde  $1\mu\text{m} = 10^{-6}$  metros, a diferencia de un cristal natural como la sal o el diamante, la cual tiene su unidad básica a del orden de Angstroms (A), en este caso  $1\text{A} = 10^{-10}$  metros. Posteriormente se descubrió que la naturaleza misma en sus eones de evolución había creado estas estructuras periódicas; como ejemplo de dichas estructuras están: las alas de algunas mariposas, las plumas de algunas aves, la piel de algunos reptiles, la cutícula de algunos insectos, hojas de algunas plantas, algas marinas, algunos tipos de conchas de moluscos, etcétera [1]. La iridiscencia es la propiedad característica de estos sistemas, es decir, el cambio de tonalidad de la luz reflejada al observarlos desde diferentes ángulos; se percibe también cambio de tonalidad en un pompa de jabón, en una mancha de aceite o en las auroras boreales; sin embargo, esto no se debe a la presencia de CFs. Los trabajos pioneros sobre CFs se publicaron en 1987 por Eli Yablonovitch [2] y Sajeev John [3]. El principal interés de Yablonovitch era inhibir la emisión espontánea al introducir el material emisor en el CFs. Mientras que John llegó a la misma idea de los CFs con el fin de localizar la luz al introducir un leve desorden en el sistema periódico.

Un cristal en general se construye a partir de dos elementos, una red y una base; la red corresponde a un concepto matemático y se forma por un arreglo periódico infinito de puntos distribuidos periódicamente en el espacio ya sea unidimensional, bidimensional o tridimensional, y la base puede corresponder a una distribución de átomos para un cristal natural, o una distribución de materiales dieléctricos para el CFs, el cual se coloca en cada punto de la red, el sistema así formado red + base se conoce como cristal. En la mayoría de los CFs estudiados y reportados en los libros de esta especialidad, por lo general se utiliza como base un solo medio dieléctrico, lo cual equivaldría en un cristal natural a utilizar como base un solo átomo, comentamos ahora los

## Cristales fotónicos



LA IRIDISCENCIA ES LA PROPIEDAD CARACTERÍSTICA DE ESTOS SISTEMAS, ES DECIR, EL CAMBIO DE TONALIDAD DE LA LUZ REFLEJADA AL OBSERVARLOS DESDE DIFERENTES ÁNGULOS; SE PERCIBE TAMBIÉN CAMBIO DE TONALIDAD EN UN POMPA DE JABÓN, EN UNA MANCHA DE ACEITE O EN LAS AURORAS BOREALES



• Figura 1. Ejemplos de cristal fotónico unidimensional, bidimensional y tridimensional

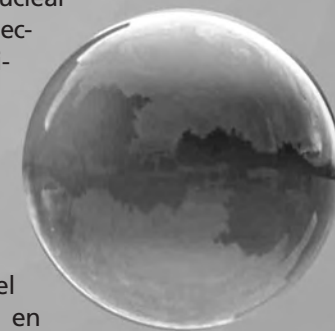


• Figura 2. Ejemplos celdas convencionales de una red tridimensional

tipos de CFs. Un CFs unidimensional se forma simplemente por la repetición periódica de por lo menos dos capas alternantes, en la que el índice de refracción varía periódicamente, como se muestra abajo en la Figura 1 con 1D. Un ejemplo de CFs bidimensional se construye por ejemplo con la repetición periódica en dos dimensiones de la celda unitaria, la cual en este caso contiene un cilindro, obteniéndose así la distribución de cilindros inmersos en un medio de distinto índice de refracción como se muestra en la Figura 1 con 2D, el CFs presentado en la Figura 1 como 2D está construido sobre una red cuadrada, sin embargo, en dos dimensiones existen en realidad cinco tipos de redes, las cuales son conocidas como Redes de Bravais. Cuando la celda unitaria es repetida en las tres direcciones espaciales se obtiene un CFs tridimensional, y un ejemplo de tipo de CFs es mostrada en la Figura 1 como 3D, en realidad en tres dimensiones existen 14 formas diferentes de redes de Bravais, el CFs mostrado abajo está construido sobre una red cúbica simple, en la Figura 2 se muestra una pequeña parte (conocida como la celda convencional) de tres tipos de redes llamadas cúbica simple, cúbica centrada en el cuerpo y cúbica centrada en las caras.

Comentaremos ahora algunas analogías entre los electrones atrapados en la estructura periódica

los cristales naturales y los fotones (partículas de luz) atrapados en los CFs, los electrones obedecen la ecuación de Schrodinger, mientras que los fotones obedecen las ecuaciones de Maxwell. El estado de los electrones se describe por una función, la cual llamamos la función de onda, y que en realidad es una función de probabilidad que nos sirve para hallar otras cantidades como la energía la velocidad o posición, por supuesto dentro de los límites de incertidumbre que nos permite la mecánica cuántica, mientras el fotón se describe ya no por una función, sino por un conjunto de seis funciones que en su conjunto llamamos el campo electromagnético. En los cristales naturales el potencial (la fuerza) que sujeta a los electrones en la estructura es aquella de naturaleza eléctrica, descubierta por Coulomb, la cual se debe a que cada celda de la red periódica está cargada positivamente, en virtud de la carga nuclear apantallada por los electrones que no participan en el proceso de conducción. En el caso de los CFs este potencial de confinamiento (fuerza sujeta) lo da la variación periódica del índice de refracción en la estructura, lo cual se debe a que la luz no viaja con la misma velocidad en cada uno de los compositos de la celda unitaria del CFs. En resumen se ha comentado aquí algunos aspectos de los CFs y sus analogías y diferencias con los cristales naturales. ☺



### Bibliografía

- [1] P. Vukusic, Roy Sambles, Rev. Nature 424, 852 (2003)
- [2] E. Yablonovich, Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987)
- [3] S. John, Phys. Rev. Lett. 58, 2486 (1987)

Elsa Chavira Martínez \*

# Cristales aplicados para la generación de energías alternativas

La exploración de la obtención de fuentes de energía alternativas ha sido una tarea ardua debido a que las fuentes naturales como el petróleo, carbón, gas natural, entre otras, se agotarán en algún momento y serán tan escasas para la creciente demanda mundial que serán insuficientes.

En México en 1984 el Conacyt dio un apoyo económico a la Universidad Autónoma de Puebla para instalar la Primera Planta Piloto de Obleas de Silicio para Circuitos Integrados y Celdas Solares [1], en menos de dos años se crecieron los primeros lingotes de silicio monocristalino y se obtuvieron las primeras obleas con las características de: pureza, orientación cristalina, espesor, planaridad, que demanda la industria microelectrónica (fig.1). Sin embargo, los resultados de este desarrollo tecnológico mexicano se capitalizarán con la creación de una industria mexicana de celdas fotovoltaicas. Aún estamos a tiempo.

## ¿POR QUÉ UTILIZAR SILICIO?

El silicio es un material semiconductor, este material se comporta como un conductor perfecto a temperatu-

ras entre -50 a 150 Celsius, y fuera de este intervalo de temperatura es un aislante. Es el segundo material más abundante en la corteza terrestre, después del oxígeno, entre otras propiedades; es por esta razón que más del 90 por ciento de los circuitos integrados,

ra que en cada una de las aristas y caras de este cubo se tenga un átomo de Silicio.

Existen varias técnicas para obtener materiales cristalinos, como son el método de Zona Flotante, el de Brigrman y el de Czochralski, (ver fig. 3), que tiene un mayor rendimiento, con la que se pueden obtener macro-cristales que se denominan lingotes.

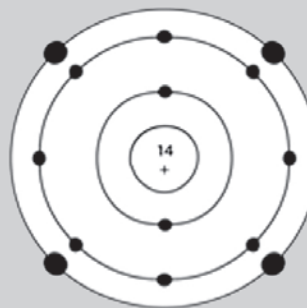
Por otro lado, el silicio es un elemento químico que se ubica en el grupo IV de la tabla periódica de elementos, aunque existen otros elementos químicos, ver **Tabla 1**, para formar materiales semiconductores, sin embargo se prefiere el silicio por las propiedades que ya se han mencionado.

## GENERACIÓN DE PARES ELECTRÓN-HUECO Y RECOMBINACIÓN

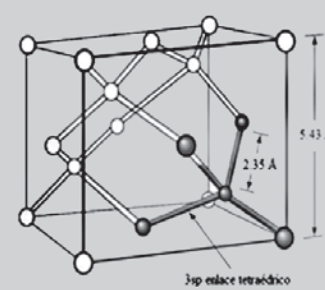
Esto es, el átomo de silicio tendrá cuatro electrones de valencia, fig.2a, que compartirá con los átomos vecinos y por tratarse de un material semiconductor además se tienen dos portadores de carga los electrones con carga negativa y los huecos con cargas positivas, que al liberarse un electrón de la banda de valencia este electrón quedará libre que estará capacitado con



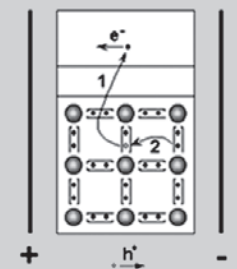
• **Figura 1.** Lingotes y obleas pulidas mecánicamente y químicamente, con acabado espejo (observe el reflejo del dedo en la oblea con acabado espejo) [1].



a) Estructura atómica de Silicio



b) Celda básica de Silicio, ccf, cúbico centro en las caras



c) Representación de una red bidimensional de silicio intrínseco

• **Figura 2.** Silicio materia prima básica en la industria de la microelectrónica



• **Figura 3.** Homo Czochralski para hacer crecer cristales de silicio, (Planta piloto de obleas de silicio, Departamento de Microelectrónica BUAP, 1985-2003, proyecto financiado por Conacyt)

Elementos químicos útiles en la microelectrónica.

Elemento	Grupo	Electrones en la última capa
Si, C, Ge	IV A	4 e <sup>-</sup>
Al, Ga, B, In	III A	3 e <sup>-</sup>
P, As, Sb	VA	5 e <sup>-</sup>
Hf	IVB	4 e <sup>-</sup>
Se, Te, S	VI A	6 e <sup>-</sup>
Cd	II B	2 e <sup>-</sup>

• **Tabla 1**

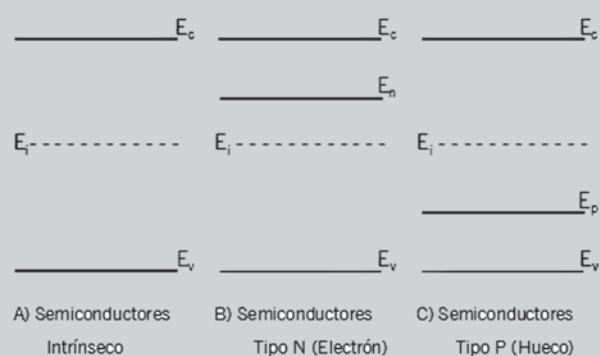
microprocesadores, celdas solares, diodos, transistores, decodificadores, multiplexores, entre otros muchos dispositivos electrónicos son fabricados con silicio.

El silicio en la naturaleza se encuentra reaccionando con el oxígeno, en forma de cuarzo, que es dióxido de silicio, en esta presentación es un aislante eléctrico perfecto, que se aprovecha para la micro electrónica.

Sin embargo, en la microelectrónica se requiere silicio muy puro, hablamos de una pureza de 99.999998 por ciento, hablamos de calidad electrónica y además debe ser un monocristal. Esto quiere decir, que los átomos de silicio deben estar perfectamente ordenados en un arreglo periódico formando un cubo perfecto (fig. 2b). En cristalografía se clasifica al silicio como un ccf (cubic center face, cúbico centrado en la cara), en este modelo conceptual, se conside-

la suficiente energía para conducir, esto es para producir electricidad, dejando un hueco en el nivel de valencia, este proceso se conoce como la generación de un par electrón-hueco. El electrón excitado con suficiente energía para lograr saltar de la banda de valencia a la banda de conducción (fig. 4).

En el caso del silicio, el electrón deberá tener una energía de 1.1 eV a temperatura ambiente, (27 Celsius) y permanecerá excitado hasta que se recombinen, esto quiere decir que pierda energía para volver a la banda de valencia y cubra el hueco que dejó. Durante estos dos procesos de generación de pares electrón-hueco y la recombinación se aprovecha la energía absorbida y emitida, en forma de luz o cuanto de luz que se conoce como una cuasi partícula llamada fotón.



• **Figura 4.** Niveles de energía de los portadores de carga en la banda de valencia  $E_v$ , banda de conducción  $E_c$ , nivel intrínseco  $E_i$ , nivel de energía del electrón, carga negativa  $E_n$ , nivel de energía del hueco, carga positiva  $E_p$ .

Todas estas características se aprovechan para diseñar, desarrollar y construir celdas solares o foto celdas y diodos emisores de luz (Light Emission Diode, LED), las celdas fotovoltaicas al absorber un fotón excitará a un electrón de la banda de valencia para brincar a la banda de conducción y así producir una fotocorriente. Por otro lado, al decaer el electrón de la banda de conducción a la banda de valencia emitirá un fotón.

Sin embargo, como se puede apreciar en la Tabla I, no solo el silicio es un material semiconductor útil en la fabricación de celdas fotovoltaicas, sino que existen otros materiales como el germanio, que cumple con las características de semiconductor, además de poder hacer semiconductores binarios, como combinar elementos químicos del grupo III-V y II-VI de la tabla periódica de elementos químicos de Mendeléyev.

Tal es el caso de arseniuro de galio (GaAs), telurio de cadmio (CdTe), sulfuro de indio (InS), sulfuro de galio (GaS), entre otras muchas combinaciones. Sin embargo, la eficiencia de las celdas solares dependerá del ancho de banda de energía prohibida, esto es, de la diferencia entre la energía de valencia  $E_v$  y la energía de conducción  $E_c$ , que se conoce como energía de prohibida o energía del gap,  $E_g$ . Actualmente se están construyendo celdas fotovoltaicas de heteroestructuras, colocando varias capas de materiales semiconductores, formando un emparedado.

No solo las propiedades fotoeléctricas de los semiconductores se aprovechan para generar energía fotovoltaica, sino que la propiedad piezoeléctrica podrá ser una alternativa [5].

**Referencias bibliográficas**

1. Pedroza Alejandro, Chavira Elsa y Fournier Raúlt, 1984, "Crecimiento de silicio monocristalino", Ciencia y Desarrollo, CONACYT, Núm. 56, mayo-junio, pp. 25-38.
2. Elsa Chavira Martínez y Alejandro Pedroza Meléndez, 2011, "Diseño y fabricación de celdas solares fotovoltaicas para satélites con tecnología mexicana", Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, SOMECYTA, A. C.
3. Nicolás Quiroz Hernández, Salvador Antonio Arroyo Díaz, Gustavo T. Rubín Linares, Elsa Chavira Martínez y María Catalina Rivera Morales, 2012, "Caracterización del funcionamiento de carga de una batería en condiciones extremas de temperatura, para aplicaciones aeroespaciales", Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, SOMECYTA, A. C.
4. Domingo Vera Mendoza, Jorge Prado, Hermes Moreno, Alejandro Pedroza Meléndez y Elsa Chavira Martínez, 2012, "Control de orientación de paneles solares en un Microsatélite", Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aeroespacial, SOMECYTA, A. C.
5. Cameno Heras Cristina, "La energía piezoeléctrica aplicada a suelos generadores de energía", 2013, Eficiencia energética, Construyendo un mundo sostenible Blogs Universidad Nebrija Sites <http://blogs.nebrija.es/mundosostenible/2013/01/08/la-energia-piezo-electrica-aplicada-a-suelos-generadores-de-energia/>, 8 de enero.



# Cristales líquidos: una introducción

María del Rosario Pastrana Sánchez \*

Es conocido que mediante cambios de temperatura, algunas sustancias como el agua pueden cambiar del estado sólido al líquido, o bien del estado líquido al gaseoso.

¿Es posible encontrar algún material con propiedades intermedias entre sólidos y líquidos? Para responder a esta pregunta vamos a recordar algunas de las propiedades que distinguen a cada estado. Los sólidos se caracterizan por su dureza y resistencia, cualidades que están relacionadas con las estructuras atómicas de la sustancia. Se ha encontrado que en los sólidos las fuerzas de atracción a nivel intermolecular son mayores que las fuerzas de repulsión, también se sabe que en los sólidos cristalinos las estructuras atómicas tienen formas geométricas, mientras que en los sólidos amorfos o vítreos los átomos que los constituyen carecen de estructura ordenada.

Con respecto a los líquidos se conoce que siguen existiendo fuerzas de atracción entre los átomos, aunque éstas son de menor intensidad que en los sólidos, por ello tienen la capacidad de fluir y de adaptarse a la forma del recipiente que los contiene. No existen simetrías es decir sus propiedades físicas no dependen de la posición o de la orientación en la que se les observe. En el caso de los gases, las fuerzas son aún menores, haciendo que no tengan forma o volumen definido. Hay otras propiedades que distinguen a cada uno de los estados de la materia, pero no se mencionan aquí.

En la naturaleza se ha encontrado que hay algunas sustancias que presentan fases intermedias entre sólidos y líquidos, este tipo de sustancias se conocen como cristales líquidos y aunque el nombre tal vez no sea el más adecuado, se emplea para describir un nuevo estado de la materia, que puede existir bajo ciertas condiciones. Hay una gran variedad de crista-

les líquidos que al ser observados por el microscopio muestran texturas típicas.

Este tipo de materiales no se conocían hace más de un siglo, se puede decir que su descubrimiento se debe al botánico austriaco Friedrich Reinitzer. En 1888, él calentó una sustancia llamada benzoato colestérico (sustancia sólida derivada del colesterol) y notó que bajo diferentes condiciones de temperatura la sustancia mostraba diversos aspectos. Al ser calentada hasta los 145.5 °C, ésta pasaba del estado sólido a la fase líquida, al incrementar la temperatura a 178.5 °C, la sustancia que era un líquido turbio se volvía transparente y posteriormente al ser enfriado el líquido, éste se coloreaba en azul. Debido al comportamiento que se menciona se concluyó que la sustancia reunía ciertas características de los sólidos cristalinos y también algunas propiedades de los líquidos. Por tal motivo, en 1889 el físico alemán Otto Lehmann acuñó el término "cristal líquido". Al principio, los cristales líquidos eran inestables y no podían realizarse aplicaciones, fue hasta 1973 cuando se logró realizar las primeras calculadoras con pantallas de cristal líquido. Posteriormente y después de muchas investigaciones ha sido posible que este tipo de sustancias tengan múltiples aplicaciones. Hoy en día encontramos los cristales líquidos en las pantallas de las calculadoras, relojes, juegos electrónicos, computadoras personales, televisores, etcétera.

**Bibliografía**

F. Agulló-López, J. M. Cabrera, F. Agulló-Rueda, 1994, Electrooptics, Editorial Academic Press (Cap. 6)

• La imagen de fondo "Los tres estados del agua, solido, liquido y gaseoso", de **Francisco Javier Sanz Gomez**, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

Severino Muñoz Aguirre \*

## Cristales de cuarzo usados como sensores

Mucho se habla de los poderes mágicos, incluso para sanar enfermedades, que tienen los cristales de cuarzo. Sin embargo, estos materiales tienen también poderes mágicos cuando se utilizan como dispositivos electrónicos. Es muy conocido que el cuarzo tiene vibraciones a determinadas frecuencias. Dichas vibraciones se deben a que, al estar conformados como cristales, los átomos que lo componen se encuentran enlazados en un orden determinado, lo cual permite que oscilen en determinadas direcciones. Las oscilaciones se realizan a una frecuencia bastante exacta y bien definida denominada frecuencia de resonancia, la cual está determinada también por la manera en que se corta el material. Los valores de las frecuencias de vibración se encuentran desde unos cuantos decenas de kilohertz (kHz) hasta cientos de megahertz (MHz). Debido al efecto piezoeléctrico, las vibraciones mecánicas de los átomos se transforman en vibraciones eléctricas, lo cual permite utilizar este material en dispositivos osciladores, frecuentemente usados en relojes, radios, computadoras y hasta en teléfonos celulares.

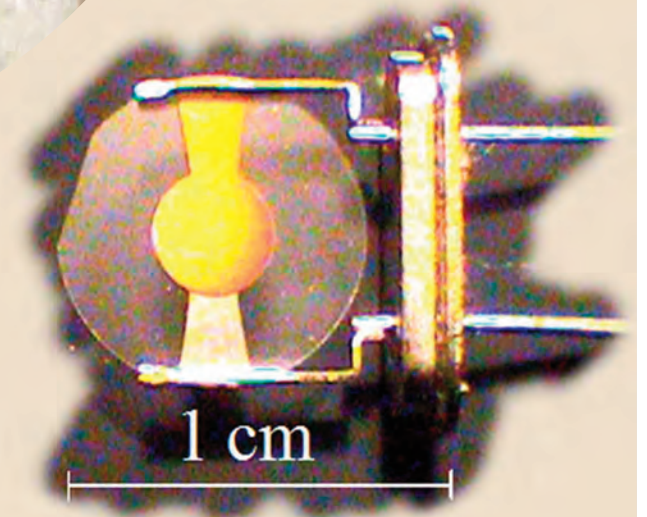
Esta propiedad oscilatoria se utiliza también para diseñar sensores que detectan cambios de masa muy pequeños, por lo cual se les llama comúnmente microbalanzas de cristal de cuarzo (Quartz Crystal Microbalance, QCM por sus siglas en Inglés). Dentro de los sensores que se pueden fabricar, se encuentran aquellos que detectan gases o vapores de compuestos orgánicos como alcoholes, gas doméstico o gases contaminantes, entre otros. Los cristales de cuarzo que se utilizan como sensores de gas están cortados en forma de disco de unos cuantos milímetros de diámetro y unos cientos de micrómetros de espesor. En las caras del disco de cuarzo se coloca un electrodo metálico que puede ser de oro, plata o platino para poder registrar las vibraciones eléctricas y conectarlo a un circuito oscilador. Asimismo, se deposita sobre dicho electrodo una película sensible de un material que pueda interactuar con las moléculas de gas que se encuentran en el medio ambiente. El fenómeno que se aprovecha se denomina carga de masa, y es similar al que se presenta en un resorte en vibración, es decir, cuando cambia la masa del resorte se produce un cambio en la frecuencia de oscilación. De la misma manera, en los sensores de gas a base de QCM, cuando las moléculas de gas se adhieren a la película sensible, se produce un corrimiento en la frecuencia de resonancia del cristal. El corrimiento de frecuencia está directamente relacionado con la cantidad de masa que se adhiere a la película sensible, así como a la frecuencia de resonancia y al área del electrodo. Así, para un cristal con una frecuencia de resonancia de 20 MHz con un electrodo de  $0.1 \text{ cm}^2$ , un corrimiento de 1 Hz significa una detección de un cambio de masa de 1 ng (un nanogramo es la milmillonésima parte de un gramo). Debido a su alta resolución se han utilizado para medir concentraciones de gas muy bajas. Además,

cabo por medio de patrones que detectan las células sensoriales de la nariz, encargadas de enviarlos en forma de señales a las neuronas y a la corteza cerebral que después se interpreta como un olor. La nariz electrónica está compuesta principalmente de un arreglo de sensores conectados a una serie de circuitos para registrar todas las respuestas obtenidas y, a través de un *software*, se realiza el procesamiento de las señales y se lleva a cabo una clasificación y reconocimiento de los olores. Los sensores de cristal de cuarzo son los más adecuados para este tipo de sistemas ya que se pueden diseñar diferentes características de los sensores únicamente cambiando la película sensible, por lo que los sistemas pueden ser más baratos.

Estos sistemas tienen muchas aplicaciones tales como en la industria de alimentos y bebidas para realizar el control de calidad. También se utilizan en la industria de cosméticos o en el monitoreo ambiental y para la detección de drogas y explosivos. Además, se han utilizado en aplicaciones biomédicas para la detección de enfermedades como caries, dengue, e incluso cáncer. Tal es el poder mágico y curativo de los cristales de cuarzo. ■

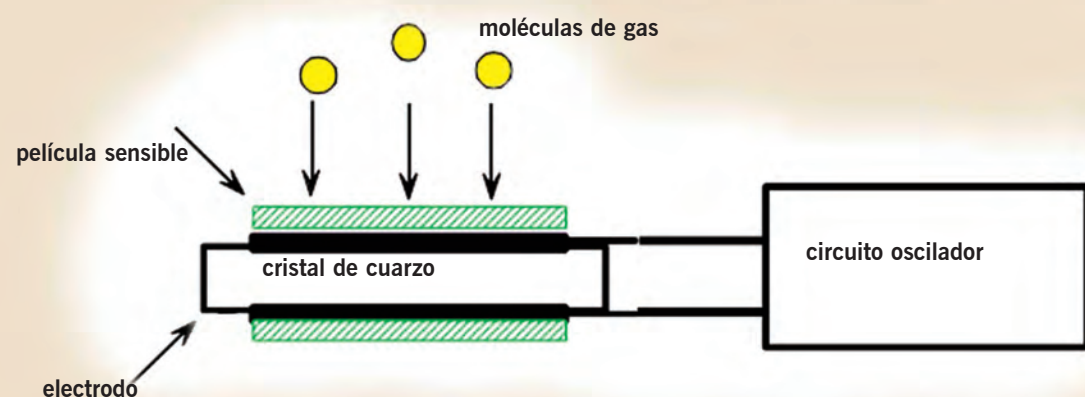
• Cristales de cuarzo, Irún, por J Lazcano, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

• Sensor de gas usando cristales de cuarzo



tienen la ventaja de que se puede obtener diferente sensibilidad y selectividad, ya que se pueden depositar sobre el cuarzo diferentes materiales tales como proteínas, lípidos, ADN o polímeros. Por lo anterior se pueden detectar diversos tipos de gases.

El desarrollo de sensores de gas ha dado pie al desarrollo de sistemas más complejos denominados narices electrónicas. Los olores son mezclas de diferentes gases y vapores. El reconocimiento de los olores en el sistema olfativo de los mamíferos se lleva a



Rubén Ramos y Guadalupe Rivera \*

## Cristales líquidos

Presentes en toda la naturaleza, los cristales han deslumbrado a hombres y a mujeres desde tiempos inmemoriales no solo por su hipnótica belleza, sino por sus infinitas posibilidades en todas las facetas de la vida cotidiana: para embellecer al ser utilizados en las artes suntuarias, para servir como utensilios en el trabajo, o bien, para salar o endulzar alimentos. Esta fascinación humana por los cristales perdura hasta nuestros días: en pleno siglo XXI, los cristales son parte esencial del desarrollo científico y tecnológico de frontera.

En efecto, los cristales están presentes lo mismo en la industria de los alimentos y en la de los cosméticos que en la aeronáutica, la industria electrónica a base de silicio, la tecnología espacial, el diseño de nuevos fármacos, la tecnología de pantallas de cristal líquido, en las biociencias, en la agricultura, así como en el desarrollo de nuevas energías, nuevos materiales y procesos para mejorar la calidad del agua por mencionar solo algunos.

Este año, la Unión Internacional de la Cristalografía y la UNESCO organizan el Año Internacional de la Cristalografía, en conmemoración del centenario del descubrimiento hecho por Max Von Laue de que los cristales difractan o desvían los rayos X en direcciones determinadas por la estructura del mismo, lo que dio origen a la cristalografía de rayos X. También se conmemoran los trabajos de William Henry Bragg y William Lawrence Bragg, quienes en 1915 demostraron que los rayos X se pueden utilizar para determinar la estructura interna de los cristales. Esta técnica se sigue utilizando actualmente para estudiar las propiedades de los materiales.

La cristalografía de rayos X está detrás de algunos de los proyectos científicos más revolucionarios, como los trabajos de James Watson y Francis Crick, quienes descubrieron la estructura molecular del ADN. La Noche de las Estrellas se une este 2014 a los festejos del Año Internacional de la Cristalografía para difundir la relevancia de los cristales y de la cristalografía, que subyacen en gran parte del desarrollo científico y tecnológico actual.

Un cristal, de acuerdo con la Unión Internacional de la Cristalografía, es un material sólido cuyos átomos están organizados en arreglos regulares y simétricos en tres dimensiones. Sin embargo, no todos los cristales son sólidos. En 1888, el biólogo austriaco F. Raintizer descubrió los cristales líquidos, los cuales poseen un enorme potencial para realizar investigación original y para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Los cristales líquidos se pueden encontrar en la naturaleza, por ejemplo, en la pared celular y en la telaraña. Los hermosos colores de algunos escarabajos se deben a que su caparazón está hecho de cristales líquidos colestéricos. También hay productos de uso diario a base de cristales líquidos como los jabones. El kevlar, que es el material usado en los chalecos antibalas, está hecho de cristales líquidos poliméricos. Este material tiene un papel fundamental en la vida cotidiana. ¿Se imaginan un mundo sin *displays* o sin jabón?

Los cristales líquidos combinan propiedades de líquidos y sólidos. En un cristal ordinario como el diamante, los átomos están en posiciones fijas y regulares en cualquier dirección, tienen orden posicional y de orientación. Por el contrario, los cristales líquidos



• Textura de un cristal líquido nemático. Imagen tomada de [http://www.redorbit.com/media/gallery/national-science-foundation-gallery/pf2363\\_oleg080\\_h.jpg](http://www.redorbit.com/media/gallery/national-science-foundation-gallery/pf2363_oleg080_h.jpg)

pueden fluir y tomar la forma del recipiente que los contiene. Sabemos que en los líquidos las moléculas no tiene orden posicional ni orientacional. Entonces, ¿por qué se llaman así? Los cristales líquidos están formados por moléculas orgánicas alargadas, parecida a los palillos chinos. En este juego los palillos son juntados en manojos antes de soltarlos y de cierta manera se induce orden orientacional pero no posicional, lo mismo sucede con las moléculas de cristal líquido, i.e. se pueden arreglar en manojos. Cuando dejamos caer los palillos sobre la mesa, estos se desordenan y ocupan posiciones y orientaciones aleatorias, entonces decimos que tenemos un líquido isotrópico. Mediante procesos químicos o térmicos podemos obtener fases estables cristalinas o isotrópicas. En todas las aplicaciones prácticas de los cristales líquidos, se requiere que exista cierto orden orientacional.

Estos materiales tienen diversas aplicaciones. Están presentes en los televisores y en todo tipo de pantalla. Deben tener propiedades especiales para funcionar adecuadamente. Por tal razón, son sintetizados en varios laboratorios del mundo. Su síntesis no es barata y pocos laboratorios pueden producir las cantidades requeridas por la industria. Merck, el gigante farmacéutico alemán, controla aproximadamente 70 por ciento del mercado mundial de cristales líquidos. En el mundo y en México hay muchos laboratorios que los pueden sintetizar, pero en pequeñas cantidades y no con fines comerciales.

Algunas ventajas de las pantallas de cristales líquidos sobre las de rayos catódicos y de plasma son su menor peso y volumen, bajo consumo eléctrico, alta resolución de imagen y gran variedad de colores, lo que permite generar imágenes impresionantes e incluso tridimensionales. Sin embargo, su futuro en *displays* no es muy prometedor debido al surgimiento de nuevas tecnologías, como LEDs orgánicos, que han demostrado *displays* con mayor resolución, menor peso y menor consumo de energía. Pero a pesar de todo su futuro sigue siendo prometedor en otras aplicaciones: en sensores de temperatura, procesamiento de imágenes, holografía y controladores de polarización de la luz.

Existen varios proyectos en el INAOE sobre cristales, en uno de ellos se está trabajando con las propie-

dades ópticas no lineales en cristales líquidos, por ejemplo, se está buscando grabar hologramas con láseres de baja potencia (apuntadores) para hacerlos más accesibles al público en general o para visualizar objetos transparentes mediante una técnica conocida como microscopía de fase no lineal.

Finalmente, queremos remarcar que a pesar de que los cristales líquidos son conocidos y han sido estudiados desde hace más de cien años, aún queda mucho camino por recorrer para entender su física y su química. Y han mostrado tener grandes posibilidades en investigación científica básica. Recientemente se han utilizado cristales líquidos colestéricos para reducir la velocidad de la luz en ese medio a tan solo unos cuantos metros por segundo!. Esto daría paso a aplicaciones de luz lenta que podrían revolucionar las telecomunicaciones. También se han descubierto nuevas formas de ordenamiento molecular en los cristales líquidos que funcionan como cristales fotónicos cuyas implicaciones tecnológicas ni siquiera se han analizado. Así que aún tienen un futuro brillante por delante, aunque no en la industria de los *displays*. S



• Cristales biológicos. Imagen tomada de: [http://www.iycr2014.org/\\_data/assets/image/0007/85273/biological\\_crystals.jpg](http://www.iycr2014.org/_data/assets/image/0007/85273/biological_crystals.jpg)

### más información

<http://www.iycr2014.org>

[http://iycr2014.org/\\_data/assets/pdf\\_file/0010/78544/220914E.pdf](http://iycr2014.org/_data/assets/pdf_file/0010/78544/220914E.pdf)

<http://www.iycr2014.org/about/video>

Sylvain Bernès Flouriot

## Johannes Kepler: Pionero de la Cristalografía

Johannes Kepler (1571-1630) fue, entre múltiples oficios, un cristalógrafo pionero, y el Año Internacional de la Cristalografía festeja los 400 años de sus contribuciones al campo, ahora conocido como "cristalografía geométrica". Kepler intuyó una relación esencial, de naturaleza geométrica, entre la forma hexagonal de los copos de nieve, y la estructura interna del agua sólida (el hielo). Tal visión, dos siglos antes del modelo atómico de Dalton, y tres siglos antes de la determinación de la estructura del hielo a escala atómica por Linus Pauling, es remarkable. Cuando el agua cristaliza, las moléculas se arreglan efectivamente en un patrón regular, de simetría hexagonal.

En realidad, Kepler no llegó a sus resultados proféticos por azar. Fueron sus conocimientos en geometría que le permitieron conectar el mundo microscópico con el macroscópico, conexión ahora común en el trabajo diario de los cristalógrafos, cuando ellos determinan la disposición espacial de los átomos en un fármaco a partir de una muestra del mismo, estabilizada en forma de cristal. No ven, ni nunca verán los átomos, pero sí ven el cristal a simple vista. La cristalografía moderna relaciona estos dos mundos, tan seguramente como el médico diagnostica una fractura sin ver ningún hueso, basándose en una radiografía.

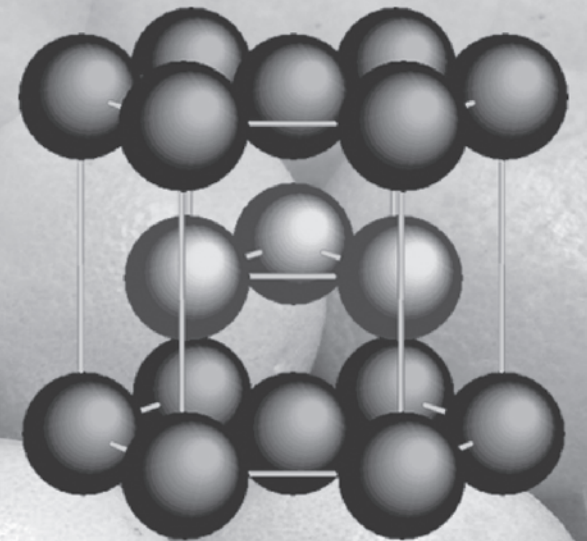
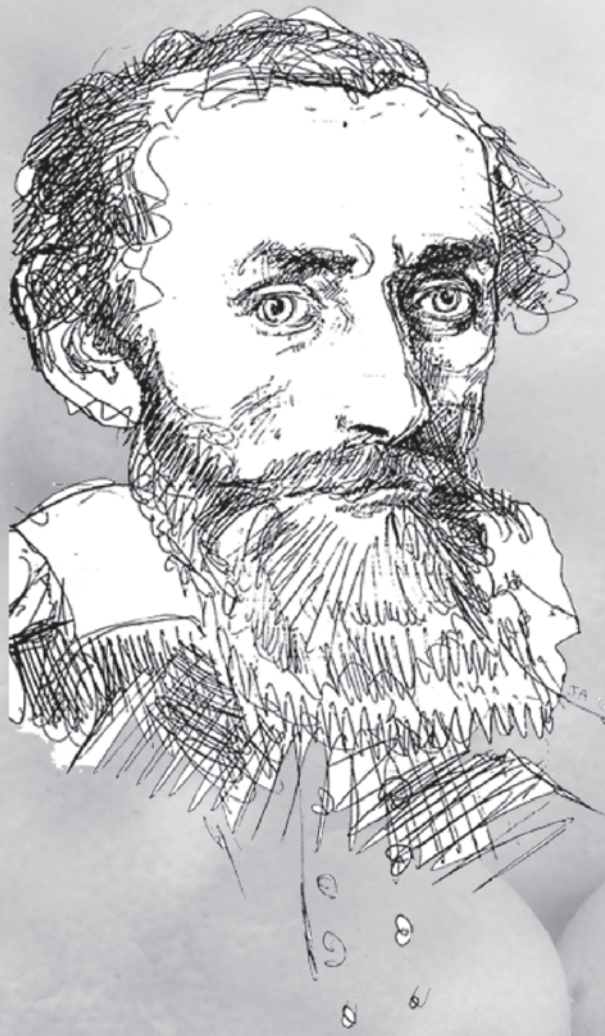
Kepler había observado que el arreglo con mayor densidad de unos discos idénticos sobre un plano se alcanza cuando cada disco está en contacto con seis discos, de tal manera que los puntos de contacto se encuentran en los vértices de un hexágono regular. Los discos ocupan entonces 91 por ciento de la superficie plana disponible (el valor exacto es  $100 \times \pi / \sqrt{12} \%$ ), y no hay manera de ocupar más espacio, a menos que se permita traslapes entre discos.

Determinar de manera empírica este factor de ocupación de 91 por ciento, por ejemplo usando discos de cartón de masa o superficie conocida, no es complicado. De hecho, las abejas, al construir panales con celdillas de sección hexagonal, aplican este principio para ahorrar cera. De manera similar, las "partículas de agua" de Kepler, al bajar la temperatura, se ordenan bajo una simetría hexagonal para ocupar lo más densamente posible el espacio disponible, formando un copo sólido. Kepler también pensaba que estas partículas eran esféricas, así que investigó un problema similar al ordenamiento de discos en el plano. Conjeturó que el apilamiento óptimo de esferas de radios idénticos en un espacio tridimensional conduce a poner en contacto cada esfera con doce esferas vecinas, en un arreglo de simetría cúbica o hexagonal, resultando en una fracción del espacio ocupado de 74 por ciento (el valor exacto es  $100 \times \pi / \sqrt{18} \%$ ). De nuevo, la conjetura de Kepler resultó ser un extraordinario acierto: ocurre que la estructura cristalina de ciertos metales, como el cobalto, el cobre o el aluminio, corresponde precisamente a este ordenamiento óptimo para la ocupación del volumen disponible por los átomos, considerados como esferas. La comprobación experimental de esta frontera de 74 por ciento es sencilla. Basta observar pirámides de naranjas en el tianguis o llenar una caja de forma cúbica con el número más grande posible de esferas de unicel. En una caja de 1 metro cúbico no se puede transportar más de 0.74 metros cúbicos de esferas idénticas, independientemente del tamaño de estas.

Si es fácil determinar de manera empírica la densidad máxima de un apilamiento de discos o esferas idénticas, es mucho más difícil demostrar que no exis-

te un arreglo de densidad mayor entre todos los arreglos posibles. De hecho, la conjetura de Kepler aparece en la lista de problemas por resolver, propuesta en 1900 por el matemático David Hilbert. El enunciado del problema es corto: "¿cuál es el apilamiento compacto más denso?", mientras la solución para el caso de las esferas, publicada en 1998 por Thomas Hales y su alumno de doctorado Samuel Ferguson, se extiende sobre 282 páginas, sin contar los anexos. La longitud de la prueba del teorema tiene como consecuencia extraña que la comprobación de su validez sea más ardua que la prueba misma. Para eliminar este defecto, Thomas Thales impulsó un proyecto de prueba formal de la conjetura, donde un programa computacional, trabajando con inferencias lógicas, comprueba cada uno de los pasos elementales de la prueba, desde el primero hasta el último. El número de pasos ya no es un problema, aunque sea inmenso: HOL (así se llama el programa) se ocupa de todo, hasta el último paso, el cual afirma: "la conjetura de Kepler es verdadera".

¿Por qué demostrar la conjetura de Kepler, si el mismo Hilbert comentaba que era obviamente correcta? ¿Por qué gastar miles de horas de computación, cuando, al preguntar a un puestero de Plymouth si le resultaba difícil encontrar el mejor apilamiento para las naranjas, contestó: "Mi papá me lo enseñó a los cuatro años. Se colocan una encima de la otra. Comprobarlo toma dos segundos"? Tal vez para entender la naturaleza de la brecha enorme que existe entre intuición y demostración. Y así, tal vez, poder reflexionar como lo hacía Johannes Kepler cuando observaba copos de nieve. **S**



• Los átomos de cobalto se apilan de la misma manera que las naranjas en el tianguis.

• Imágenes tomadas de <https://janeaquariel.files.wordpress.com/2013/02/johannes-kepler-with-planet-platonic-intervals.jpg>  
<http://www.georgehart.com/virtual-polyhedra/figs/jamnitzer-gsd-big.jpg>

Denise Lucero Mosqueda \*

Entrevista

## Cristales por todos lados

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO declaró este año, 2014 como el Año Internacional de la Cristalografía, pero ¿Qué es la Cristalografía, qué son los cristales y qué beneficios tiene la investiga-

ción de esta área del conocimiento en la vida cotidiana? ¿Sabías que los medicamentos, los cosméticos, la tecnología y los fertilizantes que se utilizan en la agricultura de los alimentos que consumimos diariamente son cristales?

Para aproximarnos a esta ciencia y al uso de los cristales, la doctora María Eugenia Mendoza del Instituto de Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla nos resuelve algunos cuestionamientos en la materia.

### ¿Qué es un cristal y cómo se diferencia de un vidrio de ventana?

Un cristal es un sólido en donde sus componentes —átomos, iones o moléculas— están ordenados periódicamente en el espacio y debido a ese arreglo es que tienen propiedades físicas y químicas especiales. En un vidrio que también es un sólido, el arreglo de sus componentes —átomos, iones o moléculas— es desordenado, la diferencia es fundamentalmente esa. Un cristal tiene orden de largo alcance o “infinito” mientras que un vidrio o amorfo, no tiene orden de largo alcance. La Cristalografía es la ciencia que estudia las estructuras de los cristales.

### En algunos mercados se pueden encontrar cristales de calcita, ¿es verdad que son cristales?

Sí, la calcita es un mineral y casi todos los minerales son cristalinos, hay cristales naturales y cristales artificiales. La calcita es carbonato de Calcio, se encuentra como mineral a flor de tierra, también formando parte de la estructura de conchas de muchos animales marinos, las conchitas que recogemos en la playa, y es parte del cascarón del huevo de las aves, en estos dos últimos ejemplos, como el mineral se forma en un ser vivo se le llama biomineral.

### En los cristales de calcita se ven dos imágenes, como si estuvieran bizcos ¿por qué es esto?

Los cristales tienen propiedades físicas que provienen del arreglo ordenado de sus componentes, esta propiedad física que tiene la calcita, se llama birrefringencia, esto significa que cuando la luz entra al cristal se desdobra, viaja a diferentes velocidades en el interior del cristal y eso produce una imagen como si se viera doble, esta propiedad óptica se debe al arreglo ordenado de sus constituyentes.

### ¿La sal es un cristal?

La sal común que ingerimos es cloruro de Sodio y sí es un cristal. Si a un pedazo de sal que aparentemente es como un vidrio yo le hago un experimento de difracción de rayos X, voy a determinar que sí es un cristal porque se obtiene un conjunto de picos con una intensidad bien definida y en una posición angular bien definida, que se llaman patrones de difracción o difractogramas; como estos patrones son característicos para cada sustancia cristalina, son su huella digital.

### ¿De eso depende el uso que le podamos dar a los cristales?

Si entendemos cuál es la relación de ese arreglo espacial que se llama estructura con las propiedades que se derivan de esa estructura, entonces ya lo podemos usar como sensor, conductor o fármaco, por

mencionar algunas aplicaciones. Lo importante de un cristal es su calidad, es decir que su orden sea lo más perfecto posible porque entonces sus propiedades podrán controlarse mejor.

### ¿Es verdad que los cristales se utilizan para relojes, cámaras fotográficas, calculadoras, pantallas de cristal líquido o computadoras? ¿Cómo es que funciona?

El arreglo ordenado de un cristal tiene 230 posibilidades de orden, lo que llamamos en Cristalografía, los grupos espaciales. Para cada uno de esos arreglos y dependiendo de quienes sean los componentes —átomos, iones o moléculas que estén ahí participando— es que va a tener ciertas propiedades.

Por ejemplo en electrónica importa mucho el transporte de electrones, éstos van a viajar más fácilmente por un cristal que por otro. En cualquier componente electrónico vamos a encontrar cristales que va a hacer la función de transporte electrónico o algunos de lo contrario, es decir, de aislantes, que evitan el paso de electrones.

### Otro ejemplo típico de la relación entre la estructura y las propiedades es el Carbono. La parte que pinta en un lápiz, el grafito, está hecho del elemento químico Carbono y es muy suave ¿por qué los diamantes son tan duros si están hechos también de Carbono como el que se usa en un lápiz?

En ambos casos es Carbono y la diferencia en sus propiedades se debe a que tiene diferente estructura. El grafito, incluso si uno la toca es muy suave, también por eso podemos escribir, por eso vamos dejando pedacitos de carbón. En el grafito los átomos de carbono están arreglados en láminas hexagonales y separadas una de otra, son muchas plaquitas en paralelo. En cambio, en el diamante el Carbono ocupa los vértices de un cubo y en el interior del cubo hay otros cuatro átomos de Carbono, el arreglo es más complejo, los enlaces químicos son más fuertes, por eso el diamante es de los materiales más duros. La diferencia entre el Carbono-grafito y el Carbono-diamante es una cuestión de estructura.

### Un ejemplo asombroso de cristales naturales gigantes es la Cueva de Naica en Chihuahua, son cristales de más de 4 metros de altura, de forma prismática que parecen de novela de ciencia ficción. ¿Cuánto tiempo tarda en formarse algo así?

A la naturaleza le ha tomado millones de años. Un área de la cristalografía, la cristalogénesis, se dedica al estudio del crecimiento cristalino de cristales artificiales, hay que aplicar conocimientos de física, química y cuando procede, bioquímica para controlar todo este proceso en tiempos humanos, o sea en tiempo cortos.

### ¿En qué asuntos de nuestra vida cotidiana usamos cristales?

Los cristales están en la naturaleza y los hemos usado para generar nuevos materiales. Desde los años 40 del siglo XX, toda la electrónica está basada principalmente en sólidos cristalinos, es decir no sería posible entender los celulares, televisores, computadoras, ultrasonidos, quirófanos e instrumental muy fino sin los cristales, en estos dispositivos la mayoría de las veces el corazón es un cristal.

En fuentes alternativas de energía como la energía solar, las celdas fotovoltaicas utilizan silicio cristalino y silicio amorfo para captar y almacenar la energía. Se continúa la búsqueda de materiales más eficientes que el silicio que puedan captar y almacenar mejor la energía del sol.

La cristalografía colabora en la elaboración de nuevos medicamentos. Se sabe que la actividad farmacológica de un medicamento depende de su estructura cristalina, porque resulta que hay sustancias que cristalizan en más de un arreglo espacial, en más de una estructura, pero sólo una de esas estructuras es la que sirve para combatir la enfermedad que queremos curar.

También se aplica la cristalografía en la restauración y preservación de obras artísticas invaluable para la humanidad; al momento de identificar qué pigmentos se usaron para tal pintura de tal época, es necesario conocer que estructura cristalina que tiene ese pigmento, y se fabrica un pigmento que se parezca lo más posible al que usó el artista original.

La Gemología es una rama de la Cristalografía que se dedica a estudiar las llamadas piedras preciosas naturales, como el rubí, la esmeralda, el diamante, etcétera, y que ahora también pueden ser fabricadas artificialmente; existe toda una industria a nivel mundial de muchos millones de dólares, hay todo un mercado; por ejemplo, la gente compra zirconia que es un óxido de zirconio que puede reflejar la luz como el diamante.

En la agricultura, los fertilizantes son cristales que van a ser mucho más eficientes y van a tener más disponibilidad de reacción en el medio acuoso —porque normalmente también hay que ponerlos en solución— bajo ciertas estructuras cristalinas.

Hasta en los alimentos, la calidad y el sabor de la azúcar morena, blanca, o los helados depende de cómo se haya hecho el cristal y esto va a cambiar el cómo nuestro organismo percibe y disfruta mejor esos sabores.

Los cristales son maravillosos porque tienen una gran cantidad de propiedades físicas y químicas debido a su estructura, esas propiedades son las que los hacen únicos. **S**

\* [deniselucero@gmail.com](mailto:deniselucero@gmail.com)

• “Grano de sal (micro-composición)”, por **Diego Sevilla Ruiz**, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)



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



## Darwin. Apto para todas las especies

Como el lector sabe, dentro de los múltiples viajes que este grupo de biólogos realiza, que en ocasiones son un poco más lejos de la esquina de la calle en donde viven, andanzas que llevan a este grupo a visitar lugares llenos de magia, como lo fue en esta ocasión; les compartiremos una de las experiencias más recientes que hemos tenido ya que nuestros pasos nos llevaron al Distrito Federal y entre mares de gente, vehículos motorizados y bicicletas, al fin llegamos al Antiguo Colegio de San Ildefonso, en donde podemos encontrar la que sin duda es una de las exposiciones más completas que se tienen de uno de los naturalistas más destacados del siglo XIX: Charles Darwin.

Con el objetivo de divulgar los innumerables trabajos que realizó a lo largo de su vida y poner al descubierto parte de los que fueron sus espacios preferidos para trabajar, el Antiguo Colegio de San Ildefonso en conjunto con la Comisión Nacional para el uso y conocimiento de la Biodiversidad (Conabio), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), El Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta), y el Gobierno del Distrito Federal, presentan la exposición "Darwin. Apto para todas las especies". La muestra ha sido organizada y ha visitado varios países gracias a que el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, en colaboración con el Museo de Ciencia de Boston, el Field Museum de Chicago, el Royal Ontario Museum de Toronto, Canadá, y el Museo de Historia Natural de Londres, Inglaterra, han unido esfuerzos para dar a conocer el trabajo del que seguramente ha sido uno de los más connotados y controversiales naturalistas.

Charles Robert Darwin, el quinto de seis hijos de Susannah Wedgwood y Robert Darwin, nació el 12 de febrero de 1809. Vino al mundo en el seno de una acaudalada familia de clase alta en Shrewsbury, Shropshire, en el centro de la Inglaterra georgiana.

Sin duda los recuerdos de Darwin de su infancia revelan dos rasgos básicos y perdurables de su temperamento: una modestia sincera y una curiosidad insaciable. A la muerte de su madre en 1817, sus tres hermanas mayores fueron las encargadas de supervisar la educación de Charles y de su hermana menor Catherine. Darwin estudió primero en casa bajo la tutela de su hermana Caroline antes de asistir durante el día a un colegio. En 1818 Darwin entró interno en otro colegio situado a menos de dos kilómetros de su casa. Allí permaneció hasta 1825.

Fue un alumno extraordinario y sentía que perdía el tiempo en el colegio con el estudio de los clásicos grecolatinos. Aprendió química con su hermano mayor Erasmus, en un laboratorio improvisado en el cobertizo del jardín de su casa. Juntos investigaron la composición de varias sustancias domésticas, mezclándolas, cocinándolas, separándolas y cristalizándolas. A través de estas actividades y un estudio riguroso, Darwin aprendió los principios básicos de la experimentación científica.

En 1825, con solo 16 años, Darwin se unió a su hermano Erasmus en la Universidad de Edimburgo para estudiar medicina. Le horrorizó presenciar sangrientas operaciones que entonces se realizaban todavía sin anestesia, por lo que decidió abandonar los estudios en medicina.

Darwin aprendió más de la ciencia en su tiempo libre que a través de las lecciones recibidas. En Edimburgo acudió por primera vez a sociedades científicas. Le impresionó el mundo de aquellos hombres pertenecientes a la élite, que leían y discutían sobre artículos de revistas y libros científicos. Ahí también tuvo contacto con técnicas que le permitieron observar y conocer invertebrados y aves; cabe mencionar que durante su segundo año en la universidad asistió a la cátedra de Jameson sobre Geología y Zoología pero le eran increíblemente aburridas por lo que el único efecto que produjeron en él fue la determinación de que "jamás leería un libro sobre geología". Para 1831 Darwin acababa de abandonar la universidad y rebosaba talento científico. John Henslow, su mentor en Cambridge era consciente de ello y animó a Darwin a estudiar geología. En contra de su anterior determinación de no estudiarla jamás, "emprendió la tarea con entusiasmo".

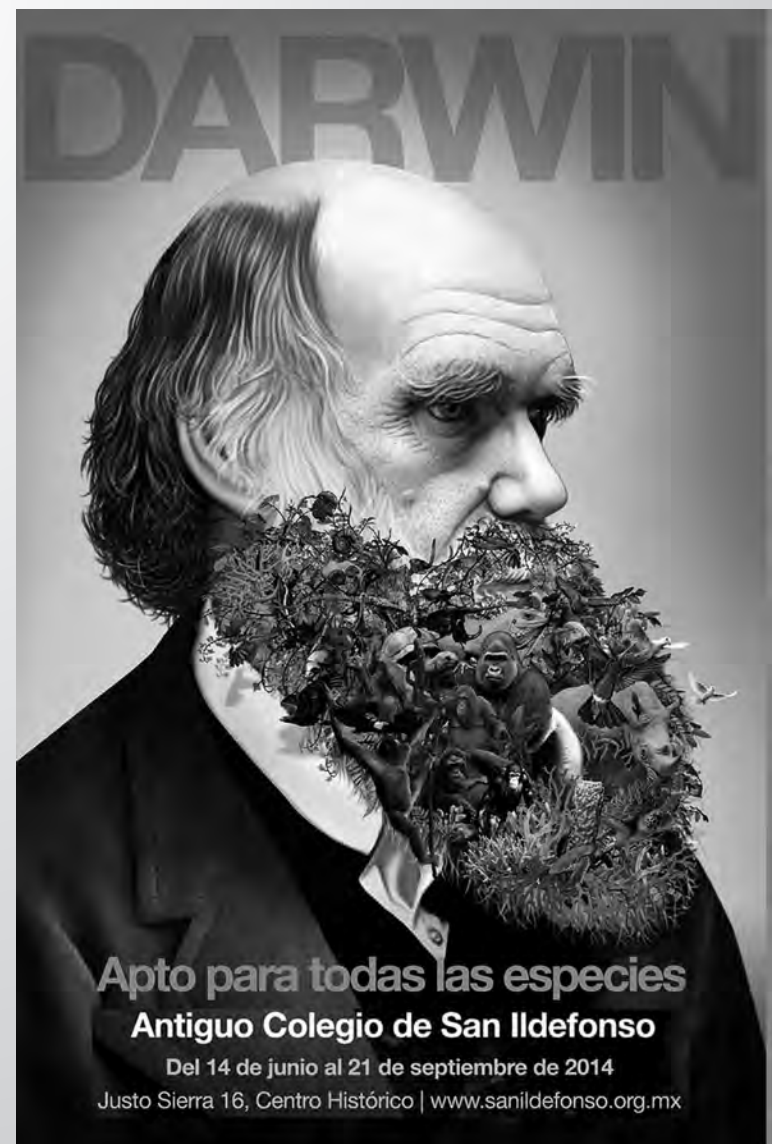
Tiempo después un oficial de la marina, Robert FitzRoy, había obtenido el mando del HMS Beagle para un segundo viaje de investigación por aguas de Sudamérica; ante esto se vio en la necesidad de conseguir a un naturalista capaz de estudiar los lugares aún poco explorados que visitarían.

Preparado ya para un viaje que cambiaría su vida por completo, y tras consultar a expertos científicos y comprar el equipo necesario, Darwin subió a bordo del Beagle e inició una bitácora para registrar sus experiencias. Tras dos salidas en falso debidas al mal tiempo, se hicieron a la mar desde Davenport el 27 de diciembre de 1831. El mundo se abriría ante ellos.

Así como este breve recorrido que nos llevó a conocer un poco más de la vida de este gran naturalista, en la exposición "Darwin. Apto para todas las especies" seguramente te embarcarás junto a Darwin en un apasionante viaje que te llevará a conocer cómo fue que llegó a postular una de las teorías más importantes para la humanidad. Seguramente el lector pensará: ¿y esto qué tiene que ver con la cristalografía? Gracias a las investigaciones de Darwin y de muchos otros científicos que han continuado con los estudios sobre evolución, hoy en día y con ayuda de la cristalografía asistida por rayos X, es el principal método para la obtención de información estructural en el estudio de proteínas y otras macromoléculas orgánicas, como las de ADN, con lo que los científicos evolucionistas pueden estudiar a las diferentes especies. Todo esto y más encontrarás en las salas que albergan la exposición que te invitamos a conocer y sin más te deseamos un feliz viaje por la ciencia. **S**

para saber **más**

*Darwin, el hombre que cambió la historia de la ciencia.* Editorial Tikal. 2009.



Tras las huellas



@helaheloderma



trashuellasdelanaturaleza@hotmail.com



Sergio Cortés Sánchez \*

# Retorno migratorio superior al éxodo

La entidad poblana aportó 2.5 por ciento del total de mexicanos emigrados hacia Estados Unidos en el quinquenio 1987-1992, dos decenios más tarde, su participación fue del 6.9 por ciento, pasando del lugar 11 (de 32 posibles) al lugar 5, según la estimación del Consejo Nacional de Población (Conapo) con base en la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica. Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía registró, en sus muestras ampliadas de los Censos de Población de 2010 y 2000, un incremento de emigrados poblanos al exterior de 2.5 veces, siendo los municipios de la Sierra Norte y Nororiental los que mayores tasas de crecimiento observaron, y los del Sur los que tuvieron las menores variaciones de sus tasas de emigración al exterior. De 217 municipios de la entidad, 12 registraron decrementos en el flujo de emigrados al exterior (la mayoría fueron de la Mixteca), 6 permanecieron igual y 199 aumentaron su participación.

Las regiones socioeconómicas de Atlixco y la Mixteca aportaron la mitad del flujo migratorio de poblanos al exterior en el quinquenio 1995-1999, 10 años después, su contribución fue de 29 por ciento; siguen siendo las de mayores tasas de emigración al exterior (0.46 por ciento promedio en el quinquenio 2005-2009), pero también las menos pobladas (11 por ciento) y las de menores tasas de crecimiento demográfico (0.15 por ciento de crecimiento anual). El grado de intensidad migratoria generado por Conapo combina cuatro registros de emigración al exterior (remesas, emigrados en el quinquenio, retorno de quienes salieron en el quinquenio o antes) y ambas regiones tienen un registro de alto grado de intensidad migratoria en los dos quinquenios señalados.

Las regiones socioeconómicas de la Sierra Norte y Nororiental la integran 53 municipios del norte de la entidad y ahí habita una de cada cinco poblanos, su participación en el flujo migratorio de poblanos al exterior pasó de 3.1 por ciento en 1995-1999 a 14.3 por ciento en 2005-2009 y su tasa de emigración quinquenal fue de 0.008 y 0.120 por ciento respectivamente, fueron las regiones que mayor variación registraron en sus tasas de crecimiento, pero su grado de intensidad migratoria aún sigue siendo bajo y su incorporación a los flujos migratorios al exterior es prácticamente de la segunda mitad de los años 90 y está relacionada a la crisis del café y al agotamiento de las actividades de autoconsumo.

La región socioeconómica de Serdán la integran 31 municipios del Centro Oriente de Puebla donde habita 11 por ciento de la población de la entidad, la tasa de emigración al exterior de esta región fue de 0.018 por ciento en 1995-1999 y de 0.155 por ciento en 2005-2009; su contribución al flujo quinquenal de poblanos al exterior fue de 3.4 por ciento en 1995-1999 y de 9.8 por ciento en 2005-2009; la variación decenal de su tasa de emigración fue de 760 por ciento y su grado de intensidad migratoria fue medio. La región socioeconómica de Tehuacán la integran 21 municipios y concentra 11 por ciento de la población de la entidad, su tasa de emigración al exterior en el quinquenio 1995-1999 fue de 0.026 por ciento y de 0.182 por ciento en 2005-2009, la variación decenal de las tasas fue de 600 por ciento; en el quinquenio 1995-1999, de cada 100 emigrados al exterior del estado de Puebla, cinco eran de la región de Tehuacán, 10 años después, fueron 12. La región de Puebla es la de mayor densidad poblacional, casi la mitad de la población radica en alguna de los 33 municipios que



la integran; su tasa de emigración quinquenal fueron de 0.05 y 0.13 por ciento en los quinquenios 1995-1999 y 2005-2009 respectivamente, y aportó 35 por ciento del total del flujo migratorio al exterior de los años 2005-2009 (tres puntos menos que un decenio antes), la variación decenal de la tasa de emigración fue de 159 por ciento y el grado de intensidad migratoria fue bajo.

Diversas circunstancias concurren para gestar esta intensidad de los flujos laborales de poblanos hacia el exterior, algunas corresponden a la sociedad de destino, otras al país o localidad de emigración. Entre 1995 y 1999 la economía norteamericana creció 18 por ciento y los mexicanos ocupados en aquel país aumentaron 15 por ciento, 10 años más tarde, la economía norteamericana apenas creció 3 por ciento en el quinquenio 2005-2009 y la ocupación de mexicanos apenas había crecido 2 por ciento en cinco años; los mexicanos ocupados en Estados Unidos en 2010 eran 475 mil personas menos con relación a los ocupados en 2007. En México, la economía creció en dos por ciento en el quinquenio 2005-2009; el decenio de los 90 fue de precariedad laboral, exclusión social, liberalización económica y apertura comercial, y el de los 80, de estagflación y reprivatización de las actividades económicas. A nivel de localidades, la alineación a las políticas neoliberales redujo el gasto público, eliminó subsidios a la producción agrícola, privatizó tierras comunales y ejidales, privilegió la importación de productos agropecuarios y desmotivó la producción agropecuaria de unidades campesinas. El mercado de trabajo nativo se contrajo, el salario real se abatió y la distribución del ingreso se polarizó.

El retorno de los poblanos emigrados al exterior también se relaciona con las determinantes que originaron el flujo; las crisis económicas de Estados Unidos y la contracción de los mercados de trabajo disminuyen la demanda del trabajo no calificado desempeñado por los poblanos, además de que emergen en ese mercado otros oferentes del mismo o mejor nivel de calificación laboral y, por si esto no fuera suficiente, el tránsito en territorio mexicano y cruce de la frontera norte de México se volvió más inseguro, la vigilancia migratoria en el Río Bravo más severa, se criminalizó la migración no documentada y aumentaron las deportaciones (María Eugenia Dáuberte y Leticia Rivemar (Coord), 2014 ¿Todos vuelven? Migración acelerada, crisis de la economía estadounidense y retorno en cuatro localidades del estado de Puebla, México, Puebla, BUAP).

En el quinquenio 2005-2009 aumentó la tasa de retorno de los emigrados poblanos, tanto los que

partieron durante el quinquenio de referencia (migrantes circulares) como la de aquellos que emigraron antes del quinquenio pero retornaron en los años referidos, sumados unos y otros, todos los retornados en un quinquenio son más de los que emigran, lo que traduce en un saldo migratorio cero. De cada 100 poblanos emigrados entre los años 1995 y 1999, retornaron 14 durante ese quinquenio y 86 estaban en el extranjero en el momento de la encuesta; en cambio, de cada 100 emigrados en el quinquenio 2005-2009, 34 retornaron en el quinquenio y 66 estaban todavía en el extranjero en el momento de la encuesta. Los migrantes menos vulnerables corresponden a regiones de larga data en flujos laborales al exterior, que disponen de amplias redes sociales, que detentan un estatus migratorio documentado y se ocupan en empleos de mayor estabilidad, como lo son los de las regiones de Atlixco, donde los migrantes circulares fueron 10 por ciento en 1995-1999 y 24 por ciento 10 años después y los de la Mixteca, cuyos porcentajes respectivos fueron de 15 y 19. Los migrantes al exterior más vulnerables se ubican en los flujos migratorios recientes de la Sierra Norte y Nororiental, que en ambos casos tenían 10 por ciento de migrantes circulares en 1995-1999 y 39 por ciento en el quinquenio 2005-2009. La región Angelópolis también registra altas tasas de retorno de migrantes circulares, 16 por ciento en 1995-1999 y 49 por ciento en 2005-2009, ese retorno puede estar asociado tanto a una mayor inestabilidad laboral de la industria de la construcción en Estados Unidos como a la probabilidad de reinserción exitosa en mercados de trabajo nativo.

La suma de todos los retornados (hayan emigrado al exterior en el quinquenio referido o antes) fue de 30 por ciento del total de emigrados en el quinquenio 1995-1999 y 10 años después, fue de 103 por ciento: el retorno fue superior a la salida al exterior. En la Angelópolis, los retornados en 2005-2009 fueron más que los emigrados, en las regiones de Atlixco, Mixteca, Serdán y Sierra Norte hubo equilibrio entre emigrados y total de retornados y en las regiones socioeconómicas de Tehuacán y Sierra Nororiental, la emigración durante el quinquenio fue superior al retorno. En todos las regiones, el total de retornados en el quinquenio 2005-2009 fue dos o más veces superior a la registrada en el quinquenio 1995-1999. Los regresados por la crisis más los deportados, más los que requieren un ingreso decoroso o un trabajo remunerador presionan los mercados de trabajo locales y sin duda han aumentado ya los niveles de desocupación, subocupación y de pobreza. **S**

José Gabriel Ávila-Rivera \*

## La historia del DNA y su cristalografía

Las geodas son rocas más o menos esféricas que, al partirse por la mitad (sobra decir que con mucho cuidado), muestran cristales en su interior con formas verdaderamente maravillosas. No puede existir un ser humano que deje de asombrarse con estas estructuras tan especiales, pues su geometría es llamativa como incitadora de inquietudes que nos llevan a percibir las como algo bello y cautivador.

Pero esta visión es la que podemos percibir a través de nuestro sentido de la vista, solamente escuchando lo que se nos presenta; sin embargo, los fenómenos físicos que muestran cuando pasa la luz a través de ellos ejercen efectos fascinantes y hasta mágicos. Por esta razón hay personas que siempre les han atribuido poderes, fuerzas sobrehumanas, virtudes y energías que han generado amuletos, talismanes, fetiches o hasta reliquias.

Nuestro sentido de la vista está circunscrito a un espectro bastante reducido de energía radiante que solamente nos permite una percepción limitada de todos los fenómenos periféricos; sin embargo, estamos rodeados de ondas de radio: las microondas, los rayos infrarrojos, el espectro de luz que nos permite ver la radiación ultravioleta, los rayos X y, por último, los rayos gamma. Dependiendo del material al que llegue, la energía radiante puede transmitirse, reflejarse o absorberse. Una transmisión de rayos a través de un material puede sufrir dos fenómenos conocidos como refracción y reflexión.

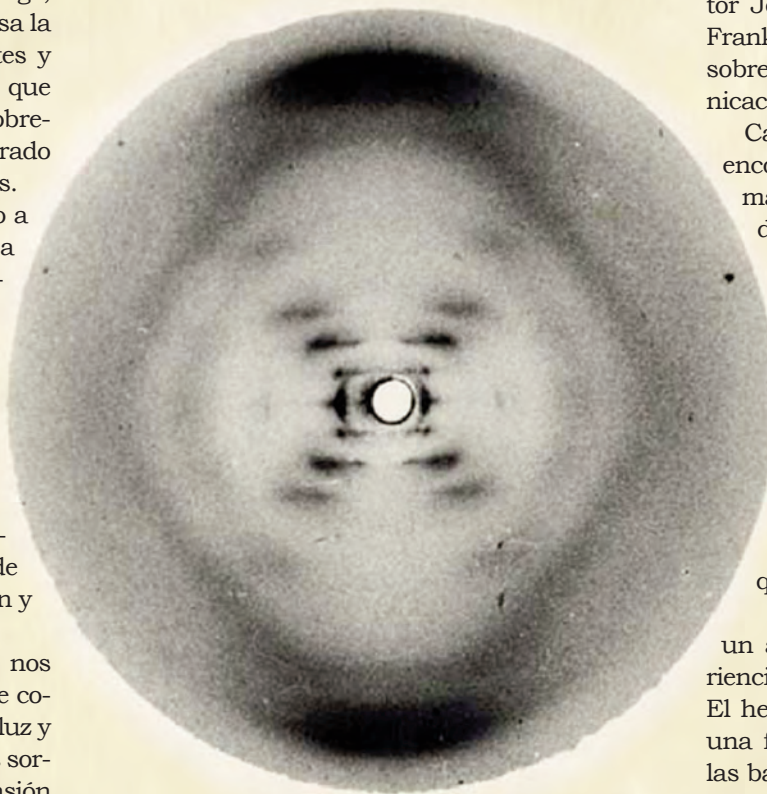
Cuando dirigimos la vista hacia el cielo, no nos damos cuenta de que prácticamente todo lo que conocemos del Universo procede del estudio de la luz y los distintos tipos de radiación; pero todavía más sorprendente es que esto se extiende a la comprensión del microcosmos, es decir lo infinitamente pequeño.

Un ejemplo lo tenemos con el microscopio electrónico, que en lugar de luz se basa en la utilización de electrones, logrando imágenes hasta 2 millones de veces más grandes, a diferencia de los convencionales microscopios de luz que amplifican cuando mucho, hasta 2 mil veces, un objeto.

Sin embargo, hablando en términos de lo pequeño, estos aparatos son insuficientes, por lo que en la investigación de sustancias o elementos como proteínas, requieren la utilización de otras técnicas o procedimientos, dentro de los que sobresale la cristalografía de rayos X, que en biología y medicina permitió que se pudiese deducir la estructura en “doble hélice” de los ácidos nucleicos, que constituyen la base de la vida.

La historia es más que fascinante pues se conjuntan una serie de situaciones que parecen de novela donde hay de todo, desde lo más perverso de la naturaleza humana hasta lo sublime de un descubrimiento tan trascendente, que ahora nos permite saber una buena parte de cómo somos y de dónde venimos en términos antropológicos.

Iniciaré desde el año 1951, en que le fue concedida a Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) una beca para trabajar durante tres años en la Unidad Biofísica, en el King's College, de Londres. Esta investigadora acababa de regresar de Francia, donde hizo una estancia en el Laboratoire de Services Chimiques de L'Etat, en París, estudiando la aplicación de las técnicas de difracción de rayos X en sustancias sin formas definidas como proteínas e



• Imagen tomada de <http://1.bp.blogspot.com/-2eJNYc9GVL8/UI0TOuTq5kI/AAAAAAAABY/PzBs6Lq4mJk/s1600/franklin05++typebphoto.jpg>

investigando el efecto de estos rayos sobre los cristales; es decir, cristalografía.

El laboratorio de biofísica, en ese entonces, estaba dirigido por Sir John Turton Randall (1905-1984), quien originalmente dispuso que la señorita Franklin estudiase la cristalografía de ciertas proteínas, pero un jefe adjunto de laboratorio, llamado Maurice Hugh Frederick Wilkins (1916-2004), solicitó su cooperación en el estudio de los ácidos nucleicos, específicamente el Ácido Desoxirribonucleico (ADN) que ya venía trabajando desde algunos años.

Al parecer, Wilkins esperaba investigar con la doctora Franklin sus muestras de ADN; sin embargo, el director Randall ordenó que el trabajo se llevara a cabo con un joven investigador que aún vive y que se llama Raymond Gosling (1926), mientras hacía su tesis de doctorado en ese tema. Muy probablemente esto condicionó un sentimiento de rencor de Wilkins, quien se consideró seguramente desplazado. Así, Franklin y Gosling comenzaron su investigación, en una forma diferente a Wilkins, (que siempre había deshidratado sus muestras), con un ADN altamente hidratado.

Dos años de arduo trabajo y un sinnúmero de pruebas, dieron como resultado un experimento conocido como la “fotografía 51” en el que se deduce que la estructura del ADN es de una doble hélice.

Pero, literalmente a hurtadillas, es decir, sin comentar algo a los investigadores originales, Wilkins llevó los resultados al biólogo

estadounidense James Dewey Watson (1928), quien con esta valiosa información y sabiendo que el estudio de la doctora Rosalind Franklin no se había publicado, planteó la estructura molecular del ADN como una doble hélice y así, junto con el físico británico Francis Harry Compton Crick (1916-2004), obtuvieron un reconocimiento mundial y sin mencionar los trabajos anteriores, les dieron el Premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1962.

Sin embargo, no todo terminó ahí. Una carta fechada el 17 de abril de 1953, firmada por el director John Turton Randall, le planteó a la doctora Franklin, literalmente olvidarse de la investigación sobre ácidos nucleicos y romper todo tipo de comunicación científica con su alumno Gosling.

Canalizada a la Universidad de Birkbeck, le encomendaron investigar sobre la estructura y material genético de los virus, llevando a cabo descubrimientos sorprendentes, como las características del virus del mosaico del tabaco y el de la poliomielitis.

Ya para terminar casi en forma de tragedia, el 16 de abril de 1959 Rosalind Franklin murió por un cáncer de ovario, que por una bien fundamentada sospecha, tuvo una estrecha relación con la exposición cotidiana a rayos X, ya que en ese entonces no existían las recomendaciones laborales que actualmente prevalecen como algo básico en cualquier investigador expuesto a riesgos de trabajo.

Muchas cosas son necesarias de someterse a un análisis profundo. En primer lugar, la experiencia de Rosalind Franklin nos ubica en la ética. El hecho de que su trabajo fuese aprovechado en una forma tan abusiva, no solamente rompe con las bases del método científico, sino que desacredita a quienes estuvieron involucrados.

Políticamente es común que estadounidenses no solamente cometan infamias en contra de los individuos, sino que esto se extiende a las naciones, situación a todas luces ventajista y utilitaria. Las consecuencias de estos actos generan rencores sociales que se traducen en posturas tan radicales como racismo y homofobias. No es que todos los estadounidenses sean odiados, pero universalmente sí existen rechazos que descalifican a todos los estadounidenses.

Desgraciadamente estos hechos no son del dominio público y solamente salen a la luz bajo ciertas condiciones; pero es determinante que se difundan, para ejemplificar lo que no se debe hacer. En este caso, solamente espero que la historia ponga en su lugar a James Dewey Watson, de forma que el nombre de Rosalind Elsie Franklin se ubique en donde debe estar: en la cúspide de todo el conocimiento biológico en cristalografía. **S**

## Historia de la ciencia sin trozos aburridos

Alberto Cordero \*

**Introducción.** Este libro es, ante todo, una miscelánea. No hay temas, ni tesis, ni panoramas coherentes del transcurso de la historia científica: sólo una mezcla de rarezas, desde un joven Charles Darwin, que reventó un raro escarabajo en su boca (con consecuencias muy desagradables) hasta el profesor de ciencias zambiano cuya máxima ambición era enviar a la Luna a una mujer, un misionero y dos gatos.

**3929 a. C. Cosmología.** El año de creación del mundo. En 1664, el Doctor Jonh Lightfoot (de la Universidad de Cambridge), escribió que, de acuerdo a sus cálculos, el mundo había sido creado en el año 3929 a.C. Algunos años después, el obispo de Armagh, James Ussher, ajustó los cálculos de Lightfoot. Ussher estimó que la tierra fue creada el 22 de octubre del año 4004 a. C., a las seis en punto de la tarde. Estos cálculos se basaban en las mejores pruebas disponibles: las generaciones que se enumeraban en el Antiguo Testamento. Científicos del calibre de Kepler y Newton hicieron cálculos parecidos; el primero llegó a la fecha de 3993 a. C., y el segundo a 3998 a. C. Ahora se sabe que la Tierra tiene más de cuatro mil quinientos millones de años de antigüedad.

**3000 a. C. Matemáticas.** ¿Por qué sesenta minutos y sesenta segundos? Los sumerios utilizaban un sistema numérico sexagesimal (de base 60), lo que explica que cada uno de los 360 grados de una circunferencia esté dividido en sesenta minutos, al igual que lo está la hora, mientras que el minuto está dividido en sesenta segundos.

**1600 a. C. Horología.** Contar el tiempo con agua. Los relojes de agua más sencillos, que consistían en un recipiente de piedra del que goteaba agua a una taza constante a través de un agujero en el fondo, se utilizaron en India, China, Egipto, Babilonia. Hay registros del siglo IV a. C. que señalan la utilización de clepsidras (relojes de agua) en burdeles atenienses para cronometrar las visitas de los clientes.

**138. Ciencia de la reproducción.** Sobre el uso de los estornudos. En su Ginecología, el médico griego Sorano de Éfeso ofrecía el siguiente consejo sobre la contracepción: "La mujer debe, en el momento durante el coito en el que el hombre eyacula su esperma, contener la respiración, retirar un poco el cuerpo de manera que el semen no pueda penetrar en el útero, y después levantarse inmediatamente y sentarse con las rodillas dobladas, y en esta posición, provocarse estornudos."

**820. Matemáticas. El origen del álgebra.** El matemático persa Al-Juarismi escribió su tratado para resolver ecuaciones polinomiales, *Hisabal jabr w'al-muqabala*, cuyo título dio origen a nuestra palabra "álgebra" (de Al-Juarismi derivan asimismo algoritmo y guarismo). El término árabe al-jabr puede significar recolocar huesos (el arte de los hueseros o sanadores), o reunificación, o reducción matemática.

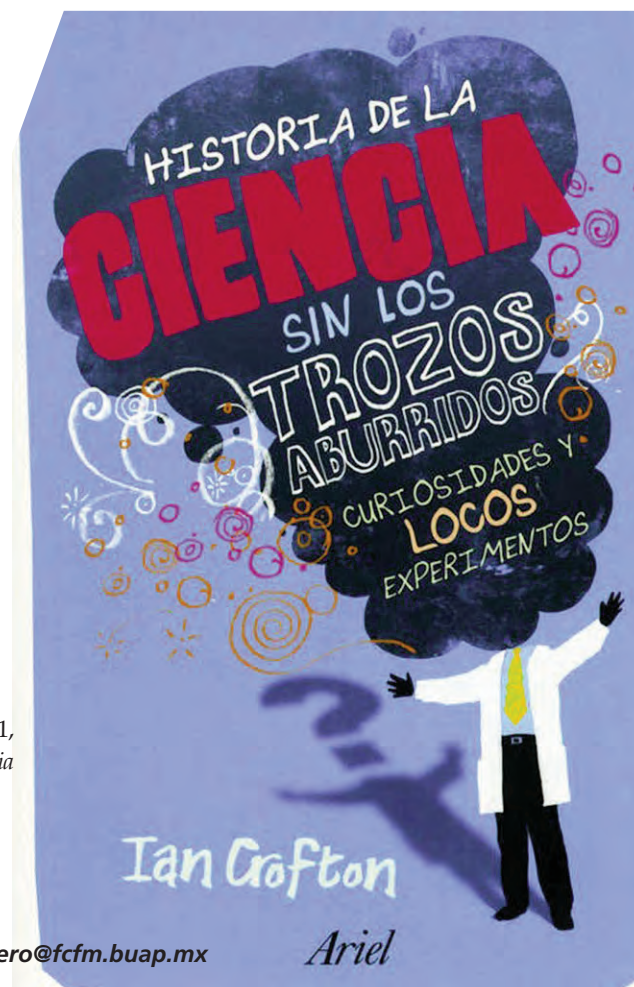
**1352. Oftalmología.** De dos a cuatro ojos. Tomaso da Modena pintó un retrato del cardenal Hugo de Provenza., la primera ilustración que se conoce del uso de gafas (anteojos) empleados para leer. Es probable que las primeras gafas se hicieran en Italia entre 1280 y 1300. Las primeras gafas modernas para miopía pudo haberlas hecho Nicolás de Cusa en el siglo XV, mientras que las primeras bifocales las inventó (y usó) Benjamín Franklin en 1784.

**1492. Medicina.** Una de las primeras transfusiones de sangre. En su lecho de muerte, si hemos de creerle a un cronista llamado Stefano Infessura, al papa Inocencio VIII le dieron la sangre de tres muchachos en un intento de revivirle. Según Infessura, la sangre se le suministró al pontífice por la boca. Los cuatro murieron en el proceso.

**1543. Astronomía.** Copérnico el loco. Nicolas Copérnico propuso en su obra maestra (*De revolucionibus orbium coelestium*) que la tierra se mueve alrededor del Sol y no al revés contradiciendo a Ptolomeo y al dogma cristiano. "Este loco quiere invertir toda la ciencia de la astronomía", se mofaba Martín Lutero, "pero las sagradas escrituras nos dicen que Josué ordenó al Sol que se detuviera, no a la tierra." Por su parte. La Iglesia Católica no eliminó *De revolucionibus orbium coelestium* de su Índice de libros prohibidos hasta 1835.

**1611. Fisiología.** Sobre la prevención de la embriaguez. El abogado y horticultor sir Hugh Platt sugirió el siguiente método para evitar emborracharse excesivamente: "Bebed primero un buen trago de aceite de ensalada, pues dicho aceite flotará por encima del vino que beberéis, y evitará que los espíritus asciendan al cerebro. Asimismo, cualquiera que sea la cantidad de leche fresca que bebáis primero, después podréis beber el triple de vino, sin peligro de emborracharos." Sir Hugh se dio cuenta de que podía haber un aspecto negativo, al añadir: "Pero lo enfermo que podéis poner con esta prevención, no lo determinaré aquí".

**1767. Aeronáutica.** ¿Prestidigitación? Después del descubrimiento del hidrógeno por parte de Cavendish el año anterior, el químico escocés Joseph Black asombró a su audiencia al bombear el gas en un saco, que después subió flotando hasta el techo. Los escépticos lo acusaron de montar un fraude complejo que implicaba hilos invisibles. El primer vuelo tripulado un globo lleno de hidrógeno tuvo lugar el 1 de diciembre de 1783. **S**



Ian Crofton, 2011,  
Historia de la ciencia  
sin trozos aburridos.  
México, Ariel.

\* acordero@cfm.buap.mx

**1625. Matemáticas.** Una curiosidad aritmética. Galileo demostró que un tercio tiene una interesante relación con la secuencia de números impares:

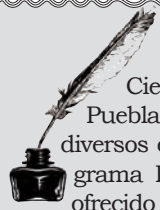
$$1/3 = (1+3)/(5+7) = (1+3+5)/(7+9+11) = (1+3+5+7)/(9+11+13+15)$$

**1622. Cirugía.** Sobre las espadas y cuchillos. En su *Medicus microcosmus*, Daniel Beckher, profesor de medicina en la Universidad de Königsberg, aconsejaba que en caso de una herida producida por un cuchillo grande o una espada, el arma que hubiera infligido la herida debería ser "ungida" cada día, y "mantenida en lino puro y en un lugar cálido pero no demasiado caliente, ni sucio, pues si no el paciente sufriría daño."

A pesar de esta creencia aparente en la magia simpática, Beckher merece un lugar en la historia de la cirugía por supervisar uno de los primeros casos comprobados de una gastrotomía (Incisión quirúrgica en el estómago) con éxito. El paciente era un granjero que para provocarse un vómito se introdujo en la garganta el mango de un largo cuchillo. Por desgracia lo soltó y el cuchillo quedó atorado. Para intentar desatascarlo se puso cabeza abajo, pero no lo consiguió. Después tragó algo de cerveza para lubricar su garganta. Para mayor desgracia, entonces el cuchillo resbaló a o largo del esófago hasta el estómago. Bekcher sugirió que debía intentarse una cirugía. La operación la realizó Daniel Schwabe el 9 de julio, y el cuchillo se pudo extraer con éxito. Res-tablecido, el granjero (Andreas Grünheide) volvió a su granja y seis años después se casó.

**1637. Ciencia de la reproducción.** ¿Una inmaculada concepción? En Grenoble, Francia, Magdeleine d'Auvermont, esposa de Jérôme de Montleón, señor de Aiguemère, fue llevada a juicio por haber dado a luz a un niño. Los parientes de Jérôme querían que el niño fuera declarado ilegítimo, debido a que Jérôme había estado fuera durante cuatro años, en las guerras de Alemania. En defensa de la legitimidad de su hijo y de su propio honor, Magdeleine juró que no había conocido otro hombre, pero que en un sueño su marido le había hecho el amor, y a la mañana siguiente supo que estaba embarazada. El niño nació nueve meses después. Cuatro comadronas, en calidad de expertas, testificaron que ellas también habían dado a luz sin haber realizado el acto sexual, y dicha posibilidad fue garantizada, a su vez, por cuatro médicos de la Universidad de Montpellier, defensores de la generación espontánea. El 13 de febrero el tribunal dictaminó que Emmanuel era efectivamente el heredero legítimo del señor Aiguemère y de todas sus posesiones.

**1654. Terapia sexual.** Una cura para la impotencia. El 10 de enero muere el herbolario y médico inglés Nicholas Culpeper. Para todo aquel hombre que no pudiera proporcionar a su esposa "la benevolencia debida" en el lecho marital, Culpeper sugería que hiciera pasar agua por el anillo de bodas de su mujer. Una cura parecida era popular en Francia, con la alternativa de orinar a través del ojo de la cerradura de la iglesia en que se había casado la pareja. También sugería que "Si se toman espárragos... después de varias mañanas de ayuno, se despertará el ansia carnal en el hombre o la mujer".



Este es un espacio del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla dedicado a dar a conocer cartas de diversos estudiantes beneficiados con el programa Becas Conacyt-gobierno del estado ofrecido a través de este Consejo.

El objetivo real de externar la experiencia académica y vivencial de los estudiantes que se están especializando en el extranjero a través de este programa, es animar a todas aquellas personas que están terminando sus estudios de licenciatura, maestría o doctorado a que se acerquen y aprovechen las oportunidades que instituciones gubernamentales y federales ponen a su alcance para así lograr que nuestro país sea cada vez más reconocido por el alto nivel en la formación de nuestros recursos humanos.

A continuación leerán la experiencia educativa de Erick Guerrero Rodríguez, estudiante de doctorado en la Universidad de Zaragoza, España.



**M**i nombre es Erick Guerrero Rodríguez; soy estudiante de Doctorado en la Universidad de Zaragoza, España, cuyo financiamiento proviene del programa de becas de Doctorado en el Extranjero por Conacyt-Concytep, desde 2012.

Mi investigación se centra en el diseño de circuitos integrados CMOS; específicamente para comunicaciones de alta velocidad por fibra óptica plástica. El grupo de investigación al que pertenezco es uno de los referentes en cuanto a producción científica dentro de la comunidad de Aragón, lo cual me ha permitido adquirir una vasta experiencia. Además de ello, gracias a la estrecha colaboración del grupo con el sector industrial, actualmente formo parte de un equipo para desarrollar un proyecto (aparte de mi tesis doctoral) para la empresa de telecomunicaciones Telefónica.

Cada una de las personas que he conocido aquí, en España, me ha tratado muy bien, lo que me ha permitido disfrutar a lo máximo esta experiencia irrepetible, tanto en el ámbito personal como profesional.

A pesar de los grandes problemas económicos por los que está pasando este grandioso país, hay muchas diferencias en cuanto a la calidad de vida de los españoles, lo que me ha permitido ver con otra perspectiva a mi querido México, y que pienso compartir e incluso poner en práctica a mi regreso.

Por mi parte, estoy tratando de acercar la cultura mexicana con la gente que me rodea, compartiendo algunas de las variadas costumbres que nos identifican y, por supuesto, la gastronomía tan variada y exquisita — puedo decir que ya varios compañeros de trabajo han perdido el miedo al picante — que nos caracteriza en el mundo entero.

Como lo expresé cuando solicité la beca y que después de un año y medio puedo confirmar, estoy seguro de que esta oportunidad de enriquecimiento personal y profesional que tengo gracias al apoyo Conacyt-Concytep, me abrirá muchas puertas a mi regreso a México y, al mismo tiempo, me permitirá transmitir y explotar los conocimientos y experiencias adquiridas.

Sin más que agregar, además de mi sincero agradecimiento a Conacyt-Concytep, me despido resaltando la gran importancia de este tipo de becas y apoyos para formar profesionistas de alto nivel en beneficio de México.

## Convocatoria Incorporación de Mujeres Indígenas al Posgrado Nacional

El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep) en colaboración con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), invita a Instituciones de Educación Superior que se encuentren en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) a postular como candidatas a mujeres indígenas egresadas de su institución para participar en el Programa de Fortalecimiento Académico para Indígenas con el objetivo de continuar con su formación profesional a través de una beca para estudios de maestría.

**Dicho programa permite la aplicación en todas las áreas del conocimiento y consta de 3 etapas:**

1. Actualización y Aceptación en el programa de Posgrado (PP)
2. Estancia Técnica (en el extranjero, Canadá o Estados Unidos)
3. Inserción en el PP de Maestría Nacional (Incorporación como becaria CONACYT)

**Los beneficios que obtendrán** son: apoyo en manutención, material académico, inscripción, colegiatura y para gastos de instalación, además de los servicios médicos a través del ISSSTE para la becaria y familiares directos.

La elección estará a cargo de un Comité de Evaluación, conformado por académicos e investigadores representantes de Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación.

**La fecha límite de recepción** de solicitudes será hasta el 22 de septiembre del 2014.

**La convocatoria y formato de registro** se encuentran disponibles en la página web del Concytep ([www.concytep.pue.gob.mx](http://www.concytep.pue.gob.mx)), en Convocatorias abiertas.

### Requisitos

1. Certificado de estudios de nivel licenciatura con promedio mínimo de 8.0
2. Título o acta de examen profesional
3. Acta de nacimiento
4. Oficio de postulación por parte del titular de la institución educativa de la que egresó
5. Identificación oficial (credencial de elector)
6. Cedula de la Clave Única de Registro de Población (CURP)
7. Cedula de Registro Federal de Contribuyentes (RFC) con o sin homoclave
8. Comprobante de domicilio reciente
9. Documento oficial expedido por la Junta Auxiliar, que acredite su origen étnico.
10. Carta de exposición de motivos personales, en donde exponga los deseos de participar en el programa y el compromiso de realizar y concluir los estudios de posgrado

**Información** en las instalaciones de Concytep, en la 13 poniente 2904, Col. La Paz, Puebla, Pue. C.P. 72160. También se pone a disposición el teléfono (222) 6.200.300 ext. 133 Dra. Yari Juárez López, [yari.concytep@gmail.com](mailto:yari.concytep@gmail.com) M.C. Alberto Alvarado García, [Alberto.concytep@gmail.com](mailto:Alberto.concytep@gmail.com)

## Tercer Encuentro de Jóvenes Investigadores Concytep-Conacyt 2014

El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep), invitan a jóvenes que se encuentren estudiando a partir del sexto semestre de licenciatura o ingeniería, así como profesionistas que tengan máximo seis meses de haber concluido sus estudios (pasantes o titulados), que estén interesados en la investigación y desarrollo de una actividad científica, tecnológica e innovadora, tendiente a elevar el nivel de competitividad de los sectores académico y productivo del Estado de Puebla, a participar en el:

**A realizarse los días 9 y 10 de octubre de 2014** en el Centro Expositor Puebla y Planetario de Puebla Mtro. Germán Martínez Hidalgo.

Consistirá en la presentación de trabajos de investigación y desarrollo, enfocados a la ciencia, tecnología e innovación y que cuenten con el aval de un coordinador o tutor de la investigación.

### Áreas

Los trabajos podrán inscribirse sólo en una de las siguientes cinco áreas del conocimiento:

- a) Ciencias físico-matemáticas y de la tierra.
- b) Medio ambiente, tecnología ambiental, energía y desarrollo sustentable.
- c) Biología, biotecnología y ciencias agropecuarias.
- d) Química, medicina y ciencias de la salud.
- e) Ingenierías.

**Las fechas de inscripción** de los proyectos serán del 11 de julio al 30 de septiembre de 2014 de 9:30 a 17:00 horas en las oficinas del CONCYTEP.

### Premios

El Comité Evaluador elegirá a los 3 mejores proyectos de cada una de las cinco áreas, quienes obtendrán un premio de:

**1er. Lugar: \$16,000**

**2do. Lugar: \$11,000**

**3er. Lugar: \$6,000**

**Además, el primer y segundo lugar de cada área participará en un Encuentro Nacional**, que se llevará a cabo en Acapulco, Guerrero los días 13 y 14 de noviembre del actual.

Para más información podrán acudir a las instalaciones de Concytep, en la 13 poniente 2904, Col. La Paz, Puebla, Pue. C.P. 72160.

## Convocatoria apoyo para el registro de la propiedad industrial

El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep) con el propósito de contribuir al desarrollo económico y social del Estado de Puebla, estimulando la Propiedad Industrial, CONVOCA a la comunidad científica, tecnológica y al público en general del Estado de Puebla, a presentar propuestas susceptibles de ser patentadas que cumplan con los criterios de originalidad, viabilidad y potencial de comercialización.

La cobertura es estatal y está dirigida principalmente a las instituciones de educación media superior y superior, centros de investigación, micro, pequeñas y medianas empresas, así como a inventores independientes.

**El objetivo es otorgar apoyo técnico y económico a las personas físicas y morales, que tramiten el registro de patentes.**

### Fechas

Recepción de solicitudes: del 18 de julio al 18 de septiembre de 2014 de lunes a viernes de 10 a 17:30 horas

**Publicación de resultados:** 22 de septiembre de 2014

Para conocer todos los detalles de la convocatoria y términos de referencia, consultar la página web [www.concytep.pue.gob.mx](http://www.concytep.pue.gob.mx)



Raúl Mújica \*

## Super LuNA: LA úLt IMA deL Año



• Comparación de dos lunas llenas en 2012, una cerca del apogeo (28 de noviembre) y la otra cerca del perigeo (5 de mayo). La diferencia en el tamaño aparente se debe a la diferencia en la distancia (unos 50 mil km) entre el perigeo y el apogeo. La distancia promedio a la Luna es de aproximadamente 385 mil km. Imagen tomada de [http://apod.nasa.gov/apod/image/1211/supermicromoon\\_paduraru.jpg](http://apod.nasa.gov/apod/image/1211/supermicromoon_paduraru.jpg)

La dos lunas llenas anteriores, el 12 de julio y el 10 de agosto, causaron bastante movimiento en los medios de comunicación debido a que se trató de las llamadas Superlunas. Este fenómeno, debido al nombre espectacular, logró que mucha gente hiciera lo que ya pocas veces practicamos: levantar la mirada al cielo. Esperamos que la última superluna de este año, que se presentará el 9 de septiembre, siga motivando a la gente a mirar la bóveda celeste.

Aunque este fenómeno es más o menos frecuente (se repite aproximadamente cada 13 meses), en este año tendremos, con la luna de septiembre, tres superlunas seguidas, lo que, aunque menos frecuente, sucedió también el año anterior. Durante una superluna, la luna es un 14 por ciento más grande y 30 por ciento más brillante, pero, ¿por qué sucede?, ¿qué tan súper es la superluna?

### KEPLER

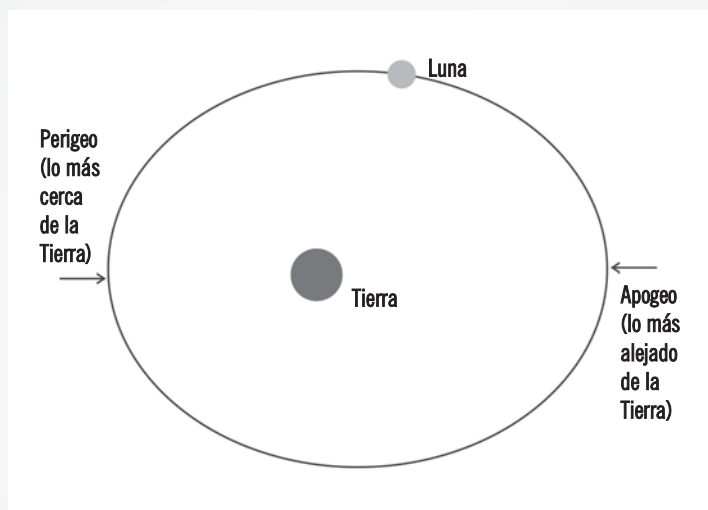
Johannes Kepler dedujo, hace unos 400 años, a partir de minuciosas observaciones de Tycho Brahe, que los planetas siguen órbitas elípticas alrededor del Sol y que barren áreas iguales en tiempos iguales. Estas son las llamadas leyes de Kepler (primera y segunda) que se aplican lo mismo a los planetas que a estrellas dobles o al movimiento de las galaxias. Y se aplican también al movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, es decir, nuestro satélite se mueve también en una órbita elíptica. En esta trayectoria oval la Tierra no se encuentra localizada en el centro, sino hacia un lado, en uno de los focos de la elipse. El tamaño de la luna, cuando está en su fase llena, varía debido a su trayectoria elíptica alrededor de la Tierra. Y, mejor revisamos a la elipse.

### UN pAr éNTEs pAr A lA ElIpSE

Una de las maneras de generar una elipse es la siguiente. Se toma una cuerda y se fija por los dos extremos, con, por ejemplo, dos clavos, dos alfileres o dos chinchetas, dependiendo de la superficie. La cuerda debe quedar “floja”, esto es que la longitud de la cuerda debe ser mayor que la distancia entre los dos fijadores. Se coloca un lápiz tensando la cuerda y formando un triángulo, de tal manera que con la punta se pueda marcar sobre la superficie. Finalmente se mueve el lápiz alrededor de los fijadores, siempre manteniendo la cuerda tensa. La figura resultante se llama elipse y los puntos de los fijadores, se llaman focos.

### SE ACERCA Y SE ALEJA

Debido entonces a la forma elíptica de la órbita lunar, en algunos momentos la Luna se acerca y en otros se aleja de nuestro planeta. Cuando la Luna está más



cerca de la Tierra se le llama perigeo, y cuando está más lejos se le llama apogeo. Cuando sucede una luna llena cerca del Perigeo, estando más cerca, se le puede apreciar más grande y es 30 por ciento más brillante. A esta La Luna, que los astrónomos llamamos del perigeo es lo que se conoce como la superluna.

Aunque las superlunas son buen pretexto para llamar la atención al público y que observe el cielo, es un poco desafortunado el nombre, no sólo porque en realidad debería llamarse la Luna en el Perigeo, sino porque el prefijo puede generar falsas expectativas.

Por ejemplo, una diferencia del 30 por ciento en el brillo, como en la superluna, puede ser un poco difícil apreciar con respecto al brillo de

una luna llena común. Esta diferencia en el brillo puede fácilmente “diluirse” si tenemos la mala fortuna de que haya nubes delgadas.

Por otro lado, no hay una cinta métrica flotando en el cielo que nos permita medir el tamaño de la Luna cuando se localiza arriba, sobre nuestras cabezas, ya que no tenemos puntos de referencia que brinden un sentido de la escala. Una luna llena parece tener casi el mismo tamaño que cualquier otra.

Por esta razón es que la mayoría de las imágenes que acompañaban los artículos sobre las superlunas pasadas mostraban generalmente a la luna cerca del horizonte, cuando tenemos objetos para comparar y donde la luna siempre nos parece más grande, pero, ojo, esto no es debido a la superluna; esto es lo que llamamos la *ilusión de la luna*.

Esta ilusión óptica se conoce desde hace cientos de años, pero no se conoce ninguna teoría que explique completamente por qué vemos la luna más grande en el horizonte. Podemos comprobar que es una ilusión al obtener una foto, en ella veremos la luna de tamaño natural.

Independientemente de las posibles confusiones y efectos ópticos, me parece que debemos aprovechar esta coincidencia que tiene lugar tres veces en el año 2014. Luego del 12 de julio y del 10 de agosto, ya sólo nos queda la del 9 de septiembre, cuando la Luna se volverá llena el mismo día que ocurre el perigeo, a diferencia de la de agosto, que sucedió en la misma hora del perigeo.

Hay otros nombres desafortunados alrededor de la luna, como la famosa luna de sangre durante un eclipse, pero creo que haciendo todo esto a un lado, lo importante es volver a observar el cielo, ojalá que en esta última superluna haya cielos despejados para que se pueda disfrutar. ☾

### más información

<http://www.inaoep.mx>  
[http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/10jul\\_supermoons/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/10jul_supermoons/)  
[http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/28jul\\_perseids2014/](http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/28jul_perseids2014/)

\* [rmujica@inaoep.mx](mailto:rmujica@inaoep.mx)



Las horas están expresadas en Tiempo Universal (UT).

**Septiembre 1. Lluvia de meteoros Alfa-Aurígidas.** Actividad desde el 28 de agosto hasta el 5 de septiembre con el máximo alrededor de la media noche del 31 de agosto. La taza horaria es de 6 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Auriga con coordenadas de AR=93 grados y DEC=+39 grados. La posición del radiante tendrá una altura favorable un poco después de la media noche y la puesta de la Luna en Cuarto Creciente en las últimas horas de la noche brindará cielos oscuros para la observación de los meteoros.

**Septiembre 1, 00:56. Marte a 3.5 grados al Sur de la Luna en la constelación de la Libra.** Elongación del planeta: 73.1 grados. Muy cerca se encuentra el planeta Saturno y los asteroides Vesta y Ceres. Configuración observable en las primeras horas de la noche del 31 de agosto hacia la parte suroeste de la esfera celeste.

**Septiembre 2, 11:11. Luna en Cuarto Creciente.** Distancia geocéntrica: 379,593 km.

**Septiembre 5, 15:38. Venus en el perihelio.** Distancia heliocéntrica: 0.7184 U.A.

**Septiembre 8, 03:31. Luna en el perigeo.** Distancia geocéntrica: 358,389 km. Iluminación de la Luna: 98.6%.

**Septiembre 9, 01:38. Luna llena.** Distancia geocéntrica: 359,181 km.

**Septiembre 9. Lluvia de meteoros Perseidas Septiembre.** Actividad desde el 5 hasta el 21 de septiembre, con el máximo el 9 de septiembre. La taza horaria es de 5 meteoros. El radiante se encuentra en la constelación de Perseo con coordenadas de AR=48 grados y DEC=+40 grados. La posición del radiante tendrá una altura favorable después de la media noche, pero la cercanía de la Luna llena no brindará cielos oscuros para la observación de los meteoros.

**Septiembre 11, 21:37. Mercurio en el afelio.** Distancia heliocéntrica: 0.4667 U.A.

**Septiembre 16, 02:04. Luna en Cuarto menguante.** Distancia geocéntrica: 394,953 km.

**Septiembre 20, 14:21. Luna en el apogeo.** Distancia geocéntrica: 405,845 km. Iluminación de la Luna: 12.0%.

**Septiembre 21, 21:58. Mercurio en su máxima elongación Este.** Elongación del planeta: 26.4 grados.

**Septiembre 22, 20:02. Plutón estacionario.** Elongación del planeta: 101.2 grados.

**Septiembre 23, 02:29. Inicio del otoño.**

**Septiembre 24, 06:13. Luna nueva.** Distancia geocéntrica: 400,793 km.

**Septiembre 24, 10:52. Máximo brillo de Mercurio (V = 0.2).** Elongación del planeta: 26.25 grados.

**Septiembre 26, 08:04. Mercurio a 3.8 grados al Sur de la Luna en la constelación de Virgo.** Elongación de Mercurio: 25.9 grados. Configuración muy difícil de observar por la cercanía del planeta con el

Sol. Sólo si el horizonte poniente está despejado se podrá observar inmediatamente después de la puesta del Sol.

**Septiembre 28, 04:02. Saturno a 0.4 grados al Sur de la Luna en la constelación de la Libra.** Elongación del planeta: 45.3 grados. Configuración observable, inmediatamente después de la puesta del Sol del 27 de septiembre, sólo si el horizonte poniente está despejado.

**Septiembre 29, 17:26. Marte a 4.8 grados al Sur de la Luna en la constelación del Serpentario.** Elongación del planeta: 64.3 grados. Configuración observable en las primeras horas de la noche hacia el horizonte poniente. La estrella Antares, Marte y la Luna formarán un interesante asterismo en el cielo. **S**

**DITCo**  
CUV y TT  
Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología  
OTC-BUAP

**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento**  
**Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología**

# CONVOCATORIA 2014

## Concurso de Prototipos de Innovación Tecnológica para Estudiantes

### "INNOVANDO PARA UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA"

La Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento a través del Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología convocan a los estudiantes de la BUAP a participar en el Primer Concurso de Innovación Tecnológica, donde los participantes desarrollarán una idea innovadora aplicada a la creación de prototipos tecnológicos para mejorar la calidad de vida de las personas.

**1. BASES GENERALES**

a. Podrán participar en forma individual o en equipo los estudiantes de la BUAP, en todas las disciplinas o en trabajos multidisciplinarios.

b. Se evaluarán trabajos que contribuyan al desarrollo tecnológico, innovación y generación del conocimiento orientado a resolver una problemática de los sectores público, social ó privado.

c. Podrán participar con productos, procesos y servicios o mejoras con un contenido significativo de innovación.

d. Se dará preferencia a proyectos de innovación que sean novedosos, con una actividad inventiva y con un desarrollo tecnológico aplicado.

e. Existirán tres categorías:

- Emprendimiento social: categoría dirigida al desarrollo de proyectos y productos sustentables de impacto en una zona o región, mismos que satisfagan necesidades de la sociedad, por ejemplo: procesamientos de productos limpios, productos ecológicos, de impacto económico social y de sustentabilidad.
- Tecnología intermedia: categoría enfocada a la creación de productos innovadores cuyos requerimientos de infraestructura física y tecnológica, así como sus mecanismos de operación, que sean semi especializados ejemplo: investigación y procesamiento aplicada a alimentos, desarrollo de software, animación multimedia entre otros.
- Alta Tecnología: Dirigida a la creación de productos especializados, tales como tecnología de la información y comunicación, microelectrónica, sistemas microelectromecánicos, biotecnología y farmacéuticos, nanotecnología, ciencia médica aplicada, desarrollo de software de alta especialización etc.

**2. DEL RESPONSABLE**

a. El responsable del trabajo debe ser un estudiante de la BUAP en activo y únicamente podrá participar en un solo proyecto con ese carácter.

**3. DEL PROCESO DE REGISTRO Y ENVÍO DE DOCUMENTO**

a. El registro se llevará a cabo en la página [www.ditco.buap.mx](http://www.ditco.buap.mx)

b. El periodo de inscripción será del día 11 de agosto al 20 de octubre de 2014

**4. DEL PROCESO DE EVALUACIÓN**

a. Los trabajos se presentarán (cartel, video o prototipo, etc.) en un evento programado el día 27 de octubre de 2014 en la Sala de Seminarios del Complejo Cultural Universitario.

b. Los prototipos finalistas se exhibirán en un evento programado el día 29 de octubre de 2014 en el Aula Magna del CICE en el Complejo Cultural Universitario, para ser evaluados por miembros internos y externos a la BUAP, expertos en las diferentes temáticas que se registren.

**5. RESULTADOS**

Los resultados de este Concurso son inapelables algún lugar podría declararse desierto, se publicarán en la página de la DITCo el 31 de octubre de 2014.

**6. DE LOS PREMIOS**

Los premios y reconocimientos a los finalistas se entregan por las autoridades universitarias el 4 de noviembre a las 10 hrs. en el Aula Magna del Complejo Cultural Universitario.

Se contemplan premios en cada una de las 3 categorías:

1. Primer lugar \$20,000.00
2. Segundo Lugar \$15,000.00
3. Tercer lugar \$10,000.00

H. Puebla de Zaragoza a 4 de agosto del 2014  
ATENTAMENTE  
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"  
DR. PEDRO HUGO HERNÁNDEZ TEJEDA  
Director DITCo

Raúl Mújica y José Ramón Valdés \*

## Rosetta, la clave para entender el origen del sistema solar

Justo al cierre de esta edición, al inicio de agosto, la misión Rosetta había llegado a su destino, el cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, iniciando un nuevo capítulo en la exploración del Sistema Solar. Este es uno de los grandes logros tecnológicos y aunque el futuro de la exploración espacial de los cometas presenta retos mayores, ha habido muchos pasos previos, también de gran importancia.

Con el objetivo de conocer con mayor detalle las características de los cuerpos del sistema solar, varias agencias espaciales han diseñado, construido y puesto en órbita complejas misiones espaciales para la exploración profunda del espacio. En los últimos años, los cometas han sido visitados frecuentemente por estas sondas espaciales. Para llevar a cabo sus objetivos, las misiones espaciales realizan maniobras de propulsión y utilizan el impulso gravitacional que le pueden brindar planetas como la Tierra, Marte, Júpiter o Saturno y la Luna. Estas operaciones modifican las órbitas de las misiones y las dirigen hacia el encuentro de los cometas.

La primera misión a un cometa fue la del International Sun-Earth Explorer 3 (ISEE 3) que atravesó la cola de plasma del cometa Giacobinni-Zinner el 11 de septiembre de 1985, a una distancia de 7 mil 900 kilómetros del cometa. Antes de este encuentro fue rebautizada como el International Cometary Explorer (ICE). Aunque no llevaba cámaras para tomar imágenes, los instrumentos a bordo permitieron analizar las partículas de alta energía que contenía la cola y la interacción del viento solar con la atmósfera del cometa. Posteriormente, en marzo de 1986, el ICE fue al encuentro del cometa Halley.

La exploración del cometa Halley, en 1986, se convirtió en la colaboración internacional más importante para el estudio de estos objetos. Además de la ICE, otras cinco misiones espaciales participaron en la "Armada Halley": las japonesas Sakigake y Susei, las soviéticas Vega 1 y Vega 2 y la Giotto de la Agencia Espacial Europea. Luego que las sondas japonesas y la CIE realizaron mediciones a larga distancia, con estos datos preliminares, las sondas soviéticas localizaron el núcleo del cometa y transmitieron la información a la Giotto que realizó el último acercamiento. A pesar de que los instrumentos a bordo de la Giotto dejaron de funcionar a una distancia de mil 200 kilómetros del núcleo, este esfuerzo internacional representó un paso gigantesco en el entendimiento de la composición y las propiedades de los núcleos cometarios.

Otro gran salto se dio en 2004 con la sonda Stardust de la NASA, la primera misión norteamericana destinada al estudio de un cometa, el 81P/Wild 2. Esta misión hizo historia capturando imágenes del asteroide Anhefrank, recolectando muestras del cometa Wild 2 y finalmente tomando imágenes espectaculares del cometa Tempel 1. El 2 de enero de 2004 ingresó en la coma del cometa Wild 2, a una distancia de sólo 236 kilómetros del núcleo, recogiendo muestras y tomando imágenes de un núcleo muy diferente al del cometa Halley, más parecido a un asteroide, con muchos cráteres. Las muestras recogidas por el Stardust en una cápsula especial (Sample Return Capsule), aterrizaron en 2006 en una zona del desierto de Utah. Del análisis se detectó, por primera vez en un cometa, glicina, uno de los aminoácidos utilizados por los seres vivos para producir proteínas. Esto apoya la hipótesis de que algunos de los ingredientes de la vida en la Tierra se formaron en el espacio y fueron traídos a nuestro planeta por los cometas y asteroides. Además se detectaron algunos cristales de silicatos.

La sonda Stardust modificó su órbita y el 14 de febrero de 2011 se produjo el encuentro con el cometa Tempel 1, a una distancia de 181 kilómetros del núcleo. Este cometa fue visitado previamente por la sonda

espacial Deep Impact de la NASA. A diferencia de las misiones anteriores, Giotto y Stardust, que fueron misiones de acercamiento, la Deep Impact se propuso eyectar material del núcleo del cometa a través de una explosión generada por una sonda de impacto. El impactador, de 370 kilogramos de peso, se separó de la sonda principal y el impacto se produjo el 4 de julio de 2005, provocando un cráter de 100 metros de diámetro.

La energía del impacto fue equivalente a cinco toneladas de dinamita y aumentó en seis veces el brillo del cometa. La zona del impacto fue fotografiada en febrero de 2011 por Stardust.

La misión de extensión de la Deep Impact incluyó la visita, el 14 de noviembre de 2010, al cometa 103P/Hartley 2, a una distancia de 700 kilómetros. Las imágenes tomadas permitieron asegurar que su núcleo estaba formado por dos cuerpos esféricos unidos por un puente de materia inactiva. Esta estructura es el fruto de una colisión a baja velocidad de dos planetesimales.

### ROSETTA

La misión espacial Rosetta, de la Agencia Espacial Europea, lanzada en 2004, fue diseñada para estudiar al cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. A bordo de esta misión viaja la cápsula Philae, que con 26.7 kilogramos de peso y 10 instrumentos, intentará posarse sobre la superficie del cometa para estudiar la composición química de su superficie, de los compuestos sólidos y el contenido de gas, estudiar la estructura interna y la composición del núcleo y generar una tomografía del núcleo a partir del análisis de la propagación de ondas electromagnéticas en la superficie del cometa.

Rosetta, luego de una década, se "despertó" de su hibernación el 20 de enero pasado, a 9 millones de kilómetros de su objetivo. Se reactivaron todos los instrumentos y se requirieron 10 maniobras de corrección en la órbita, entre el 7 de mayo y el 6 de agosto, para reducir la velocidad relativa respecto al cometa.

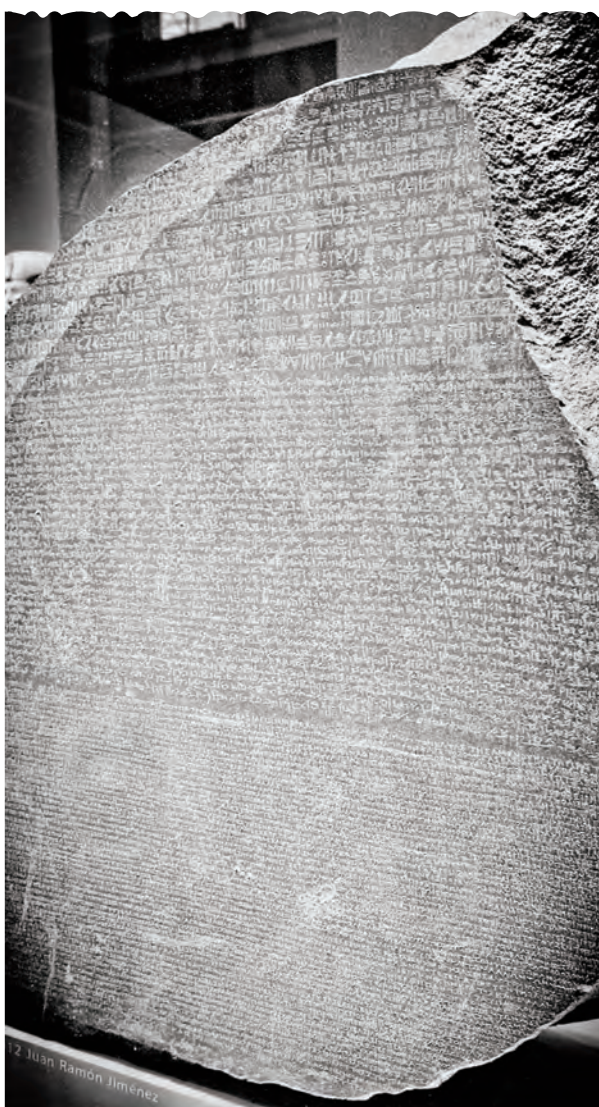
La órbita de Rosetta ha resultado extremadamente complicada, recibiendo impulsos gravitacionales de la Tierra, Marte y dos asteroides, 2867 Steins y 21 Lutetia, obteniendo, a su paso, datos científicos sin precedente de estos dos últimos objetos.

A finales de agosto se seleccionarán cinco sitios potenciales de "aterrizaje". El sitio principal se seleccionará a mediados de septiembre, y en octubre se confirmará la secuencia final de eventos para el despliegue de Philae, que será en noviembre.

Esta misión recibió su nombre de la famosa Piedra Rosseta, la que proporcionó la clave para entender a una civilización antigua; de la misma manera, se espera que esta nave sea la clave para descifrar los misterios de los objetos más antiguos del sistema solar, los cometas.

Además, los cometas son una posible fuente de gran parte del agua que existe en la Tierra y fueron, quizá, los portadores de los ingredientes que ayudaron en la evolución de la vida. Al acercarse, y posarse en el cometa, la misión Rosetta permitirá a los especialistas aprender más sobre estos objetos y establecer su importancia en la evolución del sistema solar.

Las primeras imágenes del cometa son sorprendentes, pero apenas están iniciando los descubrimientos, Rosetta permitirá a los científicos mirar hasta una época, hace unos 4 mil 600 millones de años, cuando no había planetas alrededor del Sol, cuando sólo había un gran enjambre de asteroides y cometas. Habrá muchas noticias sobre Rosetta en estas semanas. **S**



• La famosa piedra Rosseta, tomada de **Juan Ramón Jiménez**, en [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

• Imagen del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko obtenida el 3 de agosto, a 285 km de distancia, por la cámara llamada OSIRIS a bordo de Rosetta, tomada de [http://www.nasa.gov/sites/default/files/comet\\_on\\_3\\_august\\_2014.png](http://www.nasa.gov/sites/default/files/comet_on_3_august_2014.png)

\* [rmujica@inaoep.mx](mailto:rmujica@inaoep.mx) y [jvaldes@inaoep.mx](mailto:jvaldes@inaoep.mx)

### más información

<http://sci.esa.int/rosetta/>  
<http://sci.esa.int/rosetta/54469-rosetta-arrives-at-comet-destination/>



### La Facultad de Ingeniería y el Instituto de Tecnológico de Pachuca convocan a su proceso de admisión a la Maestría en Ingeniería opción terminal en Construcción en las instalaciones del el Instituto de Tecnológico de Pachuca

Entrevistas e inscripción al curso propedéutico: del 8 de agosto al 30 de septiembre de 2014.  
Informes: 229 55 00 ext. 7618  
y en la página [www.ingenieria.buap.mx](http://www.ingenieria.buap.mx)

### El Posgrado en Ciencias Químicas publica su convocatoria para Maestrías y Doctorados Otoño 2014 en Bioquímica y Biología Molecular, Físicoquímica, Química Orgánica y Química Inorgánica

Recepción de documentos:  
del 4 de agosto al 10 de noviembre 2014.  
Informes: [posgrado\\_ciencias\\_quimicas@hotmail.com](mailto:posgrado_ciencias_quimicas@hotmail.com) y al 2 229 55 00 ext. 7397, 7344 y 7345. Oficina del Posgrado, edificio 105, Ciudad Universitaria.

### El Instituto de Ciencias, la Facultad de Físico-Matemáticas, la Facultad de Medicina y la Facultad de Ciencias Químicas convocan a su Maestría de Educación en Ciencias con orientación en Biología, Física, Salud y Química

Recepción de documentos:  
del 15 de agosto al 15 de octubre 2014.  
Informes: 229 55 00 ext. 7061 y al correo [mec.buap@hotmail.com](mailto:mec.buap@hotmail.com)

### La Facultad de filosofía y Letras convoca al XXV Encuentro Interno de Estudiantes de Historia. La Historia frente a la realidad: el papel del historiador más allá del aula

Del 1 al 5 de septiembre de 2014  
Informes: [xxvencuentro2014@gmail.com](mailto:xxvencuentro2014@gmail.com)

### La Facultad de Computación invita al 3er Congreso Nacional de Tecnologías de la Educación

Del 24 al 26 de septiembre 2014.  
Informes: 229 55 00 ext. 7200 y al correo [conte@cs.buap.mx](mailto:conte@cs.buap.mx)

### El Programa de Estudios Universitarios invita al Homenaje a Nicanor Parra. Centenario de su Natalicio

Auditorio de la Facultad de Enfermería. 10 de septiembre 2014, 12 horas.

### La Dirección de Innovación y Transferencia del Conocimiento invitan al 1er Festival de la Innovación. Conferencias y talleres

9 y 10 de septiembre 2014 / Complejo Cultural Universitario.



### Baños de Ciencia

#### Talleres de Ciencia para Niños de 6-12 años

11:00  
Entrada Libre

20 de septiembre

#### Robots

Hiper cubo (FCE-BUAP)  
Museo de Arqueología de Córdoba

27 de septiembre

#### Vuélvete un reloj de Sol

María de la Luz Ramírez y Susana Sánchez (INAOE)  
Consejo Puebla de Lectura A. C.

6 de Septiembre

#### Juegos Matemáticos

Aneel Paredes (INAOE-AMC)  
Casa del Caballero Águila, Cholula, Puebla

6 de Septiembre

#### Electrónica Recreativa

Capítulo Estudiantil IEEE (INAOE-Compartir es educar)  
Xacxamayo, Puebla

20 de septiembre

#### Aprendamos a pensar como las computadoras

Rebecca Clark (Peace Corps-INAOE)  
Casa de la Magnolia  
Cd. Serdán, Puebla

13 de septiembre

#### Aves

Nicole Gilbert (Peace Corps/HAWC/INAOE)  
BIUAQ-Querétaro

#### Taller para profesores y mediadores

12 de septiembre

#### Ecoclubs y Aves

Nicole Gilbert (Peace Corps/HAWC/INAOE)  
BIUAQ-Querétaro  
17:00

19 de septiembre

#### Conferencia Pensamiento Computacional

Rebecca Clark (Peace Corps-INAOE)  
Casa de la Magnolia  
Cd. Serdán, Puebla  
17:00

19 de septiembre

#### Conferencia de Astronomía

Las ciencias del espacio desde Puebla  
José Guichard (INAOE)  
Casa del Caballero Águila, Cholula, Puebla  
18:00



CONSEJO DE  
CIENCIA y  
TECNOLOGÍA  
DEL ESTADO DE PUEBLA



#### Ciclo de CineCiencia

Miércoles – 5:00 pm

3 *Star Wars I* (George Lucas, 1999)  
10 *Star Wars II* (George Lucas, 2002)  
17 *Star Wars III* (George Lucas, 2005)  
24 *Rise of the Planet of the Apes* (Rupert Wyatt, 2011)

Cinematca Luis Buñuel / 5 oriente 5, Col. Centro. Puebla, Pue.  
Entrada Libre

#### Planetario de Puebla

Martes a viernes

12:30 hrs. y 16:00 hrs. – *Travesía por el Pacífico Sur*  
14:00 hrs. y 18:00 hrs. – *Un Universo Escondido*

Sábado y domingo

11:00 hrs., 12:30 hrs. y 16:00 hrs. – *Travesía por el Pacífico Sur*  
14:00 hrs. y 18:00 hrs. – *Un Universo Escondido*

Lo importante en ciencia  
no es tanto obtener nuevos hechos  
como descubrir nuevas formas  
de pensar sobre ellos.

William Lawrence Bragg  
(1890- 1971) Físico

Épsilon

Jaime Cid

### Jornadas de Divulgación de la Ciencia y el Espacio con Neri Vela

Septiembre 4 UNIDES Plantel Quecholac  
Septiembre 5 Planetario de Puebla "Germán Martínez H."

### Convocatoria Incorporación de Mujeres Indígenas al Posgrado Nacional

La fecha límite de recepción de solicitudes será hasta el 22 de septiembre de 2014.

### Tercer Encuentro de Jóvenes Investigadores Concytep-Conacyt 2014

Las fechas de inscripción de los proyectos serán del 11 de julio al 30 de septiembre de 2014 de 9:30 a 17 horas en las oficinas del Concytep.

### Convocatoria apoyo para el registro de la propiedad industrial

Recepción de solicitudes: del 18 de julio al 18 de septiembre de 2014 de lunes a viernes de 10 a 17:30 horas  
Publicación de resultados: 22 de septiembre de 2014

Mayor información: oficinas del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla / 13 Poniente 2904 Col. La Paz / 6.200.300 Ext 135



CONSEJO PUEBLA DE LECTURA A.C.

12 norte 1808  
Barrio del Alto. Puebla, Pue.

Tel. 4049313 · [www.consejopuebladelectura.org](http://www.consejopuebladelectura.org)

### Niños y niños como promotores de lectura

Taller dirigido a niños de 7 a 12 años  
Todos los viernes de 16 a 17 horas

#### Círculos de lectura

#### Cazadores de lecturas

Dirigido a niños de 7 a 12 años  
Todos los viernes de 17 a 18 h

#### Coleccionistas de libros

Dirigido a jóvenes de 16 a 21 años  
Todos los lunes de 16 a 17:30 h

#### República de las letras

Dirigido a adultos mayores de 30 años  
Todos los jueves de 16 a 18 h

#### Sesión de lectura en Bebeteca

Dirigida a toda la familia  
Todos los martes de 17 a 18 horas

#### Diplomado en línea

#### Libros informativos: El mundo en sus manos

Dirigido a docentes, padres de familia, promotores de lectura y personas interesadas en los libros, los lectores y la lectura.  
Fecha de inicio: 15 de septiembre.  
Duración: 12 semanas.

#### La ficción en la LII: Estrategias para abordar diversos soportes de lectura destinados a niños y jóvenes

Dirigido a docentes, padres de familia, promotores de lectura y personas interesadas en los libros, los lectores y la lectura.  
Fecha de inicio: 1 de septiembre.  
Duración: 12 semanas.

#### Baños de ciencia y lectura en Xacxamayo

#### Bebeteca: Lectura en familia y Taller de lectura

20 de septiembre

#### Taller de lectura en el Barrio de San Antonio

#### La banda sí lee

Dirigido a niños y adultos  
Todos los miércoles de 16:30 a 17:30

#### Servicio de biblioteca permanente

De lunes a viernes de 12 a 18 h y sábados de 11 a 14 horas.