

CONVERSUS

ISSN - 16652665

• Donde la ciencia se convierte en cultura •

Escáner
Cristales
para todo


ConCiencia
Diamantes
en el
Universo

CultivArte
La forma
bella de los
cristales



Cristalografía





El Universo según el cristal con que se mira

Cristales en el Universo, la Tierra y la vida



Noche de las ESTRELLAS

29 de noviembre 2014

Observación con telescopios • charlas
talleres • actividades artísticas

Entrada libre

Países invitados: China • Colombia

 /nochedelasestrellasmx •  @NocheEstrellas • nochedelasestrellas.org.mx

2014
Año Internacional
de la Cristalografía



Sede en el IPN
Planetario Luis Enrique Erro
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos". Av. Wilfrido Massieu s/n,
Zacatenco. Del. Gustavo A. Madero. México D.F., C.P. 07738.



Directorio
Instituto Politécnico Nacional

Yoloxóchitl Bustamante Díez
Directora General

Fernando Arellano Calderón
Secretario General

Daffny J. Rosado Moreno
Secretario Académico

Norma Patricia Muñoz Sevilla
Secretaria de Investigación y Posgrado

Oscar Jorge Súchil Villegas

Secretario de Extensión e Integración Social

María Eugenia Ugalde Martínez

Secretaria de Servicios Educativos

José Jurado Barragán

Secretario de Gestión Estratégica

Dely Karolina Urbano Sánchez

Secretaria de Administración

Cuauhtémoc Acosta Díaz

Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación
y Fomento de Actividades Académicas

Salvador Silva Ruvalcaba

Secretario Ejecutivo del

Patronato de Obras e Instalaciones

Adriana Campos López

Abogada General

Jesús Ávila Galinzoga

Presidente del Decanato

Jorge Edgar Puga Álvarez

Coordinador de Comunicación Social

Juan Rivas Mora

Director del Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología

Conversus

Editora

Rocío Ledesma Saucedo

Periodistas

Ricardo Urbano Lemus, Carlos Ortega Ibarra

Maricela Cruz Martínez, Fabian Quintana Sánchez

Diseño y Diagramación

Gloria P. Serrano Flores, Tzi tziqui B. Lemus Flores

Jovan Campos Hernández, Nayelhi J. Ramírez Labastida

Cuidado de la Edición

Alicia Lepre Larrosa

Redes Sociales

Adán Ramírez Altamirano y Diana May Trejo

Colaboraciones Especiales

María Elena Montero Cabrera, Luis E. Fuentes Co-

bas, Mario De Leo Winkler, Guillermo Tovar Márquez,

Mario Moreno, Wilder Chicana, Wendolyn Gue-

rra, Isaura Fuentes Carrera, Carlos Gutiérrez.

Comité Editorial

Hernani Yee-Madeira (IPN), Juan Tonda Mazón (DGDC-UNAM)

María de los Angeles Valdés Ramírez (IPN)

Elaine Reynoso Hayness (REDPOP), José Franco (AMC)

Impresión: Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de

C.V. (IEPSA), San Lorenzo Tezonco Núm. 244 Col. Paraje San

Juan, Delegación Iztapalapa, C.P. 09830, México D. F.

Tiraje: 20 mil ejemplares

Conversus

Es una publicación bimestral (septiembre - octubre 2014) del Instituto Politécnico Nacional, editada por el Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología (CeDiCyT) de la Secretaría de Servicios Educativos. Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de su autor, por lo que no reflejan necesariamente el punto de vista del IPN. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite explícitamente la fuente. Domicilio de la publicación: Av. Zempoaltecas esq. Manuel Salazar, Col. Ex Hacienda El Rosario, Deleg. Azcapotzalco, C.P. 02420. Teléfono: (55) 57 29 60 00 ext. 64827. Correo electrónico: conversus@ipn.mx, Facebook: Conversus Divulgación Científica, Twitter: @conversusdelipn. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2001-100510055600-102. Número de Certificado de Licitud de Título 11836. Número de Certificado de Licitud de Contenido 8437, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Número ISSN 1665-2665.



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

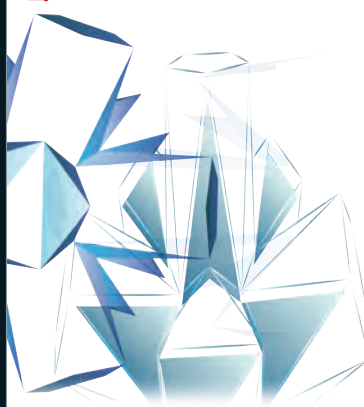


Realización: Nayelhi J. Ramírez Labastida

Epicentro

P3

Cristales **preciosos**



Escáner

P4

Cristales **para todo**



ConCiencia

P6

Diamantes en el **Universo**

P8

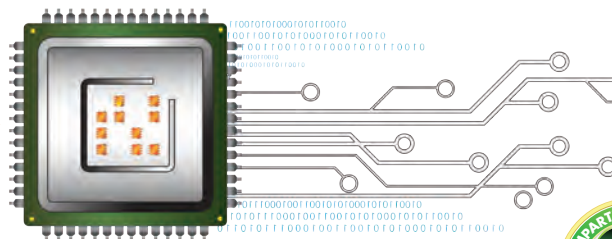
Quasicristales y **razón aurea**

P10

El silicio cristalino en la electrónica y en la **generación de energía renovable**

P14

Cristalografía **cósmica**



Kernel

P16

Aplicaciones de la **Cristalografía**



Trotamundos

P18

Ingenierías



Mousikē Téchnē

P20

Instrumentos **ingeniosos**



Bon Appétit

P22

Un cristal con **mucho sazón**:
NaCl



Gadgets

P24

+ de **tecnología**



CultivArte

P26

La forma bella **de los cristales**



Zona Estelar

P28

El cielo de **noviembre y diciembre**



Manos a la ciencia

P30

Dr. Trabucle

P32

Ciencia en **cuadritos**



Recuerda que
Conversus incluye
Realidad Aumentada y
ahora lo puedes checar
con tu **Smartphone**.
En este número los
marcadores los
encontrarás en las
páginas: 3, 20, 23, 25 y 30.
Instrucciones en
www.cedicyt.ipn.mx
sección *Conversus*



Conversus
Divulgación
Científica



@conversusdelipn



ConversusTV

¿Te gustaría escribir en
Conversus? Consulta los
lineamientos en:
www.cedicyt.ipn.mx
sección *Conversus*.

Cristales preciosos

¿Qué podría ser tan fascinante para la vista, pero también para el paladar y además, ser objeto de interés para químicos, físicos, geólogos, biólogos y matemáticos?

La belleza de las formas simétricas de una gema, o el delicioso sabor de un chocolate que se deshace en la boca, tienen algo en común, su estructura está formada por cristales.

De manera general y de acuerdo con la Unión Internacional de la Cristalografía (IUCr, por sus siglas en inglés), un cristal es material sólido cuyos átomos presentan una estructura o arreglo regular y simétrico, por eso se dice que los cristales son el orden y la simetría de la naturaleza.

Los ves, los tienes, los usas y, con toda seguridad, los comes todos los días, en el jabón para bañarte; en algunos cosméticos; en la sal y el azúcar, y también en los chocolates; en medicamentos; en las pantallas de televisión de cristal líquido y en los chips de las computadoras, entre otras muchas cosas. Lo que queremos destacar es que precisamente porque los cristales están en todo, es que la Cristalografía, disciplina que se dedica al estudio de los cristales, tiene una enorme importancia en la actualidad.

Es por ello que nuestra recomendación en este número es el sitio web de la IUCr, <http://www.iucr.org/iucr>, la cual tiene por objetivo promover la cooperación internacional en materia de Cristalografía. Una de sus principales estrategias es la publicación de investigaciones que faciliten la estandarización internacional de métodos, unidades, nomenclaturas y símbolos, por lo que en este sitio encontrarás, entre otros contenidos, revistas, libros y artículos.

Después de leer este número de *Conversus* y saber más sobre esta fascinante disciplina, te darás cuenta de que no solo los diamantes o la Cueva de los Cristales Gigantes de Naica, en Chihuahua, son cristales preciosos... El fosfato de calcio que hay en tus huesos y en el esmalte de tus dientes, también lo es.

Rosío Ledesma



No dejes de ver este video que te dará un breve recorrido por el mundo de la Cristalografía.



Cristales

para todo

2014, Año Internacional de la Cristalografía

El hombre se desarrolló al interactuar con los cristales. Nuestros antecesores primero descubrieron posibles instrumentos de trabajo y después empezaron a modificarlos. La prehistoria comienza en el Paleolítico. En esa época los instrumentos eran piedras, que son agregados cristalinos de silicio. Al dominar el fuego, el hombre inventó las cerámicas a partir de las arcillas, que son otros agregados cristalinos. Después, aprendió a extraer y hacer instrumentos de otros materiales cristalinos como: el cobre, bronce, hierro; es decir, inventó la metalurgia y la siderurgia. Esta última constituyó la etapa decisiva para el posterior desarrollo de la sociedad, porque contribuyó en los demás aspectos del progreso, como la agricultura, el transporte, la construcción, entre otros. Lo mismo se puede decir del perfeccionamiento de la cerámica, el concreto y otros materiales cristalinos. En la era moderna, los cristales se usan para todo.

¿Qué son los cristales?

Para la física, la química y la ciencia un cristal es un arreglo o estructura periódica de átomos, iones o moléculas, por lo general, en las tres dimensiones espaciales. Cuando los cristales se pueden identificar por separado a simple vista o con una lupa se les llama *monocristales*. Los materiales cristalinos más abundantes en nuestro entorno son *policristales*, es decir, uniones de cristalitas muy pequeños ordenados en todas direcciones.



Figura 1. Izquierda: monocristales de yeso, que es el sulfato de calcio hidratado, en la Cueva de los Cristales Gigantes de Naica, Chihuahua. Derecha: estructura de acero (policristalina) de un puente del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, el Chepe.

2014, Año Internacional de la Cristalografía

Los hallazgos excepcionales sobre la estructura periódica de los átomos en los cristales se realizaron a partir de la *Difracción de rayos X*, que se descubrió simultáneamente con la estructura electromagnética de los rayos X por Max von Laue (1879-1960). En 1914 Laue recibió el Premio Nobel de Física por su descubrimiento. Conmemorando el centenario de este acontecimiento la UNESCO y la ONU declararon al 2014 *Año Internacional de la Cristalografía*.



*Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Chihuahua, México.

La maravilla de los cristales

Muchos materiales de nuestro cuerpo y del entorno son cristalinos. Sus apariencias son sumamente variadas e insospechadas. La primera referencia es el cuerpo humano: los huesos y los dientes contienen el calcio y el fósforo en el compuesto cristalino hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Su estructura cristalina tiene la apariencia de la figura 2.

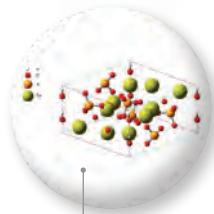


Figura 2. Estructura cristalina de la hidroxiapatita de los dientes. Otros materiales comunes cristalinos, con sus estructuras, son el hierro tipo "ferrita" que es el acero al carbono más utilizado.

Cabe destacar que las estructuras cristalinas han permitido describir y después reproducir con calidad en la industria farmacéutica muchos medicamentos. En la era moderna se exige el conocimiento de la estructura cristalina de los fármacos para que sean aprobados por las autoridades de Salud Pública. Una pionera en este campo fue la cristalógrafa inglesa Dorothy C. Hodgkin, quien ganó el premio Nobel de Química en 1964 por sus aportes en la Cristalografía de importantes fármacos modernos (figura 4).



Figura 4. Estructura de la bromo-fenoximetilpenicilina, determinada y presentada por Dorothy C. Hodgkin.



Megacristales

Los cristales más espectaculares, los mayores del mundo, están en la mina de Naica, en el estado de Chihuahua (figura 5). Visitar la Cueva de los Cristales Gigantes es un privilegio y una aventura inolvidable (ver *Conversus* 101). Está a 300 metros de profundidad, la temperatura es de 50°C aproximadamente, y la humedad ambiental de 90 por ciento. Los cristales de Naica son blancos, miden más de 10 metros de largo y hasta 2 metros de espesor. El peso de cualquiera de estos es superior a las 10 toneladas. Un cristal de Naica está formado por hileras de 1,000,000,000,000,000,000,000,000,000 átomos perfectamente alineados. Este grado de orden, único en el mundo, es orgullosamente mexicano. **U**



Figura 5. Izquierda: panorámica de la Cueva de los Cristales Gigantes de Naica, donde se aprecia sus dimensiones al compararla con una persona. Derecha: estructura cristalina del yeso o selenita, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, se observa los planos donde abundan los pequeños átomos de hidrógeno.

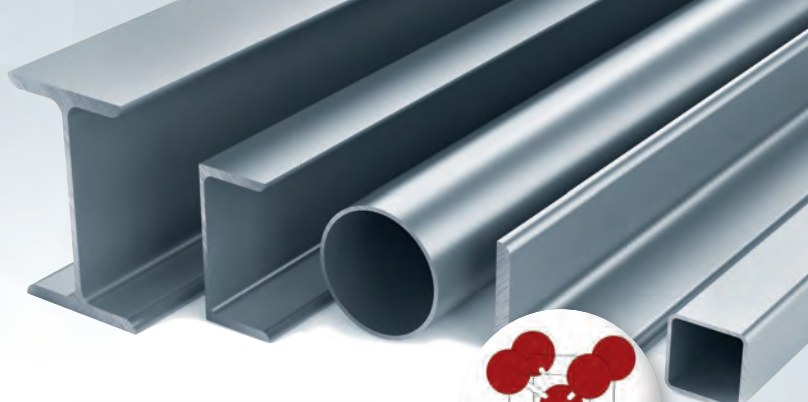
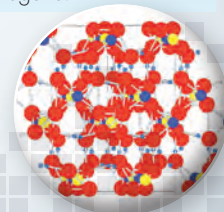
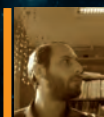


Figura 3. Estructura cúbica centrada de la ferrita, componente principal del acero al carbono.



Como ejemplo de la influencia de los cristales en la vida moderna, podemos destacar el desarrollo de las computadoras a partir de los estudios de Cristalografía. Al principio del siglo, se descubrieron en avalancha los rayos X, la radiactividad, la estructura atómica, la difracción de rayos X; se formuló la *mecánica cuántica*, la física nuclear. Sobre los hombros de este andamiaje de conocimientos, se estudiaron y formularon nuevas propiedades de los materiales cristalinos. Se descubrió el comportamiento *semiconductor* de materiales como el silicio y el germanio puros. Sobre la base de la Cristalografía y la mecánica cuántica, se propuso un comportamiento de la conducción en los semiconductores parecida a la de los electrones en el vacío. Crecer *monocristales* de germanio permitió la sustitución de los llamados "diodos y tríodos al vacío" por los transistores. La introducción del transistor y los semiconductores invadieron la electrónica moderna primero, a través de los aparatos de radio y, después, pasaron a las máquinas computadoras, con mayor desarrollo de los circuitos llamados integrados, a base de silicio y de otros semiconductores de compuestos químicos con características semejantes. La aparición de diodos luminiscentes siguió introduciendo posibilidades dando lugar al fax, la fotocopiadora y los escáneres. La miniaturización de los circuitos semiconductores en láminas delgadas *monocristalinas* llevó a los microprocesadores, a la computadora personal, las portátiles y los teléfonos celulares. Todas las grandes compañías de microprocesadores fabrican circuitos nanométricos.



Diamantes en el Universo

Codiciado en la Tierra por su rareza, anhelado para adornar a quien lo porte, fuente de recursos de insurrecciones en regiones donde se extrae, producto industrial deseado por su extrema dureza, el diamante tiene tantas facetas como cortes las gemas que provienen de él.

El carbono es el elemento químico que en presencia de altas temperaturas y gran presión convierte su estructura atómica en una red cristalina conocida como diamante. Es, también, el elemento más abundante encargado de formar polvo en el espacio entre las estrellas, el llamado *medio interestelar*. Contrario a su escasez en la Tierra, lo encontramos con relativa facilidad en el Universo, sin embargo, se localiza en regiones de muy difícil acceso.

El 2014 fue denominado como El Año Internacional de la *Cristalografía* por la UNESCO, y queremos que luzca la existencia de cristales en el Universo. La Cristalografía es también la temática principal que tendrá la *Noche de las Estrellas* este año, gran fiesta de astronomía y ciencias que se celebrará en más de 50 plazas en todo el país, el próximo 29 de noviembre.

La Tierra

En nuestro planeta los diamantes se crean en las profundidades de la corteza, a más de 150 km bajo la superficie, donde se cumplen dos condiciones: presiones de 4.5 a 6 GigaPascals (hasta 60 mil veces la presión que ejerce sobre nuestro cuerpo la atmósfera a la altura del mar) y temperaturas entre 900 y 1.300°C. Las regiones de la Tierra donde se cumplen estas condiciones son litosfera, que es la capa rocosa superior de la superficie, y en los cráteres generados por el impacto de los meteoritos. Las erupciones volcánicas mueven el material que contiene a los diamantes a menores profundidades, donde el ser humano posteriormente lo puede extraer.

Asteroides y polvo cósmico

La existencia de diamantes en el espacio exterior la predijeron Saslaw y Gaustad en un artículo científico de 1969. Fue hasta 1987 que estudios realizados por Lewis y colaboradores encontraron un gran número de nano o microdiamantes, en otras palabras, gemas de unos cuantos nanómetros o micrómetros de diámetro, en asteroides que habían impactado la Tierra (meteoritos). Estos diamantes pueden tener tamaños 25 mil veces más pequeños que un grano de arena. Estudios encontraron que hasta el 3% del contenido de carbono presente en los meteoritos tenía la estructura cristalina de diamante. Los científicos estimaron esa misma cantidad en el polvo interestelar y estimaron existen cerca de 10 mil billones (un diez seguido por trece ceros) de nano-diamantes por cada gramo de polvo cósmico. De forma completamente contraria a los diamantes terrestres, los nanodiamantes espaciales se crean en gigantescas nubes moleculares, regiones compuestas de gas y polvo, donde la presión es millones de veces menor que en la Tierra y las temperaturas se acercan a -240°C. El proceso de formación en dichas condiciones todavía es ampliamente debatido entre los científicos; no obstante, sabemos que la forma de estos diamantes es cúbica.

Para detectar los nanodiamantes alrededor de otras estrellas, Bauschlicher y colaboradores recomendaron obser-

Diez mil billones de nano-diamantes por gramo de polvo y gas del espacio exterior. Un sueño billonario hecho realidad.

*Instituto de Astronomía de la UNAM.

varlas con detectores de luz infrarroja, gracias a resultados de experimentos realizados en la Tierra. La luz ultravioleta que proviene de jóvenes estrellas calientes sobre los nanodiamantes es re-emitida en infrarrojo, facilitando su detección en dicho rango de longitudes de onda. Los asteroides, al igual que todos los cuerpos rocosos alrededor de las estrellas, se forman a lo largo de millones de años debido a la aglomeración de diminutas partículas (polvo interestelar). Poco a poco, ya sea por el efecto atractivo de la gravedad o por colisión, se unen partículas que formarán grupos cada vez más grandes. Estos se irán uniendo, formando con el tiempo planetas, satélites naturales o asteroides. Los microdiamantes interestelares quedan atrapados en estas formaciones y por ello los encontramos en esteroides que han impactado la superficie de la Tierra.

Estrellas

Las estrellas no podían quedarse afuera de este selecto grupo que contiene diamantes en su interior. Aquellas con ocho veces o menos la masa del Sol terminan su vida como enanas blancas: compactos núcleos estelares con temperaturas de 4.000 a 150.000°C, densidades 1 millón de veces mayores que el Sol, y compuestos principalmente por carbono y oxígeno, en otras palabras, lugares idóneos para generar diamantes.

En 2004 se descubrió que la enana blanca BPM 37093 está cristalizada, esto es, su estructura molecular es de cristal. Debido a que la estrella está compuesta principalmente de carbono, y gracias a las presiones y temperaturas presentes, se ha creado un núcleo de 4.000 km de diámetro de diamante, rodeado de una tenue atmósfera de hidrógeno y helio. El descubrimiento fue posible gracias al estudio de las vibraciones de la estrella; la forma en la que vibra el núcleo permitió determinar que su composición es 90% cristalina.

BPM 37093 se encuentra a 53 años luz de distancia en dirección a la constelación Centauro y se le conoce coloquialmente como "Lucy", haciendo referencia a la famosa canción de Los Beatles *Lucy in the Sky with Diamonds*. Se cree existen muchas otras enanas blancas que pueden poseer la misma estructura.

Planetas extrasolares

55 Cancri e, el quinto planeta alrededor de la estrella 55 Cancri, tiene aproximadamente el doble del diámetro de la Tierra y da vuelta alrededor de su estrella cada 18 horas. La presión que genera sobre sí mismo y la temperatura que le incide de la estrella, en conjunto con su composición química, han llevado a determinar que al menos un tercio de la masa planetaria es diamante puro.

En otro sistema estelar de nuestra galaxia, elegantemente llamado PSR J1719-1438 existen un pulsar y una enana blanca. El pulsar, que es un remanente estelar extraordinariamente compacto y que emite radiación de forma periódica, se formó después de la explosión de su estrella progenitora en una supernova. Alrededor de él giraba una estrella de tipo gigante roja, también en sus últimas etapas de vida. La gigante evolucionó en una enana blanca, de muy baja densidad para su género, que ahora orbita alrededor del pulsar y es conocida como el planeta extrasolar PSR J1719-1438 b. Debido a las características del planeta, y a que los vientos del pulsar han dejado desnudo su núcleo, se cree que estamos viendo directamente un cuerpo compuesto de puro diamante.

El sistema se encuentra a 3.900 años luz de distancia en dirección a la constelación Serpens.

El Sistema Solar

No es necesario viajar miles de años luz para encontrar diamantes en otros cuerpos del Cosmos. Observaciones de las tormentas de Júpiter y Saturno, junto con experimentos realizados en laboratorios, observaciones de sondas que orbitan alrededor de dichos planetas y modelos computacionales, se ha mostrado el comportamiento del carbono en la atmósfera saturnina, apuntando a que existen grandes regiones donde se pueden producir los diamantes.

El metano que existe en la atmósfera de los planetas gaseosos gigantes (Saturno, Júpiter, Urano y Neptuno) se puede convertir en diamante que llueve hacia los interiores. Los rayos vistos en las tormentas atmosféricas de Júpiter y Saturno podrían romper el metano en moléculas de carbono, las cuales descienden de la atmósfera superior a regiones más profundas, encontrándose con mayores presiones y convirtiéndose en grafito. El grafito es más denso y continúa así su descenso atmosférico, donde la temperatura y la presión siguen aumentando, convirtiéndolo en diamante. Se estima que cada año mil

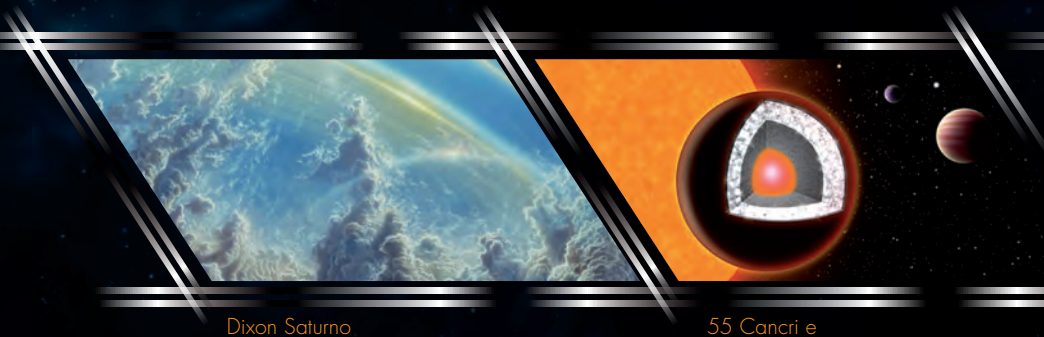
toneladas de carbono se convierten en diamante en Saturno.

En planetas donde las temperaturas cercanas al núcleo no son altas, pero la presión es inmensa, se cree que las condiciones permiten que las gemas habiten en estado líquido, creando océanos de diamante. El caso podría darse particularmente en Urano y Neptuno, donde las temperaturas no parecen incrementar a más de 7.700°C en los núcleos.

El ojo comercial está puesto en el vecindario cósmico, cuando se empiecen a terminar las reservas en la Tierra se volverá económicamente viable la extracción del diamante en asteroides, planetas y atmósferas cercanas. La ciencia ficción de hoy se convertirá en el comercio del mañana.

Conclusión

Las condiciones requeridas para formar diamantes existen en muchas regiones del Universo, por eso, no debe sorprendernos encontrarlos en múltiples presentaciones en todo tipo de cuerpo sideral. El avance en las teorías astrofísicas y experimentos realizados en la Tierra, nos han permitido entender la formación de estructuras cristalinas en las regiones más lejanas del Universo. **U**



Referencias

- Bailes, M., et al., 2011, *Transformation of a Star into a Planet in a Millisecond Pulsar*, Binary, Science, 333.
- Bauschlicher, C.W., et al., 2007, *Electronic and Vibrational Spectroscopy of Diamondoids and the Interstellar Infrared Bands between 3.35 and 3.55 μm* , ApJ, 671.
- Delitsky, M.L. & Baines, K.H., 2013, BAAS, 49.
- Garai, J., et al., 2008, *Infrared Absorption Investigations Confirm the Extraterrestrial Origin of Carbonado-Diamonds*, Astrophysics Journal, 653.
- Madhusudhan, N., et al., 2012, *A Possible Carbon-Rich Interior in Super-Earth 55 Cancri e*, ApJ, 759.
- Silvera, I., 2010, *Diamond: Molten Under Pressure*, Nature Physics, 6.
- NASA/JPL-Caltech: <http://geology.com/nasa/diamonds-in-space.shtml>



Cuasicristales y razón aurea

Superman y geometría

Cuando era niño me encantaba ver las películas de *Superman*, y una de las escenas que repetía era cuando llegaba a la fortaleza de la soledad, donde frente a sí tenía una consola de "cristales" con la que podía hacer toda clase de tareas, como hablar con su padre fallecido. Así que, los cristales debían de ser una gran cosa, creía yo. Y resulta que sí lo son, pero no por las razones que yo pensaba. Un cristal es una de las formas en que la naturaleza nos muestra que su trabajo es eficiente y elegante. El cristal es una estructura en la que una molécula se repite muchas veces y siempre se une a las demás del mismo modo; es decir, adopta una o varias formas geométricas bastante estables. Ahora bien, imaginemos un panel de abejas, para mí es difícil pensar que las abejas puedan construir una red casi perfecta de hexágonos sin cometer errores; pero resulta que si la instrucción para construir algo, como un panal, es siempre la misma, la posibilidad de error es muy baja. Según este principio, un cristal crece de manera que la instrucción de unión de sus moléculas es siempre la misma, por lo cual son estructuras perfectas.

Abejas y problemas matemáticos

Una excelente amiga matemática, me explicaba que, en esencia, hay matemáticas puras, cuyo campo de acción está solo dentro de la misma ciencia; aplicadas, que solucionan problemas prácticos; y recreativas, área del conocimiento humano en la cual los matemáticos crean sus propios problemas para resolver. Uno de estos problemas fue planteado hace mucho tiempo: cuál es el mínimo número de piezas distintas que se pueden usar para cubrir por completo una superficie plana e infinita sin encimarse; pero además, si se consigue esto ¿el número de formas distintas en las que pueden ensamblarse las piezas sería infinito! Este curioso problema rondó la mente de los matemáticos durante años, algunos encontraron una solución con 106 piezas distintas, luego otra con solo seis. Faltaba la llegada de un físico y matemático que se ha abocado a solucionar problemas relacionados con la relatividad y la cosmología: Roger Penrose. Es bastante común que grandes mentes dediquen algo de su tiempo a las matemáticas recreativas, en ocasiones con resultados asombrosos, como veremos más adelante. En un pequeño artículo, Penrose comienza a describir distintas combinaciones de piezas que se construyen tomando en cuenta un pentágono y podrían cubrir el plano. Ahora, aquí está lo curioso: el plano infinito en las matemáticas puede llenarse fácilmente usando triángulos equiláteros, cuadrados o hexágonos, como los panales de las abejas, pero si intentamos cubrirlo con pentágonos, nos damos cuenta que es imposible hacerlo sin encimarlos o dejar huecos. Entonces: ¿cómo un pentágono puede producir piezas que sean capaces de unirse para dar un número infinito de combinaciones posibles? Penrose encontró la respuesta al "cortar" el pentágono en varias piezas, y propuso dos soluciones con sendos pares de fragmentos, rombos gordos y flacos, papalotes y flechas. Al usar cualquier combinación de piezas se logra una infinita cantidad de combinaciones posibles, sin dejar huecos ni repetir diseños. ¿Parece demasiado artificial, rebuscado o antinatural? Quizá, pero estos patrones escondían algunos secretos sumamente interesantes.

DaVinci y los pentágonos

Algunos matemáticos griegos de la antigüedad, al estudiar las relaciones entre distintos números enteros y la naturaleza, encontraron que había ciertos números que no podían ser obtenidos con divisiones de cantidades enteras, a estos curiosos números les llamamos *irracionales*. Parecen comportarse de forma irracional dado que no hay un orden o secuencia en las cifras decimales que los componen después del punto. Ejemplos de estos números son *pi* (π , la proporción entre el diámetro y la circunferencia), o incluso el número *e* (con implicaciones fuertes en finanzas, cálculo y multitud de fenómenos naturales). Pero también se encontró otro número irracional al que llamamos *phi* (ϕ) o razón áurea, que vale aproximadamente 1.618033..., este número se descubrió como la proporción armónica en muchos fenómenos naturales. Funciona de la siguiente manera: si tomamos un pedazo de línea y la seccionamos en dos, de tal forma que el segmento grande y el pequeño sean proporcionales al grande y toda la línea, veremos que esa proporción siempre vale *phi*, no importa cuánto mida nuestra línea original. Sin embargo, si medimos la diagonal interna de un pentágono regular y uno de sus lados y dividimos ambas cantidades... Adivina ¿cuál es el resultado? Al parecer, si un objeto, un rostro o incluso una forma natural cumple esta proporción, resulta ser más armónico a la vista e incluso a nivel estructural puede ser muy estable.

Algunos artistas del renacimiento aplicaron este conocimiento geométrico a sus pinturas y esculturas produciendo algunas de las obras de arte más icónicas de la historia. Da Vinci al pintar *La Gioconda*, también conocida como *La Mona Lisa*, y otras de sus obras, usó estas proporciones para el trazo general del paisaje y del rostro, lo que quizá contribuya a dotar de esa enigmática belleza a la pintura más visitada del mundo.

Un dato curioso: si contamos los dos tipos distintos de piezas en un mosaico de Penrose infinito y dividimos ambas cantidades, sorprendentemente obtendremos exactamente el número *phi*. Así pues, que los sencillos e inofensivos pentágonos ayudaron a Penrose a solucionar el problema y, además, en su geometría está el secreto para hacer cosas bonitas. Pero ¿qué tiene que ver todo esto con los cristales?

Un premio Nobel por romper las reglas

Durante muchos años, nuestro planteamiento anterior, acerca de la forma en la que puede llenarse el plano con ciertas figuras geométricas, con simetrías de orden 2, 3, 4 y 6, fue la regla en la Cristalografía, pensar en un grupo de simetría de orden 5 o basado en pentágonos parecía imposible en cristales. Sin embargo, en la década de los 80, el científico Dan Shechtman descubrió que ciertas aleaciones de aluminio con otros elementos producían un patrón de ordenamiento que no se repetía periódicamente y tenía una sospechosa forma pentagonal. Esto suponía una violación a las reglas de los cristales, dado que hasta antes de ese descubrimiento no se pensaba que una forma ordenada podría tener ese tipo de simetría y, mucho menos, producir formas infinitamente distintas. Y como no eran cristales en sentido estricto, pero guardaban un orden intrincado en su estructura molecular fueron llamados *cuasicristales*. Estos materiales han servido para avanzar en la fabricación de antiadherentes y aislantes, y a la investigación de Shechtman le otorgó el premio Nobel de Química de 2011.

Matemáticas donde menos lo esperamos

Así es que, un extraño planteamiento matemático surgido desde hace cientos de años, revivido en el Renacimiento, y usado para resolver un problema sin aplicación aparente, y que además se encontró en un fenómeno que parece romper las reglas de la Cristalografía tienen un número en común: la razón áurea. En este sentido, hace poco tiempo se estudió un mineral hallado en Rusia, cuyas estructuras son cuasi cristalinas, lo que sugiere que hay que investigar más a fondo la manera en la que la naturaleza organiza sus propios patrones de forma eficiente y elegante. En la ciencia nunca está dicha la última palabra y así como lo demuestra el descubrimiento de los *cuasicristales*, siempre hay espacio para nuevos descubrimientos que nos retan a cambiar la forma en la que vemos al mundo. ▮



El silicio cristalino en la electrónica y en la generación de energía renovable

Estructura cristalina del silicio

El silicio (Si) es un elemento químico de la tabla periódica perteneciente a la familia IV, su número atómico es 14 y su valencia es 4, es decir, que cada átomo de silicio contiene 4 electrones en sus niveles de energía más externos ($3s^2 3p^2$) que sirven para enlazarse con otros átomos por medio de enlaces covalentes.

*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE),
Coordinación de electrónica, Tonantzintla, Puebla, México.

Este elemento es el segundo más abundante en la corteza terrestre (26%), después del oxígeno (50%), y se puede encontrar en forma amorfa (los átomos se hallan prácticamente sin un orden), policristalina (los átomos están ordenados en cristales de dimensiones de unos cuantos milímetros) y cristalina (los átomos se encuentran ordenados en cristales de dimensiones de varios centímetros). Esta última estructura de silicio es producida industrialmente por procesos un tanto complejos.

El silicio cristalino (c-Si) lleva este nombre porque los átomos de silicio están ordenados de manera prácticamente perfecta, como en un cristal. La estructura (o celda) básica de silicio es la celda cúbica diamante, constituida por una celda cúbica centrada en la cara, FCC (cubo imaginario con un átomo en cada esquina y en cada cara) con la adición de 4 átomos extras. Si la longitud de cada arista del cubo es a , entonces los 4 átomos adicionales están dispuestos en $(a/4, a/4, a/4)$, $(3a/4, 3a/4, a/4)$, $(3a/4, a/4, 3a/4)$, $(a/4, 3a/4, 3a/4)$, como se muestra en la figura 1. En silicio cristalino el parámetro a (llamado constante de red) tiene una longitud de 0.357 nm. Es importante notar que, al repetir la celda diamante en los ejes x , y , z , se reproduce completamente la estructura cristalina del silicio, con una densidad de 5.02×10^{23} átomos en un centímetro cúbico.

Debido al orden que mantienen los átomos dentro de la red de un cristal de silicio (replicando la celda cúbica diamante), se encuentra un gran número de planos cristalográficos formados por los átomos del cristal dispuestos en ciertos ángulos. Tales

planos de red y sus direcciones (las cuales son perpendiculares a los planos) están descritos por los índices de Miller, los cuales son una notación abreviada compuesta de tres números, que en el caso de familias de planos (planos equivalentes) se denotan como $\{abc\}$, mientras que en el caso de familias de direcciones se denotan como $\langle abc \rangle$, en donde a , b y c son números enteros. En sustratos de silicio los planos más comunes son $\{111\}$, $\{110\}$ y $\{100\}$. La figura 2 muestra una imagen transversal de un sustrato de silicio cristalino visto con un microscopio electrónico de transmisión (con una amplificación de 500 mil veces), en donde se puede observar la red cristalina.

El silicio cristalino es un semiconductor

El silicio cristalino es un semiconductor, es decir, su conductividad eléctrica es más alta que la de un aislante, pero menor que la de un conductor (como los metales), por lo que a diferencia de los conductores, en los cuales los electrones se mueven libremente en una nube de electrones, este material tiene una banda prohibida entre dos niveles de energía conocidos como banda de valencia y banda de conducción. La banda prohibida es de 1.12 eV, es la energía mínima necesaria para que un electrón brinque de la banda de valencia a la banda de conducción. De igual manera el silicio cristalino puede doparse (contaminarse de una manera controlada) con átomos de otros elementos como fósforo o boro (aunque pueden ser usados otros elementos como arsénico o indio), con el objetivo de modificar su conductividad, con la adición de electrones en el caso de átomos de fósforo

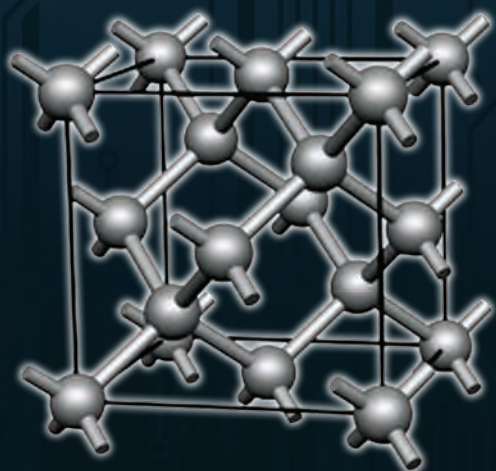


Figura 1. Celda cúbica diamante.

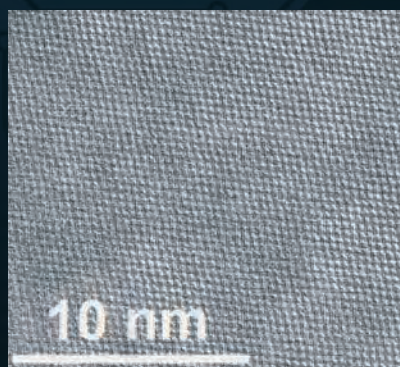


Figura 2. Imagen transversal de silicio cristalino (c-Si) amplificada 500 mil veces.

(valencia 5) y formar un semiconductor tipo *n*; o con la adición de huecos (un hueco es la ausencia de un electrón que para fines prácticos se toma como una partícula), en el caso de átomos de boro (valencia 3) y formar un semiconductor tipo *p*.

El silicio cristalino en la electrónica

El silicio cristalino es el material más usado a nivel mundial para la fabricación de circuitos integrados o *microchips*, como lo son los microprocesadores de computadora, los cuales pueden contener hasta 5,000 millones de transistores MOSFET (de longitudes nanométricas) en un área de $1.9 \times 1.9 \text{ cm}^2$. Los orígenes de la electrónica de estado sólido se remontan a 1947 con la invención del transistor bipolar en 1947, fabricado con sustratos de germanio cristalino; sin embargo este fue rápidamente reemplazado por silicio debido a varias razones como: su reducida banda prohibida (0.66 eV) lo que limita la operación de dispositivos de germanio a temperaturas por debajo de los 100°C , se funde a relativamente bajas temperaturas (937°C), mientras que el óxido de germanio (GeO_2) es inestable a temperaturas de 800°C , además de ser soluble en agua, lo que limita su aplicación en los procesos de fabricación de circuitos integrados.

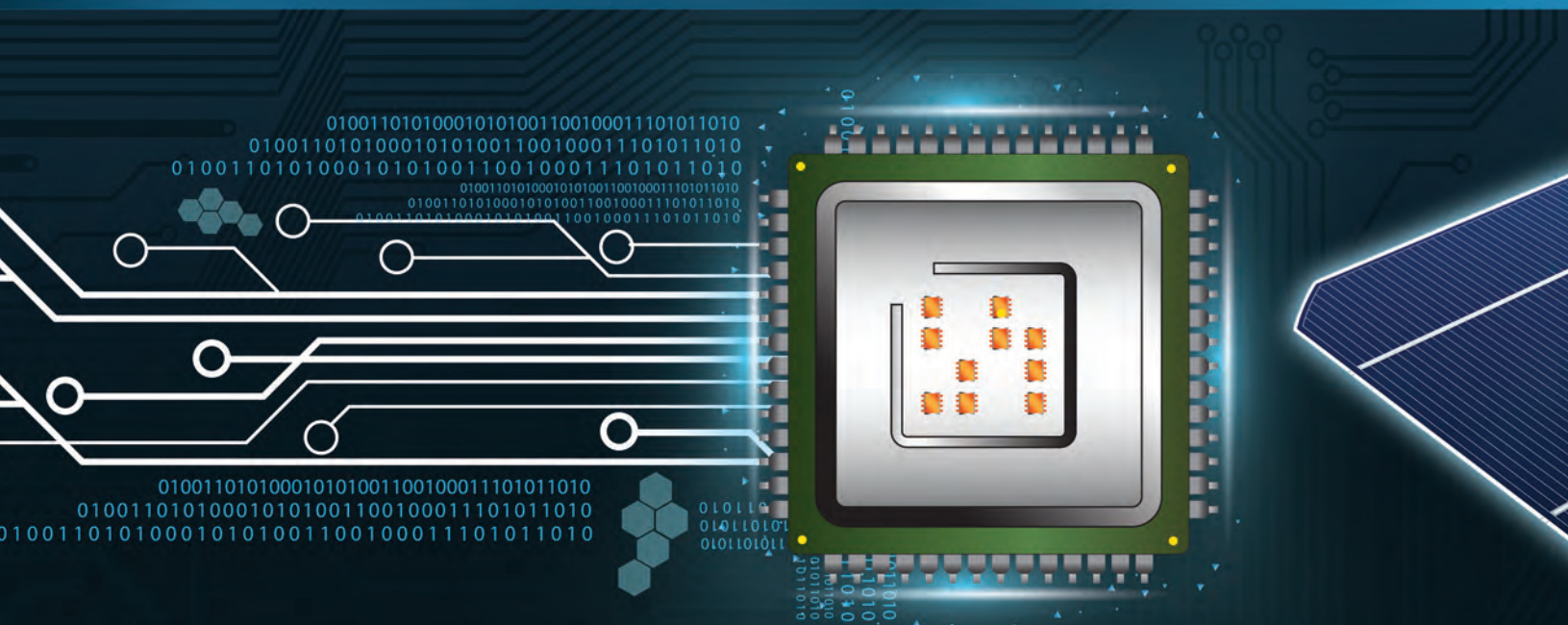
Por otro lado, el silicio cristalino tiene una banda prohibida mayor (1.12 eV), lo que permite operar hasta los 150°C , mientras que el óxido de silicio (SiO_2) es muy estable hasta temperaturas por arriba de los 1500°C , no se disuelve en agua y tiene propiedades mecánicas muy similares a las del silicio, lo que permite

usar temperaturas altas ($>1000^\circ\text{C}$) durante el proceso de fabricación de circuitos integrados sin dañar el sustrato de silicio.

El silicio cristalino en la generación de energía renovable

Una celda solar es un dispositivo semiconductor que convierte la luz solar en energía eléctrica sin generar contaminantes, por lo que se dice que genera energía limpia y renovable, puesto que el Sol es prácticamente una fuente inagotable de energía (se calcula que al Sol le resta una vida de 5,500 millones de años). En este aspecto, el silicio cristalino es el material más utilizado para la fabricación de celdas solares y a nivel mundial más del 90% de estos dispositivos son fabricados con silicio amorfo, policristalino y cristalino. Las razones de lo anterior son: la gran abundancia de silicio en la corteza terrestre, el hecho de que es un material no tóxico, lo que se traduce en un material prácticamente inagotable y seguro. Las celdas fabricadas en silicio cristalino han demostrado altas eficiencias de conversión solar a eléctrica (cercanas al 25%) y actualmente se siguen desarrollando procesos de optimización para incrementar la eficiencia de conversión, así como para la reducción de costos de producción. Aunado a lo anterior, el tiempo de funcionamiento de estos dispositivos es de más de 20 años.

La estructura básica de una celda solar consiste de la unión de semiconductores tipo *p* y tipo *n* (unión *p-n*), la cual puede ser producida al dopar un sustrato de silicio tipo *p* con átomos de un elemento de valencia 5 para formar una región superficial




tipo n . La parte superior de la unión p - n es cubierta con al menos una película antireflectora (como SiO_2) además de servir como pasivante de defectos superficiales. Ya que una celda solar es un dispositivo de dos terminales, en la película de SiO_2 superficial se abren ventanas en donde se deposita una rejilla de metal para formar un contacto superior, mientras que en la parte posterior del sustrato se deposita metal para formar el otro contacto.

En una celda solar, en la unión p - n hay un gradiente de concentración, por lo que los electrones del lado n se difunden al lado p , y los huecos del lado p se difunden al lado n , y en consecuencia cerca de la unión se dejan iones positivos N^+ del lado n (es decir átomos de la red que perdieron un electrón) e iones negativos N^- del lado p (átomos de la red que ganaron un electrón). Así pues, en la unión p - n se forma una región de carga negativa del lado p y una región de carga positiva de lado n , conocida como región de carga espacial que produce un campo eléctrico en la unión. Si la celda es iluminada con luz (radiación solar), los fotones con energía igual o mayor a la banda prohibida del semiconductor, producirán la generación (fotogeneración) de pares electrón-hueco, es decir, la liberación de electrones de valencia de los átomos de la red, lo que generará una corriente eléctrica entre las dos terminales de la celda, debido a la acción del campo eléctrico de la unión sobre los electrones y huecos fotogenerados.

El texturizado de silicio cristalino es un proceso de optimización, que consiste en la formación de pirámides de unos cuantos micrómetros de altura, lo que aumenta la recolección de luz,

evitando que ésta sea reflejada por la superficie de una celda solar. Las pirámides en silicio cristalino se forman al sumergir los sustratos en soluciones alcalinas como hidróxido de potasio (KOH), que graban planos preferenciales de la estructura cristalina. Los sustratos de silicio cristalino con orientación $\langle 100 \rangle$ se graban preferencialmente, dejando descubiertos en la superficie del sustrato planos con orientación $\langle 111 \rangle$, los cuales forman ángulos de 54.7 grados.

La figura 3 A) muestra una curva corriente-voltaje de una celda solar de silicio cristalino bajo iluminación usando un simulador solar, sistema que reproduce el espectro electromagnético de la radiación solar bajo ciertos estándares. De la curva corriente-voltaje se pueden extraer los parámetros de rendimiento de las celdas solares como lo es la eficiencia de conversión solar a eléctrica, que se puede expresar como la razón de la potencia generada por la celda solar y la potencia recibida proveniente de la radiación solar (100 mW/cm^2 usando radiación tipo AM 1.5). La figura insertada en la figura 3 A) corresponde a una celda solar de un área de 1 cm^2 y una eficiencia cercana al 9%, fabricada y caracterizada en el laboratorio de microelectrónica del INAOE, Puebla, México. La figura 3 B) muestra una imagen ampliada 9,000 veces (obtenida con un microscopio electrónico de barrido) de las pirámides producidas en la superficie del silicio cristalino que se encuentran en la celda solar de la figura 3 A). 

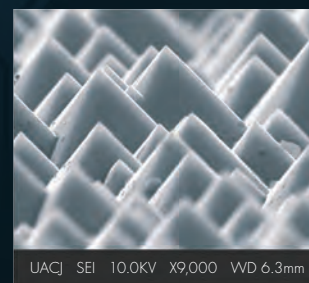
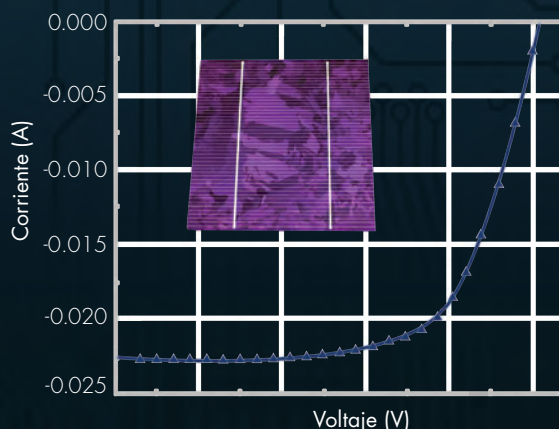
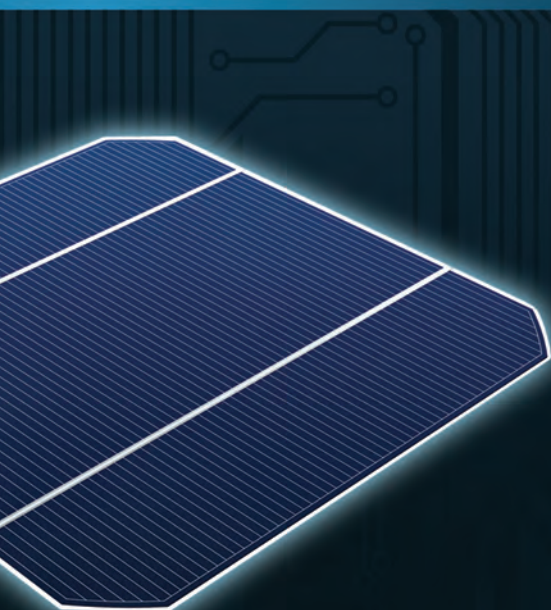


Figura 3. A) Curva corriente-voltaje de una celda solar de silicio cristalino. B) Texturizado realizado en la superficie del sustrato de silicio cristalino.



Cristalografía cósmica

Con el advenimiento de la Teoría General de la Relatividad, de Albert Einstein, se pudo dar cuenta de las características geométricas locales del espacio-tiempo. La gravedad resultó ser, en el contexto de dicha teoría, una manifestación directa de la existencia de la geometría espacio-temporal. A mayor curvatura del espacio-tiempo local, mayor intensidad en la gravitación. Sin embargo, la Teoría General de la Relatividad no puede decirnos nada acerca de la geometría global del espacio-tiempo, es decir del Universo, ya que ésta es objeto de estudio de la topología.

*Astrónomo del Planetario Luis Enrique Erro del IPN.

Pese a todo, a partir de la teoría de Einstein, se comenzó a pensar en cuál podría ser la "forma del Universo". Una cuestión relacionada con la forma y con la topología tiene que ver con la finitud o infinitud del Universo. Según datos recientes de la Radiación Cósmica de Microondas, la geometría del Universo es euclidiana o plana (si se forma un triángulo cósmico sus ángulos interiores suman 180°) y, por lo tanto, se descartarían universos cerrados o hiperbólicos. No obstante, la clave para establecer la finitud e infinitud del Universo no radica en su geometría sino en su topología, y en tal caso hay dos posibilidades: puede ser simplemente conexo o múltiplemente conexo.

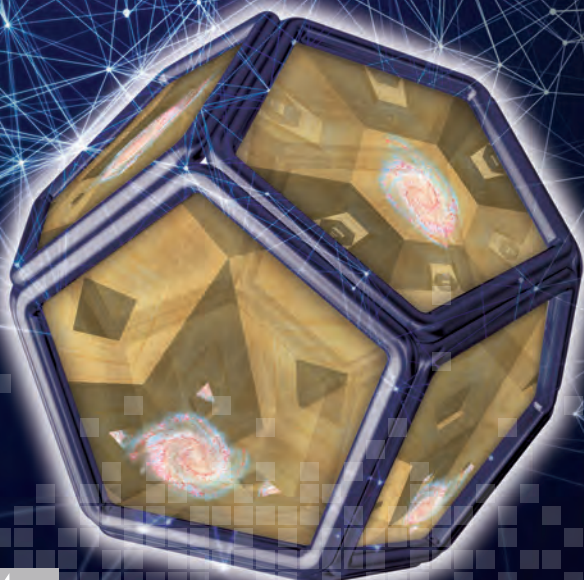
Para entender de qué se trata esto, podemos imaginar que el Universo es unidimensional, una línea recta, y está habitado por puntos. Tales puntos pueden moverse libremente a izquierda o derecha de sus posiciones. Si la línea es infinita entonces no hay posibilidad de encontrar un "extremo", solo se podría alcanzar ciertos puntos moviéndose en determinado sentido y entonces diríamos que tal Universo es simplemente conexo.

Si la línea es finita, existen dos posibilidades adicionales: que tal línea tenga un par de extremos o "bordes" o que la línea se cierre sobre sí misma formando un lazo. En este último caso, no habrá centro, ni borde y el aspecto de tal Universo será siempre el mismo desde cualquier punto que se elija como referencia. Los puntos podrían llegar a cualquier otro punto siguiendo dos direcciones distintas. Un Universo de este tipo sería múltiplemente conexo.

Entre 1919 y la actualidad, se han desarrollado abundantes herramientas matemáticas e instrumentos que podría ayudarnos a dilucidar la cuestión, pero aunque parezca increíble, en una fecha tan temprana como 1900, casi 20 años antes del trabajo de Einstein, el astrónomo alemán Karl Schwarzschild publicó un artículo en el cual sugería la posibilidad de que la imagen del Universo que observamos podría estar, en realidad, constituida por un conjunto de "cajas", todas diferentes versiones temporales de una única "caja", que sería el verdadero Universo al que pertenecemos.

Sus ideas no encontrarían eco hasta finales de los años 70. Es allí cuando empiezan a desarrollarse las ideas que culminarían en la publicación, en 1995, de la Teoría de la Cristalografía Cósmica, debida a los científicos franceses Jean Pierre Luminet y Marc Lachièse-Rey.

En la década de los años 60, el físico ruso George Gamow publicó una serie de libros de divulgación de la ciencia, que



si bien encendieron el gusto por la ciencia tuvieron el efecto colateral de estancar el desarrollo de la topología cósmica, ya que en uno de ellos, afirmaba que los únicos escenarios topológicos posibles eran un Universo euclideo infinito y uno hiperbólico ilimitado. Si esto era lo único que había, entonces no tenía sentido el estudio de esta área.

A mediados de los años 80, Weeks recibió la *Medalla Fields* (el equivalente matemático al Premio Nobel) por demostrar matemáticamente todos los tipos posibles de topologías que podía tener el Universo, así como la clasificación de los mismos. Eso sentó las bases para una explosión de trabajos encaminados a establecer la "forma del Universo", entre los cuales la Cristalografía cósmica es uno de los más prometedores.

La idea central en torno a esta teoría tiene que ver con el comportamiento de la luz al moverse, según la geometría del espacio en que se encuentra. Por ejemplo: si el espacio alrededor de una fuente luminosa fuese euclidiano e infinito y colocásemos una caja imaginaria que rodeara dicha fuente, entonces los rayos de luz que atravesaran las paredes de la caja jamás regresarían al punto de partida, y un observador solo vería una luz en el cielo. Pero, si el espacio en que se encuentra inmersa la fuente luminosa fuese toroidal (con forma de dona), entonces, al rodear dicha fuente con una caja, los rayos luminosos que atravesaran las paredes laterales de la caja terminarían apareciendo por las caras opuestas, del mismo modo ocurriría con las paredes superior e inferior. El efecto de esto sería que un observador vería en el cielo muchas luces, "imágenes fantasmas", todas versiones distintas de la única luz enviada. Además, dependiendo de las características geométricas del toroide, la distancia cubierta por la luz, podría ser distinta y, por lo tanto, las diferentes versiones de la luz observada podrían mostrar diferentes estadios evolutivos de la fuente.

Idealmente, es relativamente sencillo establecer si una fuente luminosa (por ejemplo una galaxia) observada contra el fondo cósmico, se corresponde o no con alguna otra fuente luminosa observada en nuestro entorno; sin embargo en la práctica es un tema muy complejo. Se requiere de un marco teórico que permita analizar los datos, instrumentos suficientemente sensibles para obtener datos fiables, y una técnica estadística optimizada para detectar las sutiles desviaciones con respecto al modelo sujeto a estudio. La Cristalografía cósmica es una de estas técnicas estadísticas, y consiste en realizar un histograma con las distancias entre los cúmulos de galaxias. En caso de que las imágenes se repitiesen periódicamente, entonces el histograma mostraría una serie de máximos y la distancia entre ellos representaría el tamaño del Universo.

El primer acercamiento sistemático mediante esta técnica ocurrió en el año 2003, cuando se analizaron los datos obtenidos por la sonda WMAP, encontrándose cierta evidencia de "estructura multiconectada", esto quiere decir que habían indicios de posibles "imágenes fantasmas". Hubo que esperar hasta el año 2013 cuando se analizaron los datos de la sonda PLANCK, los cuales revelaron la posibilidad de un Universo hiperbólico. Esto aún está sujeto a confirmación a partir de los datos de la próxima sonda.

Un corolario muy interesante de esta búsqueda consiste en la posibilidad de observar estadios evolutivos de nuestra propia galaxia, Vía Láctea, lo cual sería imposible bajo otras condiciones dado que al estar dentro de ella, no la podemos abarcar completamente. ¡Podríamos obtener incluso una imagen de la galaxia, cuando el Sol aún no se hubiera formado!

Las técnicas cristalográficas aplicadas al estado sólido, difieren de las aplicadas en cosmología al menos en dos aspectos básicos:

1. En Cristalografía de estado sólido las celdas, o "cajas", son materiales diferentes entre sí, y solo geométricamente equivalentes; mientras que en Cristalografía cósmica las "cajas" son versiones ópticas de una única "caja" original, como cuando ponemos un objeto entre un par de espejos paralelos y observamos sus reflejos.

2. En Cristalografía de estado sólido no existe una posición preferencial dentro del arreglo cristalino, todas las posiciones son equivalentes, mientras que en la Cristalografía cósmica el observador siempre se encuentra en el "centro" del arreglo cristalino.

Fuera de estas consideraciones, todas las técnicas cristalográficas son aplicables al estudio de la cosmología en vistas a establecer la forma del Universo.

Es interesante que los griegos pensaran que el dodecaedro, uno de los cinco sólidos pitagóricos, era la figura que representaba al éter (un aire sutil que existía más allá de los orbes planetarios) y que estaba relacionado con el "orden divino del Universo"; y que, actualmente, se crea que la figura que mejor se corresponde con la forma del Universo sea justamente la del dodecaedro. Solo el tiempo y mucho estudio confirmarán o refutarán esta genial intuición de los filósofos griegos. **U**



KERNEL Cristalografía



Ricardo Urbano Lemus*

Cuando se descubrieron las estructuras de los cristales a través de los rayos X, los científicos pudieron diseñar nuevos materiales, como medicamentos, pasta de dientes, chocolate, dispositivos informáticos y hasta los componentes más avanzados de automóviles y aeronaves.

*Periodista Científico de *Conversus*

Descubrimientos

En 1913, los físicos británicos William Henry Bragg y su hijo William Lawrence Bragg analizaron la forma en que los cristales se dispersan en patrones, o difractan, sobre platos fotográficos. Estos científicos son considerados los fundadores de la Cristalografía de rayos X.



En 1952, Rosalind Franklin y Maurice Wilkins experimentaron con la difracción de rayos X y tomaron la icónica "Foto 51". Su patrón de puntos permitió revelar la estructura de doble hélice del ADN.



Dorothy C. Hodgkin descubrió la estructura de la penicilina, la vitamina B12 y, más tarde, la de la insulina. Fue Nobel de Química en 1964.



Aplicaciones

Fármacos

El conocimiento de la estructura de las proteínas permite desarrollar nuevos fármacos.

Biología molecular y bioquímica

Desarrolla trabajos en síntesis de moléculas orgánicas, y la relación entre la estructura tridimensional de la sustancia y su función.



Paneles Fotovoltaicos

Utiliza un cristal de silicio que, al ser estimulado por un fotón es capaz de desprender electrones que son recogidos por un material conductor.



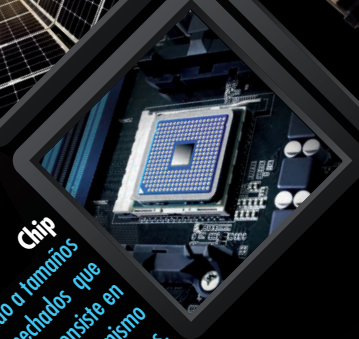
Reloj de Cuarzo

El cuarzo tiene una propiedad conocida como piezoelectricidad, que hace que vibre u oscile cuando una corriente eléctrica alterna pasa a través de él, también lo contienen algunos smartphone, laptop y cámaras digitales.



Chip

Se han reducido a tamaños tan insospechados que la limitación consiste en conseguir reducir al mismo tamaño sus conexiones.



Cristales Líquidos



TOP 5 cuevas de Cristales

Los cristales naturales más impresionantes del mundo.

Cristales naturales



Referencias:

www.naica.com.mx/
www.nps.gov/cave/naturescience/
www.aragoninvestiga.org/Cristales-liquidos/
www.bbc.co.uk/mundo/noticias/

News

En algunos casos, la transición de sólido a líquido no es directa sino intermedia: es el estado de un cristal líquido. Los encontramos en dispositivos de visualización conocidos como displays, aunque también en ventanas traslúcidas, tejidos resistentes al fuego, defensas de autos y hasta en cosméticos.

Cristales artificiales

Estos cristales no alcanzan los resultados de los naturales, pero su menor costo rentabiliza la obtención y uso, se usan en el mundo de la joyería, con una gran variedad de piedras preciosas y colores poco comunes.

El diamante más caro del mundo

La empresa sudafricana Petra Diamonds anunció que extrajo de la mina de Cullinan un "excepcional" diamante azul de 122,52 quilates, que podría convertirse en la piedra preciosa de más valor en el mundo.

El celular más lujoso

Este modelo de edición limitada, diseñado por la firma de lujo suiza Goldfish, pertenece a la línea Illusion, pertenece a la línea de intrusión de oro, platino y 120 quilates de diamantes. El precio final de esta reliquia es de casi 1.5 millones de euros.

Formación sin fronteras Ingenierías



Alicia Lepre Larrosa
Periodista de *Conversus*

Los ingenieros resuelven problemas técnicos-prácticos a través del uso de principios científicos, diseñan y prueban componentes robóticos, crean nuevos aviones o calculan las tensiones en un nuevo puente de acero, entre otras muchas particularidades. Debido a que el campo afecta cada proceso industrial, los ingenieros se especializan, y los salarios difieren por tema. Veamos las cinco ingenierías mejor pagadas en México.

Ingenierías	Ingreso mensual	Ingreso hombre	Ingreso mujer
Minería y extracción	24,863.00	22,176.00	39,737.00
De vehículos de motor, barcos y aeronaves	14,211.00	14,884.00	6,000.00
Construcción e ingeniería civil	14,105.00	14,310.00	10,469.00
Electrónica y automatización	13,270.00	13,426.00	9,995.00
Manufacturas y procesos	13,164.00	12,759.00	15,291.00

Con mayor demanda de capital humano

1. Minería y extracción.
2. De vehículos de motor, barcos y aeronaves.
3. Construcción e ingeniería civil.
4. Manufacturas y procesos.
5. Electrónica y automatización.

Ranking de universidades

Cada año, *QS Quacquarelli Symonds Limited* se dedica a hacer diversos *rankings* de universidades a nivel mundial tomando en cuenta cuatro puntos fundamentales: prestigio académico, nivel del personal docente, número de artículos citados y el índice H de la fórmula de *Hirsch* (H-index). Según esta consultoría británica las mejores escuelas superiores para estudiar ingeniería electrónica, civil y manufacturas son:

Electrónica y automatización

Massachusetts Institute of Technology (MIT), EE.UU.
University of Stanford, EE.UU.
University of California, Berkeley (UCB), EE.UU.
University of Cambridge, Reino Unido.



Construcción e ingeniería civil

Massachusetts Institute of Technology (MIT), EE.UU.
University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU.
University of California, Berkeley (UCB), EE.UU.
The University of Tokyo, Japón.



Las universidades más demandadas para estudiar ingeniería de vehículos de motor, barcos y aeronaves son:

University of New South Wales (UNSW), Australia.
Broward College, EE.UU.
University of Southampton, Reino Unido.
University of Aberdeen, Reino Unido.



Manufacturas y procesos

Massachusetts Institute of Technology (MIT), EE.UU.
University of Stanford, EE.UU.
University of Cambridge, Reino Unido.
University of California Berkeley (UCB), EE.UU.



Programas educativos asociados

Minería y extracción

Extracción de materias primas, ingeniería de minas, ingeniería geológica, ingeniería petrolera y de gas, y tecnología de minerales.



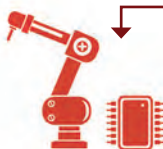
De vehículos de motor, barcos y aeronaves

Construcción de vehículos de motor, diseño de automóviles, barcos y aeronaves, electricidad automotriz, electrónica automotriz, hojalatería y pintura automotriz, ingeniería aeronáutica y aeroespacial, ingeniería automotriz, ingeniería naval, mantenimiento de aeronaves, maquinaria agrícola, mecánica agrícola, y mecánica en equipo náutico.



Electrónica y automatización

Automatización, electrónica médica (electromédica), ingeniería de control, ingeniería industrial en electrónica, ingeniería robótica, inteligencia artificial y microelectrónica.



Manufacturas y procesos

Ingeniería industrial en productividad, manufactura y sistemas de producción.



Construcción e ingeniería civil

Construcción de edificios, construcción de carreteras y puentes, construcción en metal, ingeniería de puertos y muelles, ingeniería de vías terrestres, ingeniería del abastecimiento de agua y alcantarillado, ingeniería estructural, ingeniería sanitaria, ingeniería y tecnología de la construcción, ingeniería y tecnología del agua, planeación de recursos hidráulicos y supervisión de obra.



Otras fuentes determinan que para estudiar ingeniería en minas y extracción las mejores son:

Cockrell School of Engineering at the University of Texas, EE.UU.
University of Stanford, EE.UU.
California Institute of Technology (CALTECH), EEUU.
University of Oklahoma, EEUU.
Tafe S.A, Australia.
University of Canterbury, Nueva Zelanda.



Cristalografía

1st European Crystallography School (ECS1), Primera Escuela Europea de Cristalografía, con el fin de reforzar los cimientos para construir el segundo siglo de la Cristalografía moderna, se inaugura en Pavia, Italia, del 28 de agosto al 6 de septiembre del año en curso, en un marco de conferencias dictadas por los científicos e investigadores más destacados en la materia. La ECS1 está dirigida a jóvenes investigadores y estudiantes de doctorado que participan en diferentes campos de las ciencias estructurales, incluyendo la física, biología, química, mineralogía, la ciencia de los materiales, y el patrimonio cultural. Su objetivo es difundir y compartir la idea de la Cristalografía como disciplina única. La escuela proporcionará a los estudiantes los instrumentos para adquirir un *know-how* profundo y una sólida formación en los fundamentos del área; también obtendrán instrucción sobre los progresos, limitaciones y perspectivas de las teorías y métodos, como las formas en que se pueden adaptar a los diferentes "sabores" de la ciencia estructural, que van desde moléculas pequeñas a grandes complejos macromoleculares.



Mousikē Téchnē

Maricela Cruz Martínez
Periodista de *Conversus*.



Instrumentos ingeniosos

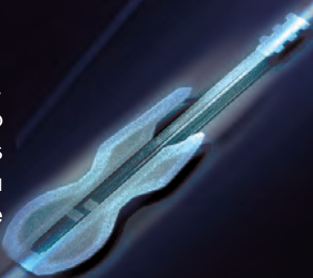
Cuando te hablo de instrumentos musicales, los primeros que visualizas son: guitarra, piano, trompeta, flauta, batería, y algunos más; pero en todo el planeta existe un sinnúmero de artefactos que hacen música y se relacionan directamente con la creatividad y el conocimiento del ser humano. Estos instrumentos van desde objetos caseros, experimentos fallidos, los más grandes y pequeños del mundo hasta los contruidos con tecnología de punta. Puedo asegurarte que la selección que enlisto a continuación te sorprenderá.

La guitarra más pequeña del mundo

Muy original, su tamaño de 0.01 mm, es semejante a la medida de un glóbulo rojo, las dimensiones de sus seis cuerdas miden 100 átomos de ancho. La guitarra está hecha con silicón de cristalino, y se toca con la ayuda de un láser miniatura.

Algo que debes saber

Se llama *instrumento* todo generador o emisor de sonidos musicales, y la *organología* es la ciencia que estudia dichos instrumentos.



El arpa láser

Peculiar ya que sus cuerdas fueron sustituidas por un láser que conectado a una consola electrónica activa la nota indicada. Para reproducir el sonido se utilizan sintetizadores o computadoras. Para tocarlo es necesario utilizar guantes y lentes.

Daniel K. Gebhart



Un ejemplo más de conocimiento, creatividad y música es el proyecto de instrumentos musicales "Disarm".

Hang

De percusión; se puede tocar de varias formas: con las yemas de los dedos, los pulgares o la palma de la mano. Es el resultado de una investigación científica con acero. Se compone de dos hemisferios de metal pegados.

Bikeloophone

Es el resultado de un accidente que su inventor tuvo al chocar con algunos hippies. Utiliza uñas magnéticas para ampliar el sonido, tiene cuerdas, pedazos de madera y un pedal mecánico; su rango es de sonido tranquilo a melodías terroríficas.



Guitarra Picasso

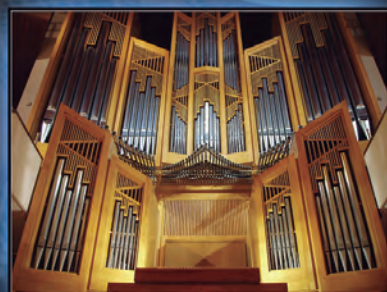
Esta guitarra acústica de 42 cuerdas y tres mástiles se dio a conocer por el guitarrista de jazz Pat Metheny, se expuso en el Museo de Artes de Boston en una exhibición denominada *Dangerous Curves*.



musicradar.com

Órgano del auditorio Boardwalk

Este órgano se llevó algunas menciones en el libro de los *Récords Guinness* como el "órgano con los tubos más grandes", "el instrumento musical más grande" y "el instrumento más sonoro del mundo".



Daxophone

Es un instrumento que utiliza unas "lenguas" de madera, que se tocan como un violín, y se emplea una pieza denominada *dax* que permite variar el sonido de la lengüeta, es curioso por su sonoridad.



fridommag.com

Armónica de vidrio

Inventado por Benjamin Franklin, consiste en una serie de platos de cristal, alineados horizontalmente, atravesados por un eje conectado por correa a un pedal que los hace girar. Se ejecuta con los dedos, mojados ligeramente.



Theremin

Fue uno de los primeros instrumentos musicales electrónicos, inventado por el ruso Léon Theremin en 1928; además de su sonido, lo más curioso es que el ejecutante no tiene ningún contacto físico con éste.



Referencias

Excelsior.com

<http://hangmusic.com/>

Algunas ligas para ver videos:

www.youtube.com/watch?v=tsA6MytNCgU#t=19

www.youtube.com/watch?v=zqMdUQvN-Dk

Órgano marino

Es un instrumento arquitectónico situado en Zadar, Croacia, que produce un concierto continuo dirigido por el viento, el oleaje y las mareas. U



Rocío Ledesma Saucedo
Editora de la revista *Conversus*.

Un cristal con mucha sazón: NaCl

Uno de los principales ingredientes que se usan para darle sabor a la comida es la sal. Sin embargo, esos pequeños cristales han ido más allá de la cocina. Saborea un poco más sobre este "oro

¿Qué es la sal?

La sal es un cristal compuesto por Cloro (Cl) y Sodio (Na). El sabor de la sal se debe, precisamente, a esta unión de una molécula formada por un átomo de sodio con carga positiva y otra de cloro con carga negativa.

Beneficios de consumir NaCl

El consumo de sal, en la proporción adecuada, permite a nuestro cuerpo llevar a cabo procedimientos básicos como el correcto funcionamiento del metabolismo o el transporte de nutrientes. La sal aporta al ser humano los minerales que necesita para regular el equilibrio de líquidos en el organismo, el PH sanguíneo y la conducción de estímulos nerviosos. Su enriquecimiento con yodo o flúor permite contribuir a erradicar enfermedades relacionadas con la carencia de estos dos minerales, como es el bocio o la prevención de caries.

Consumo responsable

La Organización Panamericana de la Salud afirma que el consumo de más de 5 gramos de sal —o 2.300 miligramos de sodio— por día aumenta la probabilidad de sufrir hipertensión arterial, el principal factor de riesgo de muerte por ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares e insuficiencia renal y de corazón. No basta con quitar el salero de la mesa, es muy fácil consumirla de más si nuestra dieta se basa en comida procesada, rápida o "chatarra".



¿Te imaginas un desierto de sal? En Bolivia existe el más grande del planeta, se llama el Salar de Uyuni y tiene una superficie de 10 582 km².



La sal significó riqueza y poder. Los egipcios la valoraban porque la usaban para sepultar a sus muertos; para los fenicios fue un elemento fundamental en el comercio marítimo, en tanto los legionarios romanos recibían como pago cierta cantidad de sal, el *salarium* (de ahí la palabra salario).



En Suiza se encuentra el yacimiento de sal Bex, descubierto en el siglo XV, en este lugar se pueden visitar la mina y un museo donde se explica el desarrollo de la extracción de la sal desde 1684.

Algunos usos fuera de la cocina

Desde el siglo XIX, el uso industrial de la sal se ha diversificado e interviene en multitud de procesos, por ejemplo, en la industria del papel, la elaboración de cosméticos, la industria química y farmacéutica, para la fabricación de sosa, ácido clorhídrico, lejía, insecticida y otros productos en los que destaca el PVC.

En invierno se usa como anticongelante en las carreteras y en algunos lugares donde no hay sistemas de refrigeración se utiliza para la conservación de alimentos, como la carne o el pescado.

Tipos de sal

- Marina y de manantial, ambas se obtienen por evaporación. Es la sal de mayor producción y consumo tanto en las cocinas como en la industria.
- La sal gema que procede de la extracción minera de una roca mineral conocida como halita.
- Un tercer tipo, más bien exótico, es la sal vegetal que se obtiene por concentración, al hervir una planta gramínea que crece en el desierto de Kalahari en África.

Variedad de sales gourmet

Además de la tradicional sal de mesa, fina y granulada, existen diferentes denominaciones de sal para sazonar en la alta cocina, las cuales se determinan por la forma de extracción, por su textura y por su sabor. He aquí algunos ejemplos:

- Sal de mar: se obtiene por evaporación del agua de mar.
- Flor de sal: se origina en las salinas, en los primeros momentos de concentración de la sal, siendo cristales finos que flotan en placas sobre la superficie del agua. Suele ser de mayor valor que otras sales debido a que se recoge de manera artesanal.
- Sal Maldon: producida en Inglaterra, se obtiene mediante cocción del agua de mar.
- Sal negra y sal gris: poco refinada producida en la India.
- Sal ahumada: se emplea fundamentalmente en la cocina para dar, sabor salado y un olor ahumado. Es un ingrediente muy habitual en los platos de la cocina de Gales, Dinamarca y Corea.



De acuerdo con datos de la Secretaría de Economía, México cuenta con la salina más grande del mundo en la región de Guerrero Negro, en Baja California Sur. Este es uno de los factores que determinó que nuestro país será la sede del Décimo Simposio de la Sal en 2016.



Al parecer los famosos violines Stradivarius se vieron beneficiados con el uso de la sal como insecticida ya que el doctor Joseph Nagyvary, especialista en bioquímica y profesor en la Universidad de Texas A&M, encontró que su calidad acústica se debe a que eran barnizados con esta sustancia química.



Conoce más sobre el proceso de extracción.



Para saber más

www.institutodelasal.com

www.paho.org/nutricionydesarrollo/?p=2871

www.essa.com.mx

www.economia.gob.mx



+ de tecnología

PANONO

Imagínate en una fiesta al aire libre con muchos invitados, algunos de ellos están comiendo, unos atentos a su celular, otros bailando, y un grupo simplemente platica en todo lo ancho del lugar. Con una cámara tradicional sería casi imposible capturarlos a todos en un mismo instante, sin tener que pedirles que se agruparan y que tú tuvieras que correr después de poner el disparador automático.

Por ello, la empresa alemana *Panono GmbH*, que desarrolla cámaras digitales avanzadas, creó *Panono®*. Con este *gadget* podrás capturar una vista esférica completa, de 360° x 360°, de tus eventos y actividades. Este dispositivo puede hacer que la gente —incluyéndote— aparezca en una fotografía panorámica, sin preocuparse de que alguien se mueva en medio de la toma, al igual que sucede con las imágenes panorámicas típicas que se crean al girar para capturar una serie de imágenes individuales.

Esta "pelota fotográfica" te permitirá crear imágenes parecidas a las que *Google Street View®* te muestra. Su uso es sencillo, únicamente tienes que arrojarla de manera vertical y en automático tomará una foto del entorno cuando se encuentre en el punto más alto. Además, la puedes emplear a la vieja usanza, tomando una foto desde tu mano o con un tripié. Si la lanzaste y no la puedes cazar no te preocupes, el material es resistente y cuenta con protección especial —solo no la tires de un rascacielos.

Se espera que esté lista para finales de 2014.

Físicamente es una esfera de 11cm de diámetro, recubierta con plástico transparente, un peso aproximado de 300g y 36 cámaras alrededor que suman una resolución de 108 megapíxeles, conexión *Wi-fi* y *Bluetooth*; al interior cuenta con un acelerómetro que permite medir el punto de mayor altura y activar las cámaras en el momento correcto. Su capacidad interna es de 400 panoramas y tendrá disponible una *App* para Android e iOS.



LOS MOOC

Se trata de un acrónimo en inglés *Massive Online Open Courses*, que define a los cursos cuya característica es no tener limitación en las matrículas (número de alumnos que pueden estar inscritos), son tomados en línea, con carácter gratuito y abierto —incluso los materiales de estudio. A través de estas plataformas el conocimiento llega a más personas y sitios del mundo, algo primordial en un contexto globalizado.


Algunos ejemplos los componen sitios como: *Edx* del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), *MiriadaX* impulsado por Santander, Telefónica y Universia con el apoyo de múltiples universidades; *Coursera*, plataforma asociada con las universidades y organizaciones más renombradas de todo el mundo, entre ellas la UNAM; *Udemy*, con participación de universidades de nuestro país; el sitio *Open Culture* que se define como uno de los mejores medios culturales y educativos en la web al ofrecer miles de cursos gratis, con la particularidad de que ofrece libros, imágenes, mapas, audios y videos en distintos idiomas; *Udacity* para aquellos interesados en las TIC, con la oportunidad de abordar proyectos contruidos por los líderes de tecnología como *Google®*, *AT&T®* e *Intuit®*, a fin de desarrollar habilidades relevantes de la industria de acuerdo con lo que refiere su propio sitio. De la misma manera existen sitios como *Khan Academy* que se vale principalmente de videos breves, incluyendo retos interactivos y evaluaciones.

Sin duda, todas ofrecen una herramienta que se caracteriza por su flexibilidad y capacidad de adaptación a las necesidades de cada persona y, además, brindan la oportunidad de aprender.



LOS SENCILLITOS

Quizá para todos aquellos que compraron equipos móviles con un adaptador “normal” esto les parezca algo nuevo, para muchos que son fans de la marca Motorola® les parecerá familiar. Solo a la empresa de la M como emblema se le había ocurrido resolver el problema de no disponer de tomacorriente suficiente para cargar los equipos móviles, y por eso proporcionó en la compra del *Smartphone Moto X* un adaptador de corriente con salida de USB doble para que pudieras conectar unos cables y cargar al mismo tiempo tus dispositivos. Sin embargo, la empresa Samsung® ha orientado sus esfuerzos a resolver este sencillo, pero a veces caótico problema, tras desarrollar un cable que permite alimentar tres dispositivos a la vez.

Esta es sin duda una ventaja porque en el mismo tomacorriente puedes cargar tres *Smartphone* o bien combinarlos con algún *Smartwatch* o un auricular inalámbrico. La ventaja del cargador de Motorola® es que puede conectar un par de cables USB con distintas terminales en cada una de sus salidas y conectar dispositivos con tecnologías distintas. La energía de salida en cualquiera de los cables es dividida entre cada dispositivo, asegurando la carga en cada uno de ellos. 



Referencias

www.panono.com/ballcamera/
www.samsung.com/
www.motorola.com



En el año 2000, los mineros de la compañía Peñoles descubrieron un yacimiento de cristales gigantes en la mina de Naica, situada en el estado de Chihuahua. La mina, cuyos cristales alcanzan los 11 metros de longitud, es conocida entre la comunidad científica como la Capilla Sixtina de la Cristalografía. La capilla, que recibió su nombre del papa Sixto IV, se encuentra en la ciudad del Vaticano y sus muros fueron decorados, entre otros artistas, por los pintores Sandro Boticelli y Miguel Ángel en los siglos XV y XVI.

La belleza de los cristales de Naica nos recordó las palabras que el mineralogista francés René Just Haüy, conocido como el padre de la Cristalografía, escribió en 1784, en un ensayo sobre la estructura de los cristales. *La naturaleza, afirmó, trabaja en secreto, en las cavidades subterráneas, sobre la materia inorgánica, y parece divertirse con la diversidad de formas geométricas que nacen de su trabajo.*

En la misma época, el filósofo alemán Emanuel Kant escribió que los cristales eran sistemas en los cuales la naturaleza había procedido creando formas bellas, como en el arte.

La Cristalografía nació en el siglo XVIII con el propósito de explicar la estructura físico-química de los cristales, a los que Haüy definió como todo mineral que tiene una forma regular y cuyas caras pueden ser representadas por figuras geométricas. Entonces, la Cristalografía tenía como objetivos determinar la forma de las moléculas que constituían los cristales y la manera como se acomodaban entre ellas para formarlos.

A mediados del siglo XIX otro científico francés, Auguste Bravais, sugirió que los cristales eran un sistema de puntos matemáticamente distribuidos, que conformaban una red de moléculas o estructura reticular imperceptible para nuestros ojos.

Esta hipótesis pudo ser confirmada experimentalmente a partir de 1912, cuando el físico alemán Max Laue, Premio Nobel de Física dos años después, y sus colaboradores observaron la interferencia (difracción) de los rayos X en un cristal de sulfato de cobre. La difracción era causada por la estructura reticular de los cristales.

Este tipo de estructuras han sido replicadas por diferentes artistas. En la arquitectura podemos encontrar obras de arte que buscaron seguir los patrones de la naturaleza a la manera de los cris-



Biblioteca Pública de Seattle

tales, desde la arquitectura de cristal propuesta por el arquitecto alemán Bruno Taut, quien diseñó un efímero pabellón de Cristal en 1914, hasta las obras arquitectónicas realizadas en los años recientes en distintas partes del mundo con fines comerciales, gubernamentales y culturales (museos, bibliotecas públicas y salas de cine). Menciono superficialmente algunos ejemplos a continuación.

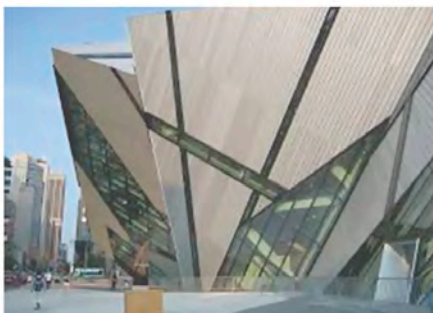
En 2003 la compañía italiana de modas Prada inauguró en Aoyama, Japón, su centro comercial diseñado por los arquitectos suizos Herzog y De Meuron. La fachada del edificio —una malla de romboides hecha con paneles de vidrio— sugiere la forma de un cristal.

El diseño del edificio *Michael Lee-Chin Cristal* del Museo Real de Ontario, Canadá, elaborado por el arquitecto Daniel Libeskind, está basado en la colección de mineralogía del Museo. El edificio fue inaugurado en 2007.

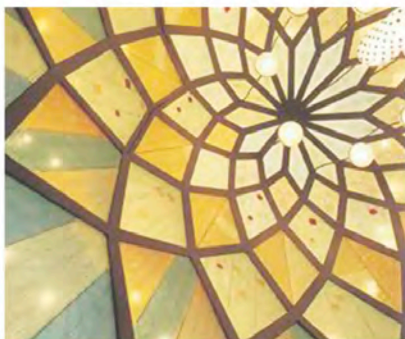
Otros casos son los *Cines UFA* de Dresde, Alemania, diseñados por la cooperativa Himmelb(l)au, la *Biblioteca Pública de Seattle* (diseñada por el arquitecto holandés Rem Koolhaas), y el edificio del *Departamento de Sanidad* del país Vasco (diseñado por el estudio Coll-Barreu Arquitectos).

Esta arquitectura, que nos remite a la estructura geométrica de cristales como los descubiertos en Naica, es un ejemplo de los muchos que podemos encontrar del arte inspirado en las formas bellas de la naturaleza. **U**

Michael Lee-Chin
Cristal del Museo Real de Ontario



La forma bella de los cristales



Pabellón de Cristal. Bruno Taut



Edificio del Departamento de Sanidad del país Vasco



Cine UFA de Dresde, Alemania



Centro comercial Prada en Aoyama Japón

Referencias

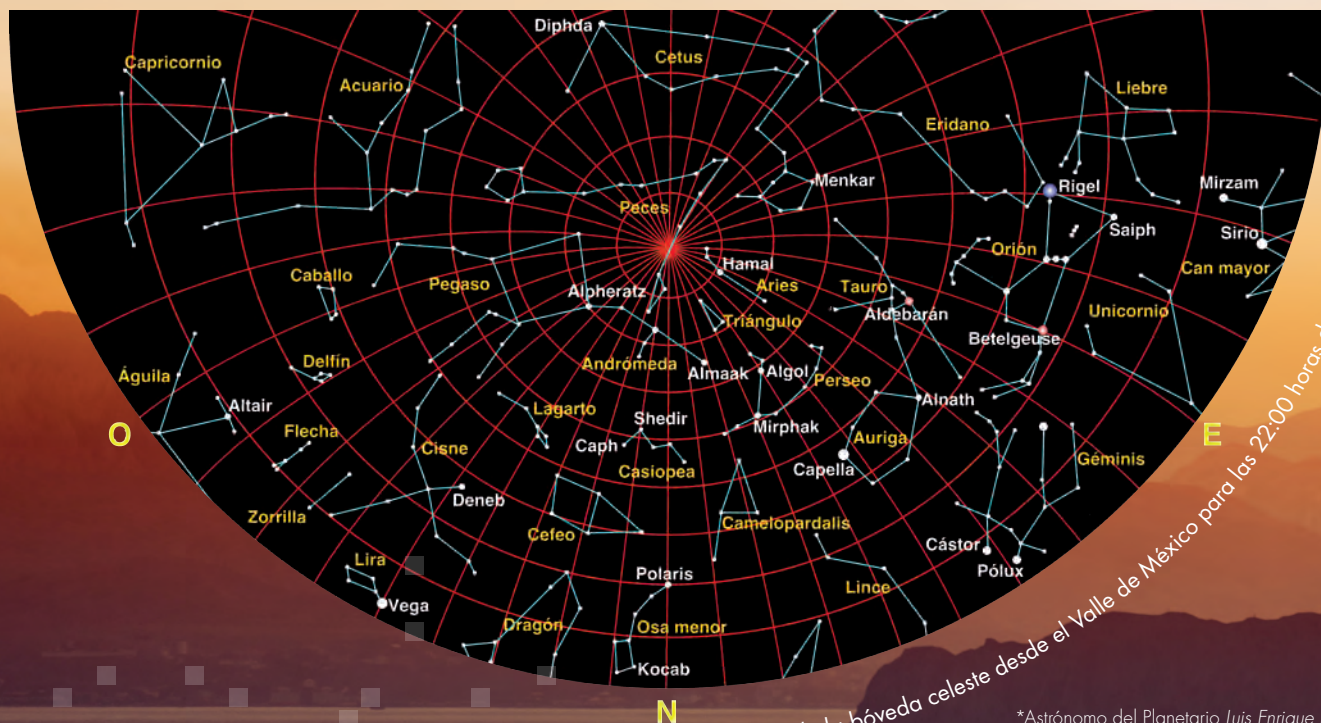
Los cristales gigantes de Naica, disponible en: www.garciaarviz.net/Naica/Naica.html
Marchón Fiz, Simón, *La metáfora del cristal en las artes y la arquitectura*, Siruela, 2008, 172 pp.
Montesinos Amilibia, José María, "Cristalografía y Arte", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 103, núm. 1, 2009, pp.207-222.
Sociedad Mexicana de Cristalografía, disponible en www.smc.fisica.unam.mx/



El cielo de noviembre y diciembre

Noviembre

Día	Hora	Objeto celeste	Evento
1	05:55	Mercurio	Máxima elongación Oeste
4	02:30	Luna-Urano	Ocultación de Urano por la Luna
6	16:23	Luna	Fase de Luna Llena o Plenilunio
13	14:00	Venus-Saturno	Conjunción
14	09:15	Luna	Fase de Cuarto Menguante
18	03:00	Saturno-Sol	Conjunción
22	06:32	Luna	Fase de Luna Nueva
26	04:00	Marte-Luna	Marte 7° al Sur de la Luna
29	03:00	Neptuno-Luna	Neptuno 4° al Sur de la Luna
29	04:06	Luna	Fase de Cuarto Creciente



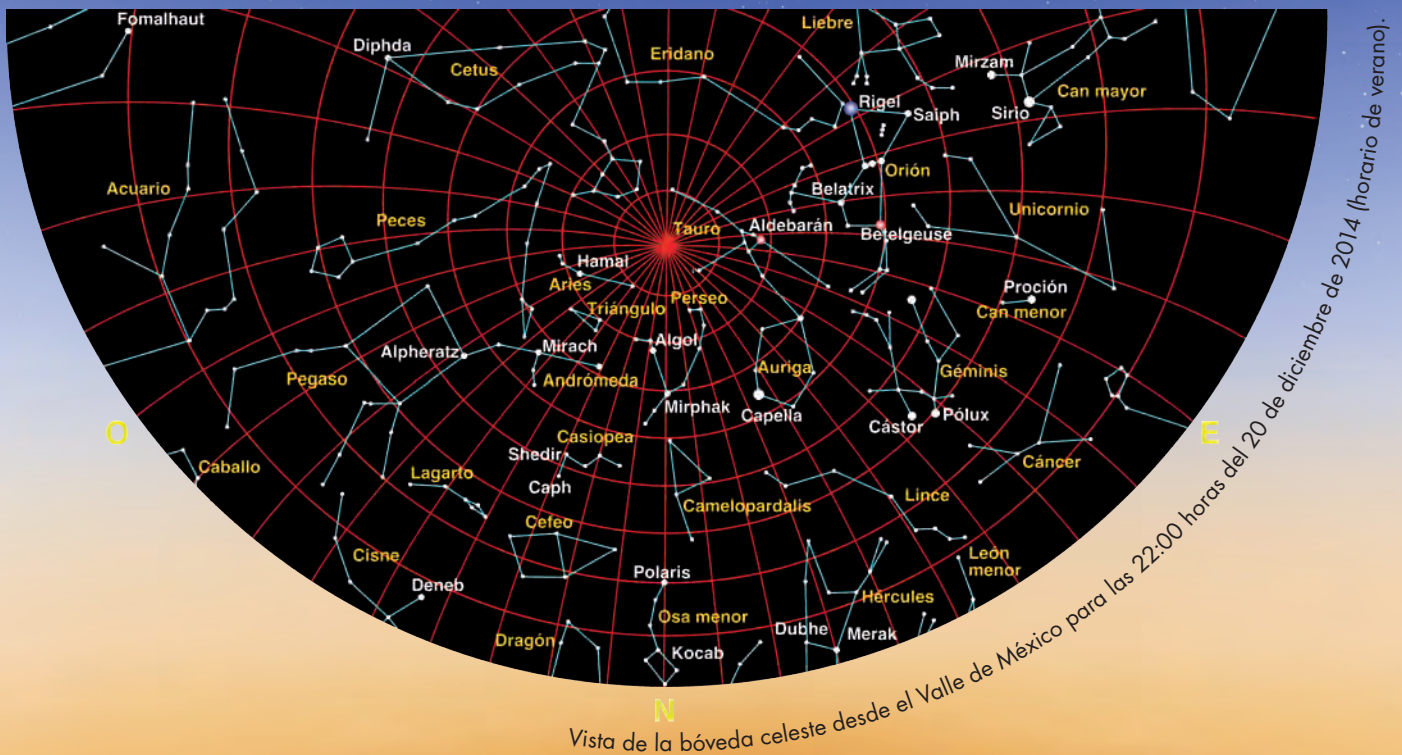
Vista de la bóveda celeste desde el Valle de México para las 22:00 horas del 20 de noviembre de 2014.

*Astrónomo del Planetario Luis Enrique Erro del IPN.
**Especialista en Ilustración Digital.

Un saludo a los amantes de Urania (*):

Este último par de meses del año presentan varios eventos de interés para los aficionados al cielo nocturno, ya que Mercurio alcanza su máximo alejamiento del Sol durante el amanecer del primer día de noviembre. En ese momento, presentará un tenue efecto de "fase menguante" como la Luna. El 18 tendremos una inusual conjunción entre Venus y Saturno. ¡No te la pierdas!

A mediados de diciembre se presenta una esperada lluvia meteórica y el 27, el cometa 15P/Finlay llegará a su perihelio (su mayor acercamiento al Sol) por lo que podría ser un objetivo para nuestros amigos astro-fotógrafos. No se olviden que el invierno en el hemisferio norte (verano en el sur) comenzará el 21 de diciembre con el Solsticio de invierno. ¡A disfrutar de las perlas que nos regala el cielo nocturno! **U**



Diciembre

Día	Hora	Objeto celeste	Evento
1	18:00	Luna-Urano	Urano 1.2° al Sur de la Luna
6	06:27	Luna	Fase de Luna Llena o Plenilunio
9	01:00	Júpiter	Estacionario (no está en retrogradación)
14	03:00	Constelación de Géminis	Máximo de la lluvia meteórica de Las Gemínidas
14	06:51	Luna	Fase de Cuarto Menguante
21	19:36	Luna	Fase de Luna Nueva
21	17:00	Sol	Solsticio de Invierno-Inicio del invierno
27	17:30	Sol-Cometa	Perihelio del cometa 15P/Finlay
28	13:00	Luna	Fase de Cuarto Creciente
29	21:40	Luna-Urano	Última ocultación de la Luna del año.

(*) Según la mitología griega, musa de la astronomía, hija de Zeus y de Mnemosine, la memoria.



Cristalografía



*Escritor y divulgador científico, con la colaboración de Primo Alberto Calva, investigador y divulgador científico.

Horizontales

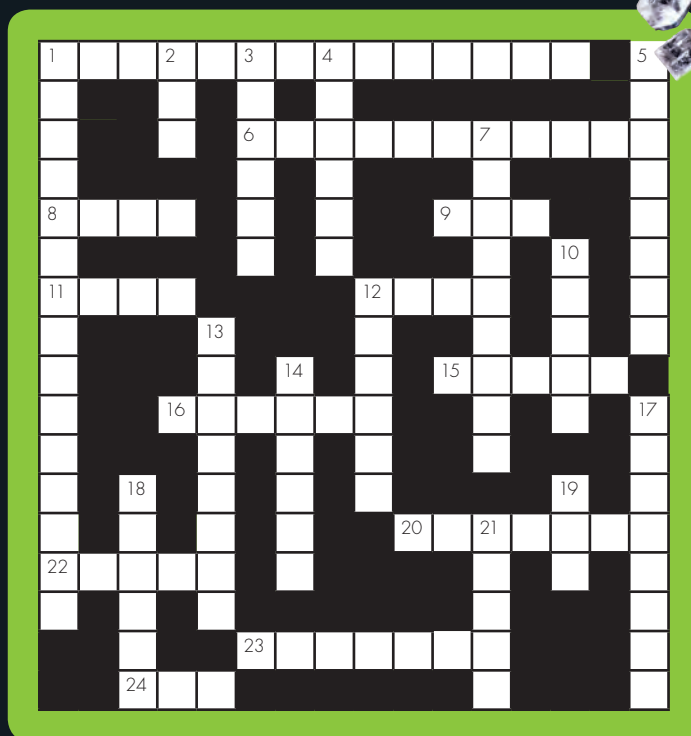
1. Es la ciencia que se dedica al estudio y resolución de estructuras cristalinas.
6. El mineral ortoclasa es un ejemplo de cristal _____, ya que es un sistema cristalino que consta de un eje binario, un plano perpendicular a este y un centro de inversión. Aparece invertido.
8. En los cristales, los ejes de simetría son ternarios cuando se producen _____ repeticiones, una cada 120° de giro.
9. Forma cristalográfica compuesta por _____ caras paralelas, que son simétricas respecto a un centro de simetría.
11. Max Von _____ físico alemán, galardonado con el Premio Nobel de Física en 1914 por sus descubrimientos de la difracción de los rayos X a través de cristales.
12. Los cristales del _____ son pequeños cristales de carbonato cálcico incrustados en la membrana gelatinosa otolítica. Los órganos otolíticos te permiten distinguir las distintas direcciones espaciales.
15. Es la agrupación simétrica de cristales idénticos.
16. La cristalografía _____ es la parte de la cristalografía que estudia la interacción electromagnética de la luz visible.

20. El cuarzo es un _____ compuesto por silicio y oxígeno, cuyos cristales tienen forma de prisma hexagonal terminado por dos romboedros que parecen una bipirámide hexagonal. Aparece invertido.

22. Investigaciones recientes han puesto en evidencia que el _____ rojo del Mediterráneo tiene un orden cristalográfico "casi perfecto a escala nanométrica", y podría ayudar a desarrollar nuevos materiales. Este invertebrado habita los fondos rocosos.

23. El _____ es un mineral muy parecido al diamante. Es un ejemplo de red cristalina mixta formada por átomos de carbono. Se emplea en reactores nucleares como moderador y para hacer la mina de los lápices.

24. La cristalografía permitió a Francis Crick y James Watson revelar, en 1953, la estructura de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico abreviado como _____.



Verticales

1. Los métodos _____ se apoyan fuertemente en el análisis de los patrones de difracción que surgen de una muestra cristalina al irradiarla con un haz de rayos X, neutrones o electrones. La estructura cristalina también puede ser estudiada por medio de microscopía electrónica.
2. Es un compuesto iónico formado por una combinación de iones de cloro y sodio, acomodados en una estructura cristalina con forma de sistema cúbico.
3. La disposición de los _____ en un cristal puede conocerse por difracción de los rayos X, de neutrones o electrones.
4. El sistema cristalino _____, también llamado isométrico, es uno de los siete sistemas cristalinos existentes en cristalografía. Se caracteriza porque la celda unidad de la red cristalina tiene la forma geométrica de cubo. Aparece invertido.
5. La _____ rige el mundo de los cristales. Ésta determina las leyes de distribución de los elementos estructurales en las redes cristalinas y la posición de las caras de los cristales en el espacio.
7. En los alimentos la función de la cristalización juega un papel importante. Por ejemplo, en el _____ se determina su textura y sabor dependiendo de la forma en que cristalicen los ácidos grasos del cacao.
10. En cristalografía se utiliza la notación de Herman-Mauguin, en la cual el _____ de simetría se describe como m. Aparece invertido.

12. Los cristales se describen por los sistemas cristalinos. Uno de ellos en el sistema hexagonal, en el cual existen _____ ejes cristalográficos, tres a 120° en el plano horizontal y uno vertical y perpendicular a ellos. Aparece invertido.

13. Es un mineral de fórmula química $MgAl_2O_4$. Perteneció al grupo de los óxidos, cristaliza en sistema cúbico y tiene una dureza de 8 en la Escala de Mohs.

14. Para poder identificar unívocamente un sistema de planos cristalográficos se les asigna un juego de tres números enteros que reciben el nombre de índices de _____.

17. Es un alótropo del carbono donde los átomos de carbono están dispuestos en una variante de la estructura cristalina cúbica. Es la segunda forma más estable del carbono, después del grafito. Tiene la más alta dureza.

18. Es un mineral del grupo de los sulfuros cuya fórmula química es FeS_2 . Suele aparecer en la naturaleza como cristales aislados en forma de cubos. En algunos lugares se conoce como "el oro de los tontos".

19. Siglas de la organización que proclamó al 2014 el Año Internacional de la Cristalografía conmemorando de esta manera no solo el centenario de la difracción de los rayos X como herramienta para el estudio de la materia cristalina, sino también el 400 aniversario de la observación de simetría de los cristales de hielo por Johannes Kepler.

21. Cuando una persona tiene cálculos en el _____ es importante determinar no sólo el tipo de cristales que se están formando para poder eliminarlos, sino también para encontrar un mecanismo de prevención para que no se formen más. **U**



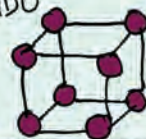
DICEN POR AHÍ QUE LOS CRISTALES SON UN TIPO DE MATERIAL MUY ESPECIAL.



Y ASÍ ES. UN CRISTAL TIENE UNA ESTRUCTURA ATÓMICA PARTICULAR



BUENO, NO ESTÁ DE MÁS SABER QUE ÁTOMOS Y MOLECULAS EN UN CRISTAL DEBEN FORMAR UN PATRÓN ORDENADO



LA UNIDAD BÁSICA DE ESTE PATRÓN SE LLAMA "CELDA CRISTALINA"



ESTE PATRÓN PERIÓDICO DETERMINA LAS PROPIEDADES DE CADA CRISTAL.



PARA OBTENER UN CRISTAL SE NECESITAN CONDICIONES FÍSICAS ESPECIALES



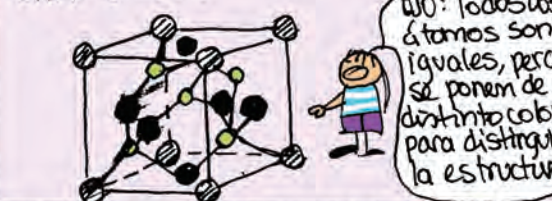
LOS COPOS DE NIEVE SE FORMAN CUANDO GOTAS MICROSCÓPICAS DE AGUA EN LAS NUBES SE ENFRÍAN MUY RAPIDAMENTE



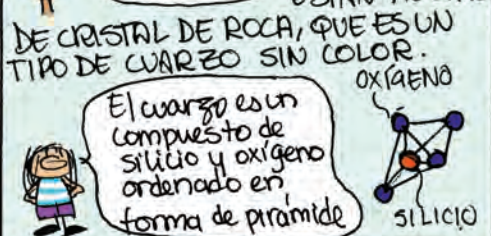
UN MISMO ELEMENTO PUEDE PRODUCIR CRISTALES CON PROPIEDADES DISTINTAS. TANTO EL GRAFITO COMO EL DIAMANTE ESTÁN FORMADOS POR ÁTOMOS DE CARBONO.



MIENTRAS QUE EN EL DIAMANTE, LOS ÁTOMOS ESTÁN ACOMODADOS EN CUBOS CON ÁTOMOS EN CADA ESQUINA, EN CADA CARA Y ADENTRO DEL MISMO



¿Y mis zapatillas? LAS ZAPATILLAS DE CRISTAL ESTÁN HECHAS DE CRISTAL DE ROCA, QUE ES UN TIPO DE CUARZO SIN COLOR.



EL PROCESO DE FORMACIÓN DEL CRISTAL DE ROCA PUEDE LLEVAR MILLONES DE AÑOS



NOTA: El amor es muy poderoso, pero hasta la fecha no se ha sabido que convierte el gráfita en diamante o cosa similar. Pero nos gustan los finales felices.

Síguenos...

En nuestro siguiente número:

Son un signo de cortesía y amabilidad, y no solo alegran los momentos inolvidables de nuestra vida, las bebidas mexicanas generan importantes fuentes de empleo y ocupan un lugar fundamental de nuestra economía.

Síguenos en nuestro siguiente número donde hablaremos de la ciencia, la economía y la cultura que hay alrededor de estos productos cien por ciento mexicanos.



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

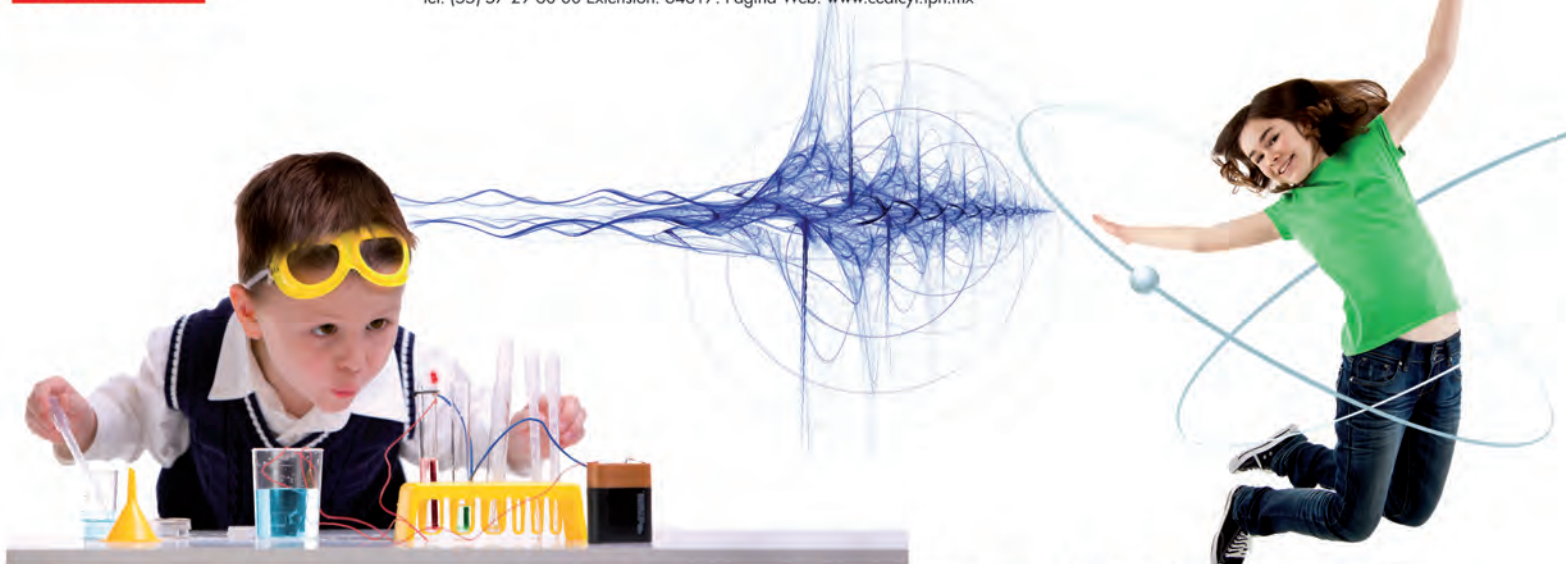


**MUSEO
TEZOZÓMOC**

Ven y vive la energía en acción

Visitas y recorridos: Las visitas al Museo Tezozómoc podemos hacerlas de manera individual o grupal, programadas o espontáneas ya que abre sus puertas de lunes a viernes de 9 a 18 horas y, los fines de semana, así como los días festivos, de 10 a 17 horas.

Lugar de encuentro: Av. Zempoaltecas s/n, Esq. Av. Manuel Salazar, Exhacienda el Rosario, Delegación Azcapotzalco, México D. F., C. P. 02420.
Tel. (55) 57 29 60 00 Extensión: 64817. Página Web: www.cedicyt.ipn.mx



www.cedicyt.ipn.mx

