

CICLO

# LA CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE

Guía didáctica



DESQBRE  
EL CINE CIENTÍFICO

# SUMARIO

## LA CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE

Introducción .....	3
Los cristales y la cristalografía .....	7
Objetivo .....	8

## PELÍCULAS

La amenaza de Andrómeda .....	9
Indiana Jones y el Reino de la Calavera de Cristal .....	13
Superman .....	17
El misterio de los cristales gigantes.....	21
Life Story: The Race to the Double Helix.....	27
Los archivos de la Tierra.....	35
Selección de documentales de cristalografía accesibles <i>online</i> .....	41

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Indiana Jones y el cristal de la calavera (Juan Manuel García Ruiz) .....	46
La leyenda de las calaveras de cristal (Jane MacLaren Walsh).....	48
Descubre lo que la cristalografía puede hacer por ti .....	56



DESCUBRE  
EL CINE CIENTÍFICO

DESCUBRE EL CINE CIENTÍFICO

LA CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE. GUÍA DIDÁCTICA

Edita: Fundación Descubre

Textos: Juan Manuel García Ruiz y Martha Santana Ibáñez

© 2014. FUNDACIÓN DESCUBRE

Guía optimizada para imprimir en papel formato DIN-A4 a doble cara

# INTRODUCCIÓN

## CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE

“-Mira la pequeña gema -dijo Laura poniéndomela en la mano-. Ves que los cristales del contorno son límpidos como el hielo y ve-teados de matices opacos blancos como la nieve. Ven conmigo, y verás de cerca esos glaciares eternos donde el frío es desconocido y la muerte no puede sorprendernos (...) vamos a ver las auroras boreales permanentes que jamás ha contemplado el hombre, y comprenderás que en este universo inmóvil según tú, palpita la vida más intensa en aspiraciones de una energía tan formidable...” (George Sand, *Voyage dans le cristal*).

Los cristales han tenido y tienen un atractivo singular para los humanos. Hombres y mujeres se han sentido atraídos por ellos desde los inicios de nuestra propia conciencia. El origen de esa atracción es un enigma y probablemente lo será por algún tiempo, pero lo que sí es evidente es que el significado de los cristales en la cultura y en las religiones ha cambiado substancialmente a lo largo de la historia. Cuando nace la cinematografía a principios del siglo XX, la idea de cristal como icono de la perfección geométrica y del poder de la razón, del poder de la inteligencia -ya sea humana, extraterrestre o cualquier otro tipo de inteligencia- había penetrado ya profundamente en la cultura. Lo había hecho en la literatura, la pintura, la escultura y la arquitectura y lo estaba haciendo en las nuevas artes, como en el cómic y, por supuesto, en el cine.

Existen numerosas películas que de una u otra forma están relacionadas con los cristales. Realizar una selección que sirva para introducir el mundo de los cristales y la cristalografía al público en general, no es fácil. En la mayoría de esas películas los cristales tienen una connotación misteriosa, de poder oculto. Los cristales están, por ejemplo, ligados a los superpoderes de los héroes del cómic; a las gigantescas y enigmáticas fuentes de energía de diferentes armas de destrucción o de defensa. Son fuentes de otro tipo de vida, como en *Andrómeda*, o de poder, como el cristal en la mano de Logan 5, en la obra de William F. Nolan y George Clayton Johnson, llevada al cine en 1976 por Michael Anderson: *Logan's Run*. o el Cristal Oscuro (*The dark cristal*, 1982) y la base de la fantasía desbordante de Him Jenson.

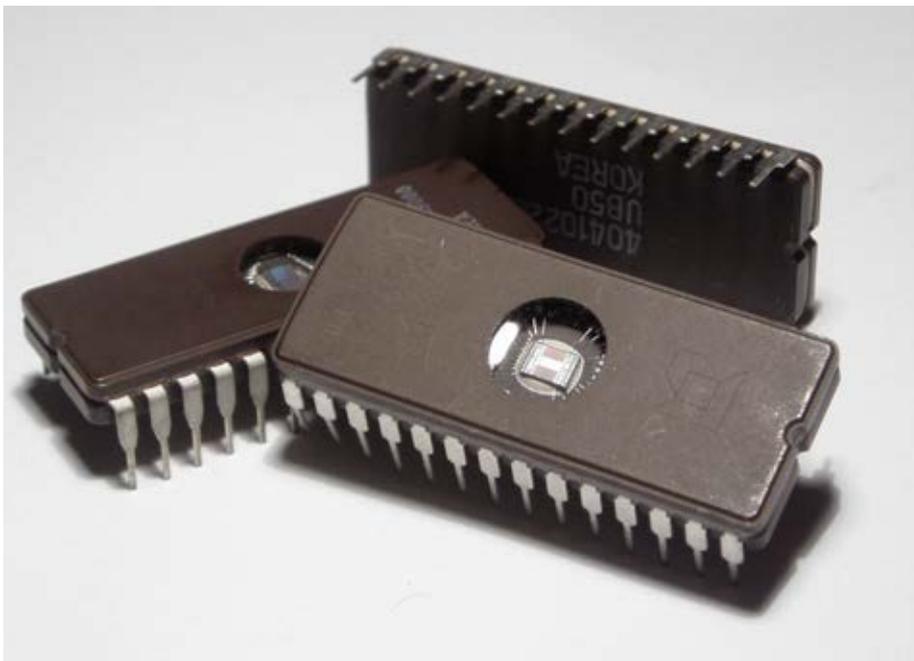
En cierta medida, las sorprendentes propiedades físicas de los cristales reales canalizaron la imaginación de los guionistas y escritores a considerar el cristal como un estado de la materia dotado de poderes sobrenaturales. Esas fabulosas propiedades físicas de los cristales son las que permiten, por ejemplo, que detectemos cuerpos distantes (como lo hace el sónar) o un cuerpo caliente (para que se abra una puerta automática cuando nos acercamos

a ella), que se genere una chispa de un arco voltaico que prenda un gas (así funciona un mechero), que una placa rugosa emita sonidos musicales (un tocadiscos), que podamos desvelar la estructura atómica de la materia (con los rayos X), o que almacenemos millones de bit de información (con los semiconductores). Si sabemos que los cristales son capaces de hacer todo eso en la vida real ¿qué no podrán hacer en la ficción? Por esta razón, hemos seleccionado la película *Andrómeda* que explota esos poderes fantasiosos de los cristales, pero que lo hace con una metodología propia de la ciencia, como se discutirá en la guía didáctica que la acompaña.

No es de extrañar que los cristales hayan estado condenados a ser usurpados por las corrientes esotéricas a lo largo de toda la historia, incluso hasta nuestros días. Ciertamente, la singularidad de los cristales con respecto a cualquier otro material de la naturaleza tuvo un impacto importante en la creación de la conciencia y posteriormente en la creación de la mentalidad mítica, atribuyéndoseles conexiones con el más allá, con los dioses y con los poderes ocultos de la materia. Desde la Grecia clásica los minerales han sido usados en medicina por sus pretendidas

propiedades de sanación. Hoy, en el siglo XXI no hay razón para mantener esa lectura arcaica de la idea de cristal, y por eso hemos elegido *Indiana Jones y la calavera de cristal* para hablar del origen de esos falsos poderes.

La existencia de cristales gigantes ocultos bajo la superficie de la Tierra ha sido durante mucho tiempo una atractiva idea que se ha ganado un lugar en el imaginario colectivo. El sueño comenzó a tomar forma en el siglo XVIII, cuando la Europa de la Ilustración fue invadida por bellas muestras cristalinas de minerales recogidos en todo el mundo, especialmente en América, para exhibirlas y estudiarlas en los gabinetes y museos de Historia Natural. A principios del siglo XIX estas colecciones de minerales fueron importantísimas para la fundación de la moderna teoría de los cristales de Romé de L'Isle y René Haüy, la teoría que imagina el interior de los cristales como un apilamiento perfectamente ordenado de minúsculos e idénticos pedacitos de materia que rellena el volumen. Fue también en ese momento cuando los cristales se colaron en el mundo de la cultura y artistas como Goethe quedaron fascinados con su perfección geométrica. Sin embargo, la idea de un escenario



Las propiedades físicas de los cristales son fabulosas. Por ejemplo, el sonar o el ecógrafo de un hospital funcionan gracias a la piezoelectricidad de los cristales, los detectores de infrarrojos a la piroelectricidad, las pantallas de LCD a los cristales líquidos y casi toda la electrónica a las propiedades semiconductoras de los cristales.

---

de cristales gigantes fue probablemente mejor evocada durante la segunda parte del siglo XIX por Jules Verne en su exitoso libro *Voyage au centre de la Terre*, así como por George Sand en su romántica novela *Voyage dans le cristal*. Más tarde, durante la primera mitad del siglo XX, la supuesta existencia de esos grandes cristales fue retomada en la literatura de ciencia ficción, en los cómics y en guiones para programas de radio o de televisión. Pero sin lugar a dudas, la película icónica del poder misterioso de los cristales, la que no podía faltar en un proyecto como este y que impactó en varias generaciones de todo el mundo, es Superman, el mítico héroe con súper poderes, los cristales de Krypton (su ficticio planeta de origen), y, por supuesto, los cristales de la memoria de la Fortaleza de la Soledad.

## LOS CRISTALES TIENEN UN PODER, UN GRAN PODER. PERO NO ES EL PODER ESOTÉRICO Y MISTERIOSO QUE LOS CHARLATANES Y SANADORES LES ATRIBUYEN

En 2002, decenas de años después de esas películas de ciencia ficción que hemos mencionado y más de un siglo después de aquellas novelas románticas, se descubrieron en la mina de Naica, en México, unos cristales gigantes de yeso absolutamente espectaculares. Son cristales que compiten en belleza con los cualquier obra cinematográfica o pictórica o con las descripciones literarias creadas por la imaginación de los artistas. No hay misterio alguno en su creación, o mejor dicho, el misterio ha sido desvelado por un equipo de científicos que lo han contado en un documental didáctico que incluimos en el ciclo y que se titula *El Misterio de los Cristales Gigantes*.

Pero sí: los cristales tiene un poder, un gran poder. Pero no es el poder esotérico y misterioso que los charlatanes y sanadores les atribuyen. Es el poder de servir como 'microscopio' para ver la estructura interna de la materia mediante el uso de los rayos X y el fenómeno de la difracción. Gracias a ellos, hoy en día sabemos cómo son las medicinas que usamos, cómo son las proteínas y cómo es la estructura del ADN. Para comprobarlo hemos seleccionado una película que dramatiza una carrera científica real entre dos laboratorios y dos formas de entender la ciencia. Una carrera por descubrir el secreto de la vida, por descubrir la estructura del ADN. La película se llama *Life Story: The Race of double Helix*.

---

La simetría de los ángulos diedros de los cristales, la responsable de sus aristas rectas y sus caras planas, se ha presentado siempre como opuesta a la simetría de la vida, la que está basada en la curvatura continua y en la ramificación. Por eso, cuando se han buscado los restos de los organismos primitivos más antiguos sobre la Tierra, se han identificado como microfósiles microestructuras que tenían formas curvas imposibles de ser cristalinas. Pero una investigación española ha permitido demostrar que bajo ciertas condiciones, los cristales pueden crear morfologías que imitan a la

de los organismos vivos más primitivos, lo que pone en duda la identificación de la edad de la vida sobre la Tierra. A ese extraordinario y sugerente problema se dedica el sexto documental que proponemos, que lleva el título de *Los Archivos de la Tierra*.

Finalmente, hemos seleccionado una serie de videos de corto metraje accesibles en Internet y de muy buena factura, que acercan al espectador a descubrir el papel de los cristales y la cristalografía en el mundo actual.



Mediante reacciones puramente inorgánicas pueden crearse estructuras minerales que imitan las formas de los organismos vivos más primitivos. Estructura estromatolítica formada hace 2700 millones de años. Formación Tumbiana. Australia. Foto: Héctor Garrido/CSIC.

# LOS CRISTALES Y LA CRISTALOGRAFÍA

## ¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS CRISTALES?

Un cristal es la materia ordenada, un volumen de materia que está formado por átomos, moléculas o macromoléculas ordenados de forma periódica que externamente se suele presentar como una figura poliédrica con caras, aristas y ángulos diedros. Ese orden periódico de la materia característico de los cristales les confiere propiedades que han sido fundamentales para el desarrollo de la sociedad del bienestar, tanto que la Asamblea General de la ONU declaró el año 2014 como Año Internacional de la Cristalografía, la disciplina científica que estudia los cristales.

La técnicas de estudio desarrolladas por los cristalógrafos han logrado revelar la estructura de la materia y por tanto la explicación de sus propiedades, un trabajo que ha hecho que la cristalografía sea la disciplina con mayor número de Premios Nobel hasta la fecha. Esa información ha servido para conocer la estructura de un sinnúmero de materiales, desde la sal común o los medicamentos más eficaces hasta las complejas moléculas de la vida: ácidos nucleicos, virus y proteínas. Esa información fundamental ha hecho posible extraordinarios descubrimientos y avances en medicina, ingeniería de materiales, química, geología y farmacología, contribuyendo de forma insustituible a dotar a la sociedad actual de mejoras sustanciales de la calidad de vida.

**LOS CRISTALES FORMAN PARTE DE NUESTRA VIDA COTIDIANA. EN ALIMENTOS DIARIOS COMO LA SAL, EL AZÚCAR, EL CHOCOLATE O LOS HELADOS, USAMOS LA CRISTALOGRAFÍA PARA MEJORAR SU SABOR O SUS CONDICIONES DE CONSERVACIÓN**

Gracias a la cristalografía podemos conocer cómo se disponen las moléculas en el espacio y aprovechar ese conocimiento para comprender tanto el funcionamiento molecular de los medicamentos como la manera en que podemos mejorarlos.

La mayoría de los materiales que utilizamos hoy en día como los semiconductores, los superconductores, las aleaciones ligeras, los elementos de óptica no lineal y los catalizadores son cristalinos; y también lo son los materiales llamados a diseñar nuestro futuro como los cuasicristales y el grafeno.

Los cristales forman parte de nuestra vida cotidiana. Desde alimentos diarios como la sal, el azúcar, el chocolate o los helados, usamos la cristalografía para mejorar su sabor o sus condiciones de conservación. Usamos nuestro conocimiento sobre cristales para entender cómo se puede mejorar la cáscara del huevo o construir prótesis más biocompatibles que imiten la estructura de nuestros huesos. Desde los cristales líquidos de las pantallas de nuestros móviles o televisores, hasta los cristales semiconductores de los omnipresentes chips, pasando por los nuevos materiales que permiten la obtención y almacenamiento de energías limpias como las placas solares. Desde la cristalización de abonos, fertilizantes y otros productos agroquímicos hasta la producción de las zeolitas, un material cristalino de alta porosidad que es clave para el refinado del petróleo, es decir, para obtener mejores combustibles. Y desde luego, la belleza de las gemas, baratas y caras, sintéticas o naturales, tiene su origen en las propiedades ópticas de los cristales.

## OBJETIVO

Descubre el cine científico sirve como herramienta útil y divertida para la enseñanza y divulgación de la ciencia para todos los públicos.

*Cristalografía en el cine* es una guía didáctica con la que pretendemos acercarnos a la cristalografía, esa ciencia desconocida que nos hace la vida más fácil, que este año 2014 celebra su año internacional: el Año Internacional de la Cristalografía, declarado por la Asamblea de las Naciones Unidas.

Esperamos que la disfrutéis.

### LOS AUTORES

**Juan Manuel García Ruiz** es Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra en Granada. Fundador del Laboratorio de Estudios Cristalográficos y de la Factoría Española de Cristalización, Juanma es experto en cristalografía y cristalización de minerales, fármacos, proteínas y nuevos materiales. Es el autor de numerosos trabajos de divulgación de la cristalografía entre ellos el guion del documental "El misterio de los cristales gigantes" y el creador del Concurso de Cristalización en la Escuela que se realiza en Andalucía desde el año 2009.

**Martha Santana Ibáñez** es abogada y directora de Triana Science & Technology desde 2004. Esta empresa es una *spin off* del CSIC, que además de producir y comercializar productos de cristalización, desde el año 2010 desarrolla una línea de productos de didáctica y divulgación de la cristalografía.

Los autores quieren agradecer a Josefina Perles e Isabel Álvarez las sugerencias realizadas y la revisión de los textos.





# LA AMENAZA DE ANDRÓMEDA

Título original

*The Andromeda strain*

Año

1971

Director

Robert Wise

Guion

Nelson Gidding, basado en la novela de Michael Crichton

Duración

130 min

Género

Ciencia ficción

Reparto

Arthur Hill, David Wayne, Kate Reid, James Olson y Paula Kelly

## Sinopsis

Después de que un satélite artificial se estrelle en una remota aldea de Nuevo México, el equipo encargado de recuperarlo descubre que casi todos los habitantes del lugar han perecido víctimas de una horrible muerte, con la misteriosa excepción de un niño y un anciano. Los supervivientes son trasladados a un laboratorio de avanzadísima tecnología, situado bajo tierra, donde los perplejos científicos tratan de determinar la naturaleza del mortífero microbio antes de que se propague por todo el mundo. Mientras que la mayoría del equipo investiga el organismo en un intento de averiguar cómo funciona, uno de los médicos, Mark Hall, intenta encontrar una cura mediante el estudio de las causas de la supervivencia del anciano y del niño.

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

*La amenaza de Andrómeda* es un clásico de la ciencia ficción que permite acercarnos a problemas de fondo tan interesantes como las características del método científico, que distinguen la ciencia de otros tipos de conocimiento. Además de tratar algunas aplicaciones de la cristalografía, aborda cuestiones relacionadas con la frontera entre la materia inorgánica y la vida.

# LA AMENAZA DE ANDRÓMEDA

## CUESTIONES



a ¿Cuáles son los compuestos fundamentales de la vida en la Tierra?



b ¿Cuáles son las características físicas y químicas que distinguen a un organismo vivo y un objeto inanimado?



c Al inicio de la película los militares ordenan un vuelo con luz Infrarroja sobre Diamond. ¿Qué objetivo persigue esta operación con luz infrarroja?



d Cuando los científicos llegan a Wildfire tienen que pasar por una serie de pruebas y controles. ¿Qué finalidad tienen esas operaciones?



e ¿Cómo llega el equipo de científicos a determinar el tamaño de Andrómeda?



f Tras aislar e identificar a Andrómeda, los científicos observan que no hay aminoácidos, ni proteínas, ni enzimas, ni ácidos nucleicos, es decir, que Andrómeda no contiene las moléculas imprescindibles para que se den reacciones bioquímicas, y se dan cuenta de que: (señala la respuesta correcta)

- Crece y se reproduce
- Debe haber evolucionado de una forma diferente
- La única forma de atacarlo es resolver su estructura molecular
- Todas son correctas.



g ¿Sabrías decir cuál es la importancia de conocer la estructura molecular de una molécula de un compuesto químico?

Tras observar la muestra de Andrómeda en el microscopio electrónico a 79.000 aumentos, los científicos de la película identifican algo interesante en su forma. ¿Recuerdas qué dicen? ¿Qué características tiene lo que observan al microscopio?



¿Por qué lo que observan parece dar una respuesta?

¿Por qué se dice que los cristales `crecen`?



Enfrentarse al complejo problema de resolver la estructura molecular del cristal que resultó ser Andrómeda no podía resolverse con la rapidez que la situación requería. Los científicos reconocen que (señala la respuesta correcta):

- “Podrían pasar años trabajando con esa cosa, sin resolver su estructura”
- “Estaríamos a medio camino si identificamos qué le impide crecer”

¿Fue útil esa estrategia para resolver el problema?

Si no hubieran identificado qué factores alimentaban el crecimiento de esa materia y cuáles se lo impedían, ¿podían haber resuelto el problema?



¿Qué hubiera pasado con Andrómeda si hubieran aplicado la `cauterización nuclear`, es decir, la radiación atómica, sobre esa materia que se alimenta de energía?



¿Te has fijado cómo en todas las películas de ciencia ficción, cuando hay problemas, llaman a los científicos? ¿Consideras útil el trabajo de los científicos y científicas?



¿Recuerdas este diálogo al inicio de la película?

“En la crisis biológica que nuestra exploración en el espacio pudiera provocar, el Laboratorio XXX podría ser la solución adecuada. Un organismo que se ocupe de formas extraterrestres de vida, de contención y limite la propagación.”

### TEMAS DE DEBATE

1. ¿Es el conocimiento científico la mejor manera de entender el mundo, de resolver los problemas que tenemos y de manejar mejor el planeta? ¿Crees que puede haber otras formas de conocimiento mejores?

3. ¿Sabrías decir cómo se hace ciencia? ¿Puedes describir los pasos del método científico? ¿Te animas a utilizar algún pasaje de la película para ilustrarlos? ¿Crees que es útil que los científicos se planteen preguntas y busquen respuestas incluso antes de que se presenten los problemas concretos?

2. ¿Estás a favor o en contra de la siguiente afirmación?:

“No debemos alentar al Presidente en la idea de que los científicos son todopoderosos. Si perdemos el control y podría ser James, ni Ud. podría evitarlo.”

Explica por qué.



### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

#### LECTURA SUGERIDA

FRANCIS CRICK. *Qué loco propósito. Una visión personal del descubrimiento científico.* Editorial Tusquets. 2008.

### MÁS INFORMACIÓN

Enlace a la ficha técnica de la película en IMDB:  
[http://www.imdb.com/title/tt0066769/?ref\\_=fn\\_al\\_tt\\_2](http://www.imdb.com/title/tt0066769/?ref_=fn_al_tt_2)

Curiosidades:  
<http://elprofedefisica.naukas.com>



# INDIANA JONES Y EL REINO DE LA CALAVERA DE CRISTAL

Título original

*Indiana Jones and the Kingdom of the Crystal Skull*  
(Indiana Jones 4)

Director

Steven Spielberg

Casting

Harrison Ford, Cate Blanchett,  
Shia LaBeouf, Karen Allen,  
John Hurt, Ray Winstone,  
Jim Broadbent y Joel Stoffer

Año

2008

Duración

125 min.

## Sinopsis

La película está ambientada en 1957, con la Guerra Fría de fondo. Indiana Jones y su amigo Mac acaban de escapar de las garras de unos agentes soviéticos en un remoto aeropuerto. El decano de la Universidad confiesa a su amigo, el profesor Jones, que las últimas misiones de Indy han fracasado y que está a punto de ser despedido. Mientras tanto, Indiana conoce a Mutt, un joven rebelde que le propone un trato: si le ayuda a resolver un problema personal, él le facilitaría, a cambio, uno de los descubrimientos más espectaculares de la historia: la Calavera de Cristal de Akator, que se encuentra en un lugar remoto del Perú. Pero los agentes soviéticos, dirigidos por la fría y bella Irina Spalko, tienen el mismo objetivo. Jones y Mutt son encontrados y secuestrados por los soviéticos. Ellos les explican que creen que el cráneo tiene un origen extraterrestre y que posee poderes psíquicos muy útiles para ganar la Guerra Fría.

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

Os preguntaráis por qué hemos elegido esta película para un ciclo de cine y cristalografía. La razón es doble. La primera, porque es una excelente película que trata de una calavera tallada en cristal de roca, en cuarzo. La segunda razón es porque usa el cristal como objeto con poderes mágicos, aprovechando esa tendencia universal e histórica de creer que los cristales tienen una misteriosa energía con poderes benéficos y curativos.

Pensamos que es una buena ocasión para contraponer los supuestos poderes mágicos de los cristales con las aún más fabulosas propiedades que tienen los cristales de cuarzo. Vamos a ver que además de ciertas y útiles, las propiedades físicas de los cristales son tan maravillosas como las supuestas propiedades mágicas que claman los curanderos, santeros y charlatanes de la cristalomancia (creencia en la capacidad de los cristales en predecir el futuro y cambiar el destino). Para introducirnos en el tema recomendamos comenzar por la lectura de los dos artículos que proponemos en las actividades complementarias de esta guía. El primero de ellos es una descripción de la propia aventura de investigación de la antropóloga Jane MacLaren Walsh en busca de la veracidad o falsedad de las calaveras de cristal mesoamericano, que es la historia en la que se basa la película. El segundo de ellos es una reseña crítica de la propia película, realizada por el cristalógrafo Juan Manuel García Ruiz pero con un título ligeramente cambiado: 'Indiana Jones y el cristal de la calavera'.

Esta película se presta a realizar actividades de las áreas de historia y de ciencias.

# INDIANA JONES Y EL REINO DE LA CALAVERA DE CRISTAL

## CUESTIONES

a

La calavera de cristal es de cuarzo  
¿Cuál es la composición química del cuarzo?

b

¿El cuarzo es un mineral o se fabrica sintéticamente?

c

¿Con qué otro nombre se conoce al cuarzo?

¿Sabes cuáles son las variedades del cuarzo?

d

e

¿Cuántas calaveras de cristal existen?

f

¿De qué variedad de cuarzo son las calaveras?

¿Por qué las calaveras de cristal son falsas?

g





¿Qué técnicas se han usado para demostrar que las calaveras no son prehistóricas?



¿Cómo funciona un reloj de cuarzo?



¿Qué es un cristal piezo-eléctrico?

¿Cómo funciona el sonar?



¿Qué es la piroelectricidad?



¿Cómo funciona el mecanismo que abre las puertas automáticas cuando entras en una gran superficie o un hotel moderno?

### TEMAS DE DEBATE

2. ¿Qué diferencia hay entre el conocimiento científico y el conocimiento esotérico, el que pertenece a las ciencias ocultas?

1. ¿Crees en los poderes mágicos de los cristales? ¿Crees que los cristales tienen una energía curativa? Explica las razones de tu respuesta.

3. ¿Por qué crees que hay personas que creen en las llamadas ciencias ocultas como la cristaloterapia, que dice poder curar las enfermedades con cristales?

4. ¿Conoces a alguien que asegure que se haya curado de alguna enfermedad o malestar con un cristal?

### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Realiza una tabla con ejemplos de cristales de origen natural y artificial (sintético).
- Realiza un experimento de cristalización por enfriamiento. Haz un experimento de cristalización enfriando la disolución rápidamente y otro enfriando lentamente. Compara los resultados y haz tu informe científico. Puedes usar sales como el sulfato de cobre (pregúntale a tu profesor/a para conseguirlas) o puedes usar el kit de cristalización de fosfato monoamónico de Triana S&T que está diseñado para eso.
- ¿Podrías formular los compuestos químicos que se han mencionado anteriormente?
- Investiga dónde está la colección de minerales en tu pueblo o ciudad. Probablemente hay una buena colección en tu colegio. Busca el cuarzo y haz un informe sobre las propiedades y variedades del cuarzo.

### LECTURAS SUGERIDAS

Juan Manuel García-Ruiz. *Indiana Jones y el cristal de la calavera*. Diario de Sevilla. 1 de junio de 2010. Ver información complementaria de esta guía didáctica, pág. 46.

Jane MacLaren Walsh, *Legend of the crystal skulls*. *Archeology*, 61 (2008) Mayo/Junio. Ver información complementaria de esta guía didáctica, pág. 48.

### MÁS INFORMACIÓN

Enlace a la ficha técnica de la película en IMDB:  
[http://www.imdb.com/title/tt0367882/?ref\\_=sr\\_2](http://www.imdb.com/title/tt0367882/?ref_=sr_2)

Enlace a la página web de la revista *Archeology* con los artículos sobre las calaveras de cristal:  
<http://archive.archaeology.org/0805/>

#### Título original

Superman The Movie

#### Director

Richard Donner

#### Guion

Robert Benton, David Newman, Leslie Newman, Mario Puzo. Basado en el Cómic de Joe Shuster y Jerry Siegel

#### Duración

143 min

#### Género

Ciencia Ficción

#### Reparto

Christopher Reeve, Marlon Brando, Margot Kidder, Gene Hackman, Terence Stamp y Glenn Ford

#### Año

1978



# SUPERMAN

## Sinopsis

Desde una galaxia remota, los padres de un recién nacido tienen que enviarlo al espacio debido a la inminente destrucción del planeta donde viven. La nave aterriza en la Tierra y el niño es adoptado por unos granjeros que le inculcan los mejores valores humanos. Con los años, el joven se irá a Metrópolis y allí usará sus poderes sobrenaturales para luchar contra el mal.

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

La existencia de cristales gigantes ocultos debajo de la superficie de la Tierra ha sido durante mucho tiempo una idea atractiva que se ha ganado un lugar en el imaginario colectivo. El sueño comenzó a tomar forma en el siglo XVIII, cuando la Europa de la Ilustración se maravillaba con los minerales cristalinos recogidos en todo el mundo y se presentaban en los gabinetes de Historia Natural y en los Museos Nacionales. A principios del siglo XIX, el estudio de esas colecciones minerales desencadenó la fundación de la teoría moderna de los cristales, desarrollada por Romé de L'Isle y René Haüy. También en esa época fue cuando los cristales impregnaron la cultura humanística. Artistas como Goethe quedaron fascinados por la perfección geométrica de los cristales. Sin embargo, tenemos que esperar a la segunda parte del siglo XIX, para tener un escenario de cristales gigantes. Julio Verne evocaba uno en su gran éxito literario 'Viaje al centro de la Tierra'. Y no podemos olvidarnos de George Sand, y de su novela romántica 'Voyage dans le cristal'.

Más tarde, durante el siglo XX, la soñada existencia de cristales gigantes se retomó en la literatura de ciencia-ficción, en cómics y en guiones para programas de radio o de televisión. Entre todos ellos, los que tuvieron un impacto universal sobre varias generaciones son sin duda el mítico héroe Superman y los cristales de su planeta de origen, Krypton, los cristales-memoria de la Fortaleza de la Soledad. Esa es la razón por la que hemos elegido esta película: para pensar y debatir el papel que la idea de cristal ha jugado en la filosofía, la literatura, la pintura y el arte a lo largo de los siglos.

# SUPERMAN

## CUESTIONES



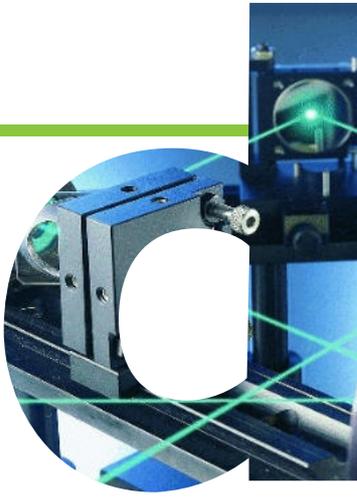
Kripton, el planeta de donde procedía Superman, estaba helado y la población vivía en el subsuelo rodeada de gigantescas columnas de hielo. ¿Sabrías qué relación guarda esa imagen con el origen de la palabra `cristales´ en las lenguas latinas?



¿Encuentras alguna semejanza entre los cristales que colocó el padre de Superman en su nave y algún elemento de los que utilizamos hoy en día?



¿Qué propiedades reales de los cristales conoces?



Superman tiene numerosos poderes. Pero hoy vamos a centrarnos en dos: la visión de rayos X y los rayos láser. ¿Sabrías decir qué son los rayos láser y para qué sirven?

¿Sabrías decir qué son los rayos X y qué utilidad práctica tienen?



ICE ROAD IN THE NORTHWEST TERRITORIES. IAN MACKENZIE

## TEMAS DE DEBATE

1. Cuando se escribió Superman no se sabía que los cristales podían almacenar memoria. Hoy, los semiconductores de silicio cristalino se usan en todos los ordenadores. ¿Crees que se podrán construir memorias basadas en cristales de proteínas y otras macromoléculas?

2. En el caso anterior, la literatura de ciencia ficción se adelantó al futuro ¿Crees que siempre es así? Piensa en 2001: una odisea en el espacio o en Blade Runner.



## ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Realiza un estudio de las tendencias actuales y el futuro del almacenamiento de memoria.
- ¿Conoces alguna obra literaria que haya sido inspirada por la ciencia? ¿Y obras basadas en cristales? Comenta sus argumentos.

## LECTURAS SUGERIDAS

Julio Verne. *Viaje al centro de la Tierra*. Editorial Anaya, 2004. ISBN: 9788466705707

George Sand. *Viaje a través del cristal*. Editorial Astri. 2000. ISBN: 8446908530

David Hernando. *Superman: la creación de un superhéroe*. Timunmas, 2013. ISBN 9788448008994

## MÁS INFORMACIÓN

Una excelente página web sobre Superman:

<http://superman.marianobayona.com/superman1938andbeyond.htm>

Enlace a la ficha técnica de la película en IMDB:

<http://www.imdb.com/title/tt0078346/>



# EL MISTERIO DE LOS CRISTALES GIGANTES



## Título

*El Misterio de los Cristales Gigantes*

## Dirección

Javier Trueba

## Guion y Presentación

Juan Manuel García Ruiz

## Duración

50 min

## Género

Documental

## Año

2010

## Sinopsis

*El misterio de los cristales gigantes* es una fascinante aventura de investigación científica. Un viaje en el que nos adentraremos en las profundidades de la Tierra en busca de los más bellos tesoros del mundo mineral para explicar uno de sus grandes misterios: la formación de los cristales gigantes de yeso. Empezamos el viaje en las minas romanas de Segóbrica descritas por Plinio el Viejo, y llegamos a la geoda más grande de Europa, que se encuentra en Almería. Después nos vamos a las profundidades volcánicas de la cordillera andina y terminamos el viaje en la grandiosa Cueva de los Cristales de Naica, un auténtico palacio de cristal oculto bajo el desierto mexicano de Chihuahua.

El documental narra el recorrido del Profesor Juan Manuel García Ruiz, con el que descubriremos el maravilloso mundo de los cristales, su ciencia y su belleza y desvelaremos el misterio de su formación. *El misterio de los cristales gigantes* es un documental para aprender, viajar y soñar.

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

*El misterio de los cristales gigantes* es el registro en imágenes de una aventura intelectual, de una investigación realizada por un equipo de científicos en diversos lugares del mundo. El objetivo de estos científicos es entender la formación de los cristales gigantes de yeso. Podríamos decir que *El misterio de los cristales gigantes* es la explicación audiovisual más completa que existe sobre la formación de cristales gigantes, ya que se abordan materias como la historia, la química o la geografía.

# EL MISTERIO DE LOS CRISTALES GIGANTES

## CUESTIONES

a

¿Cuál es el origen de la palabra `cristal`?

b

¿A qué mineral se refiere Plinio con el término Lapis Specularis o Cristal de Hispania?

c

¿Cuál era el origen de la riqueza de la ciudad romana de Segóbriga?

d

¿Por qué era tan importante el `Cristal de Hispania`?

e

¿Qué nueva tecnología hundió el emporio minero de Segóbriga?

f

¿Quiénes descubrieron la geoda de Pulpí?

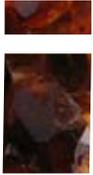


g

Y en tu caso, ¿coleccionas minerales? ¿Los vas a buscar tú? ¿Los compras o intercambias?

# h

¿Cuál es el mineral más bonito, interesante o curioso que conoces?



¿Cuál es la diferencia entre cristal y vidrio?

Cita algunos cristales que usas a diario.

# j

# n

¿Has visto alguna vez cristales con inclusiones fluidas? Acércate a un museo o a una tienda de minerales y pregunta por ellas. Aunque las hayas visto en el documental, solo de cerca se aprecia su belleza.



La fotosíntesis posibilita el crecimiento de las plantas y nosotros nos alimentamos gracias a procesos como la digestión y el metabolismo. ¿Cómo crecen los cristales?



Para que un cristal crezca perfectamente, ¿las moléculas han de llegar a la superficie lenta o rápidamente?

# m

¿A qué videojuego se asemeja la cristalización?

# O

Al final de la mineralización de la Sierra de Naica, se formó anhidrita, mineral azulado fundamental para la formación de los grandes cristales de yeso ¿Cuál es la composición química de la anhidrita? ¿En qué se diferencia del yeso?

### TEMAS DE DEBATE

1. En la película se explica cómo una próspera economía basada en la minería de cristales de yeso se viene abajo por el descubrimiento de una nueva tecnología, la fabricación del vidrio plano. ¿Qué enseñanza podemos sacar de eso? ¿Crees que un país debe dejar de invertir en investigación científica y tecnológica si quiere asegurarse un futuro próspero?

2. ¿Es importante trabajar en equipo cuando se hace una investigación científica? ¿O es mejor que cada cual trabaje individualmente y busque la solución por sí mismo?

4.

¿Crees que es mejor conservar los cristales gigantes, extrayéndolos para exponerlos en museos, o conservar los emplazamientos donde se encuentran?

3.

En la película se muestra que una investigación científica es una aventura en la que hay que unir el estudio en libros y artículos con la búsqueda de datos y muestras en el campo. Hace falta un equipo de expertos para analizar los datos, imaginación para montar una teoría y una fuerte voluntad de terminar el trabajo aunque –como en este documental– las condiciones sean muy adversas. ¿Te gustaría, a pesar de todo, trabajar en investigación? Explica tus razones.

5.

Si fueras el jefe o jefa de la cueva de Naica y tuvieras que decidir qué hacer cuando se agote la mina, ¿dejarías que se inundara y no se pudieran ver más los cristales? ¿Seguirías bombeando el agua para que se pudiera mantener abierta y pudiera visitarse la cueva de los cristales gigantes?

6.

En la película se explica el fenómeno de la cristalización jugando al Tetris. Por supuesto los cristales no juegan al Tetris, pero esta es una forma habitual que tienen los científicos para entender el mundo. Se llama hacer modelos, que consiste en simplificar un proceso o sistema para entender mejor su funcionamiento real. En la vida cotidiana también simplificamos a la hora de explicar las cosas mediante comparaciones o ejemplos: “Es como si...”. Elegid algún fenómeno difícil de explicar, por ejemplo los distintos tipos de enlaces entre los átomos, y pensad en un modelo que sirva para simplificarlo y entenderlo.

7. Cita algunos ejemplos sobre la importancia del conocimiento sobre la formación de cristales para el desarrollo tecnológico y la mejora de la calidad de vida.



---

## ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Haz fichas con los conceptos cristal y vidrio ¿Cuál es la diferencia entre los dos conceptos?
- Realiza un cuadro con ejemplos de cristales de origen natural y artificial (sintético).
- Realiza un experimento de cristalización por enfriamiento. Haz un experimento enfriando rápido y otro enfriando lentamente. Compara los resultados y haz tu informe científico.
- Realiza un mapa con las zonas de España donde existen cristales de yeso.
- En la película se muestra que el crecimiento de un cristal es como jugar al Tetris. Trabaja esa idea jugando con el CristalTetris. Puedes jugar en la red en: [lafactoria.lec.csic.es/beta/ctetris/](http://lafactoria.lec.csic.es/beta/ctetris/)
- En la película se muestra que los cristales son apilamientos ordenados de moléculas, es decir, son estructuras periódicas. Construye algo semejante a un cristal apilando cosas idénticas (azucarillos, dados, etc.). Trata de apilarlos de forma diferente.
- Busca a tu alrededor estructuras periódicas, por ejemplo, las baldosas o los ladrillos de la pared.
- Busca a tu alrededor, estés donde estés, objetos que estén formados de cristales. Haz una foto a un lugar cotidiano y juega con tus amigos a descubrir dónde hay cristales.
- Imagínate que tienes un puesto de responsabilidad en Naica y quieres sopesar si merece la pena crear un Museo y hacer visitable la mina una vez que se agote el mineral. Analiza los pros y los contras y atrévete a estimar los beneficios y los costes.

## MÁS INFORMACIÓN

Web de la investigación que se cita en la película:

<http://garciarui.com/Naica/Naica.html>

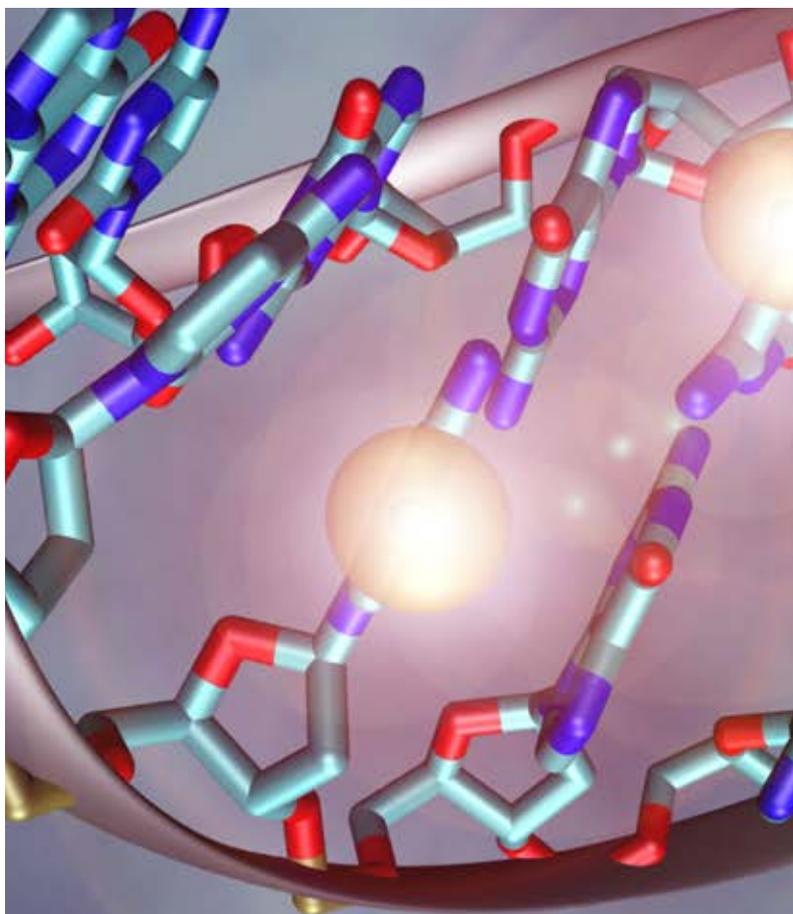
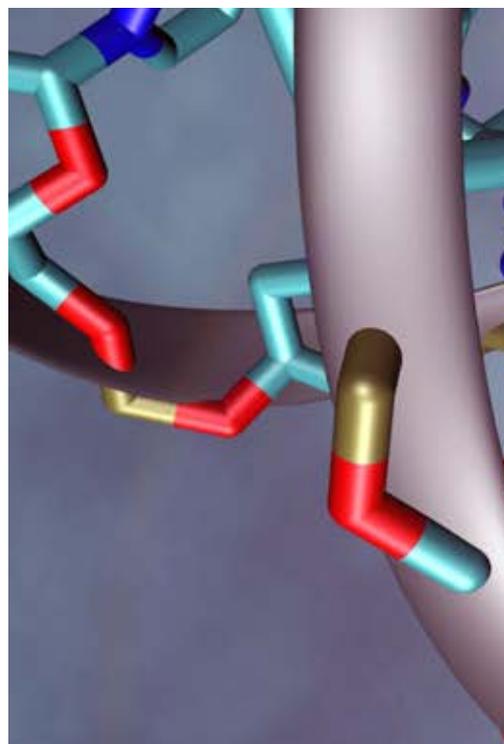
Web del concurso de cristalización en la escuela que se cita en la película, por si quieres que tu colegio se anime:

<http://www.lec.csic.es/~edu/concursocristalizacion/2014/wordpress/>

La mejor web sobre las minas de Lapis Specularis de Cuenca:

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

DNA METHYLATION. CRISTOPH BOCK. WIKIPEDIA



Título original

Life Story. The race to the double helix

Director

Mick Jackson

Guion

William Nicholson, James Watson

Duración

97 min

Género

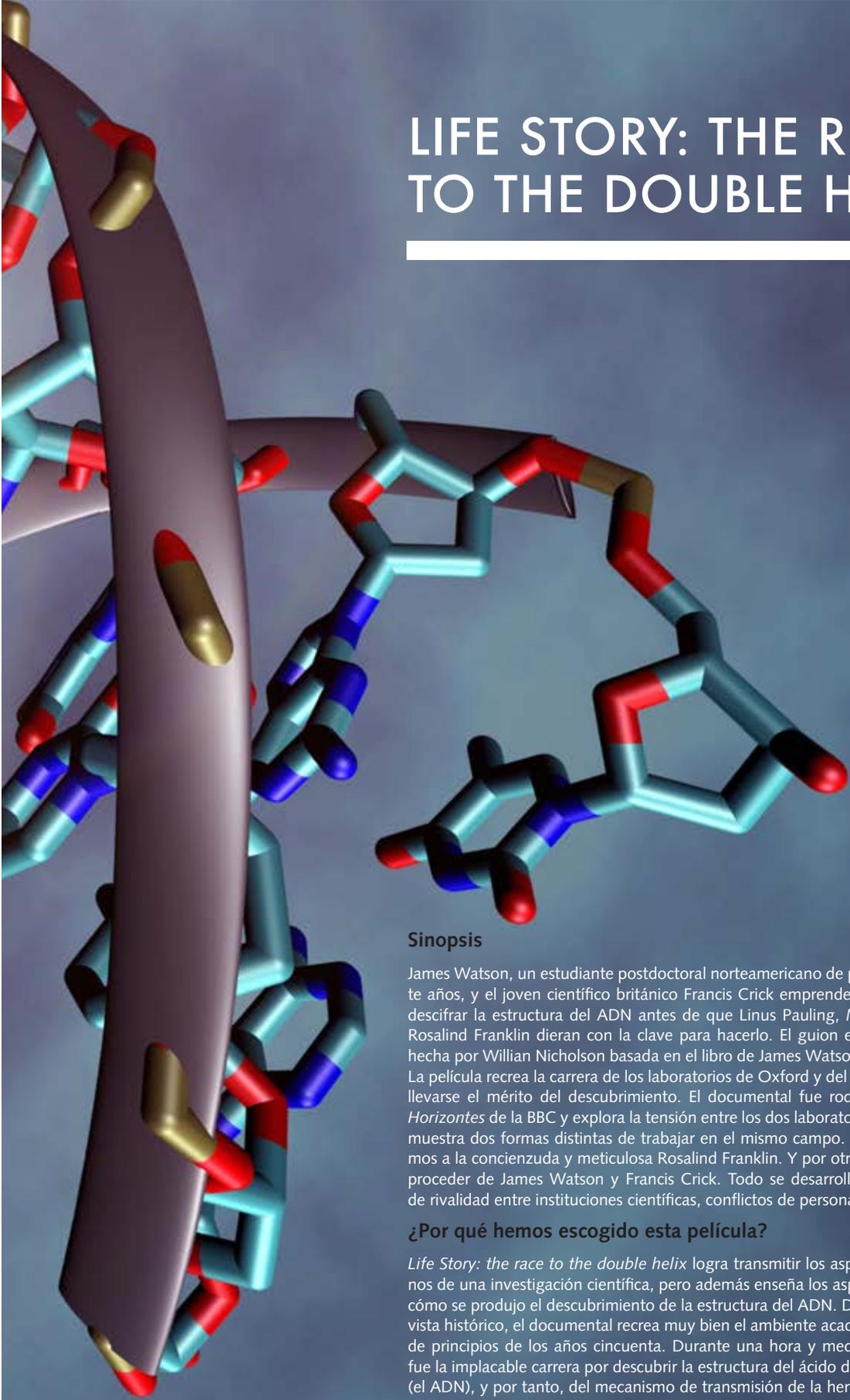
Biografía – Drama

Año

1987

Reparto

Jeff Goldblum, Tim Pigott-Smith, Alan Howard, Juliet Stevenson.



# LIFE STORY: THE RACE TO THE DOUBLE HELIX

## Sinopsis

James Watson, un estudiante postdoctoral norteamericano de poco más de veinte años, y el joven científico británico Francis Crick emprenden una carrera por descifrar la estructura del ADN antes de que Linus Pauling, Maurice Wilkins o Rosalind Franklin dieran con la clave para hacerlo. El guion es una adaptación hecha por William Nicholson basada en el libro de James Watson *La doble hélice*. La película recrea la carrera de los laboratorios de Oxford y del King College para llevarse el mérito del descubrimiento. El documental fue rodado para la serie *Horizontes* de la BBC y explora la tensión entre los dos laboratorios. Además, nos muestra dos formas distintas de trabajar en el mismo campo. Por un lado tenemos a la concienzuda y meticulosa Rosalind Franklin. Y por otro, el más intuitivo proceder de James Watson y Francis Crick. Todo se desarrolla en un contexto de rivalidad entre instituciones científicas, conflictos de personalidad y sexismo.

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

*Life Story: the race to the double helix* logra transmitir los aspectos más humanos de una investigación científica, pero además enseña los aspectos técnicos de cómo se produjo el descubrimiento de la estructura del ADN. Desde un punto de vista histórico, el documental recrea muy bien el ambiente académico anglosajón de principios de los años cincuenta. Durante una hora y media veremos cómo fue la implacable carrera por descubrir la estructura del ácido desoxirribonucleico (el ADN), y por tanto, del mecanismo de transmisión de la herencia genética. La base de ese descubrimiento es puramente cristalográfica, porque consistía en interpretar los diagramas de difracción de rayos X de cristales de una sal del ADN. La película narra ese ambiente académico, con sus condicionantes humanos y sociopolíticos.

# LIFE STORY: THE RACE TO THE DOUBLE HELIX

## CUESTIONES



¿Qué es una macromolécula?  
¿Qué ejemplos de macromoléculas conoces?



¿A qué corresponden las siglas ADN?



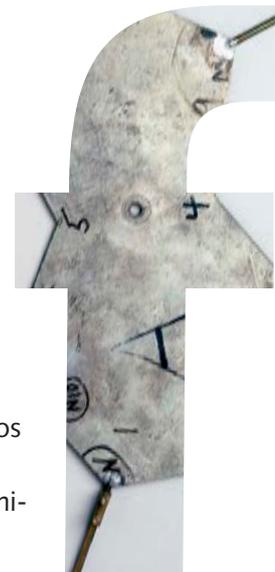
¿Qué papel juega el ADN en los seres vivos? ¿Por qué esa molécula es tan importante?



¿Por qué existía una `carrera` por conocer la estructura del ADN?  
¿Sabrías decir qué importancia tiene conocer la estructura molecular del ADN?



¿Por qué no se usó un microscopio potente para conocer la estructura de la molécula del ADN?



¿Qué técnica usan los científicos para conocer la estructura del ADN y de los compuestos químicos, bioquímicos y minerales?

¿Por qué usaban cristales de ADN (de hecho de una sal de ADN)?

g



¿Sabes a qué se dedica un cristalógrafo?

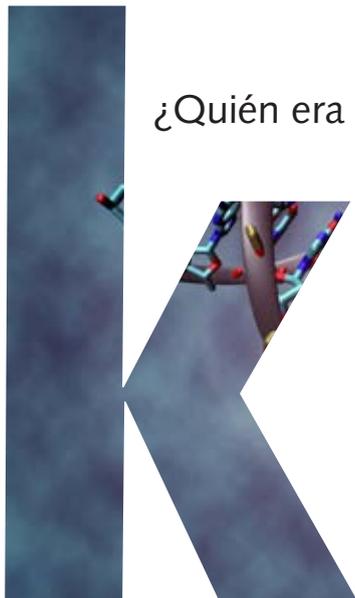


¿Dónde trabajaban James Watson y Francis Crick?

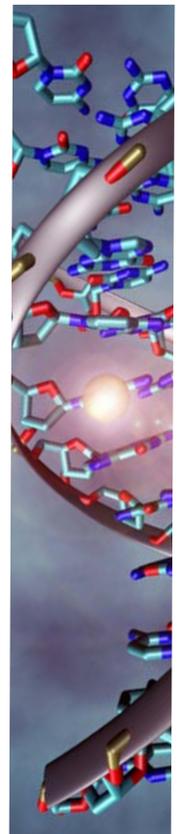
j

¿Dónde trabajaban Maurice Wilkins y Rosalind Franklin?

¿Quién era Linus Pauling?



¿Cuál fue la primera pista para James Watson de la estructura del ADN?



n

m

¿Cuál era la dificultad que se encontraban para llegar a descubrir la estructura?

¿Cuál fue la aportación de cada uno de los científicos al descubrimiento de la estructura del ADN?

p

¿Cuál fue la habilidad de Rosalind Franklin que supuso el punto crítico para llegar al descubrimiento de la estructura del ADN?

¿Podrías decir la secuencia de las moléculas del ADN?



¿Qué información podían obtener James Watson y Francis Crick de la fotografía 51?

q

r

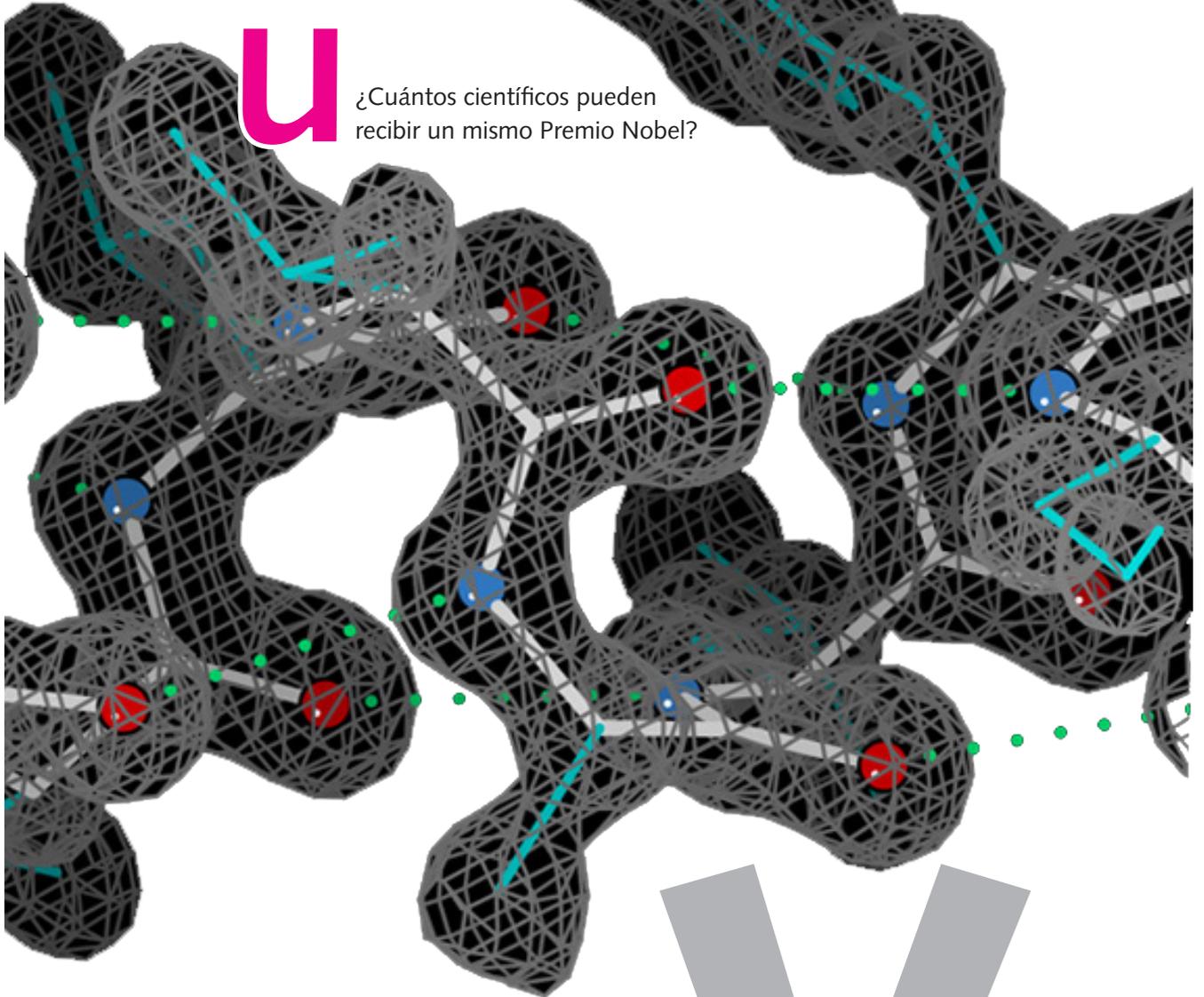
¿Qué pueden saber los científicos de una macromolécula a partir de la Cristalografía?



¿Para qué ha servido el descubrimiento de Watson, Crick, Wilkins y Franklin? Cita algunas aplicaciones.

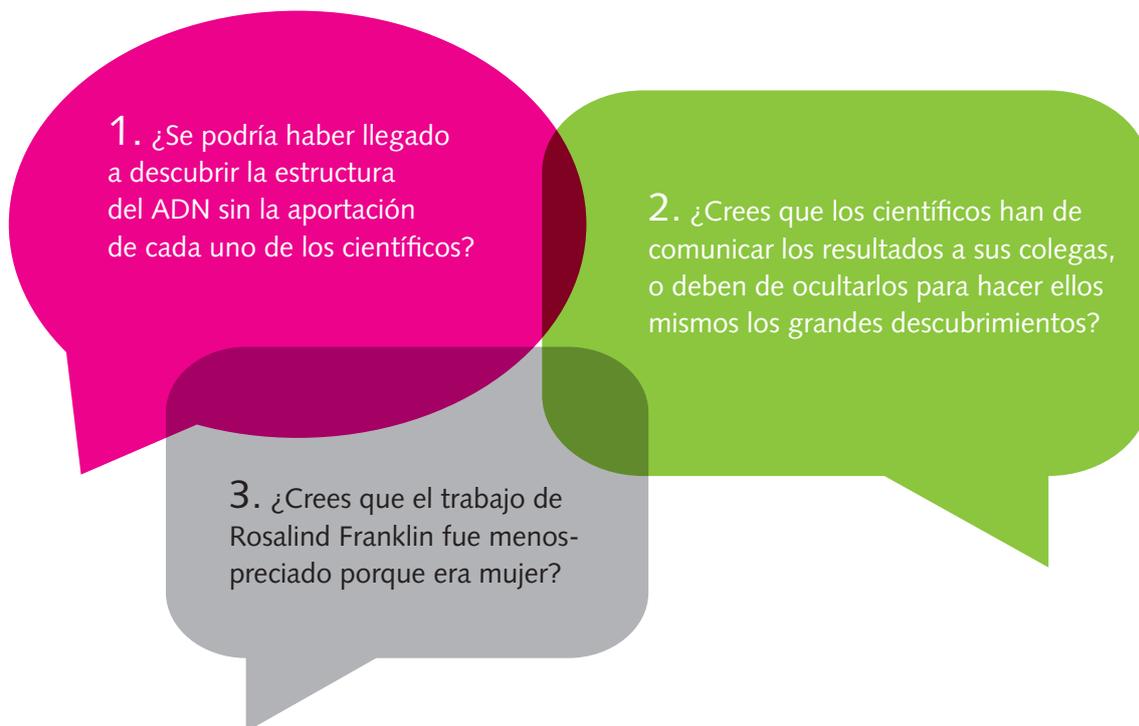
**t** ¿Por qué razón no recibió Rosalind Franklin el premio Nobel por la resolución de la estructura del ADN?

**u** ¿Cuántos científicos pueden recibir un mismo Premio Nobel?



Si hubiera vivido Rosalind Franklin, ¿Crees que le hubieran concedido a ella el premio Nobel? Si la respuesta es afirmativa, ¿a quién de los otros tres no se lo hubieran concedido?

### TEMAS DE DEBATE



### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Dibuja una red periódica cuadrada. ¿Qué parámetros necesitas para definirla?
- Dibuja una red periódica rectangular. ¿Qué parámetros necesitas para definirla?
- Dibuja una red periódica hexagonal. ¿Qué parámetros necesitas para definirla?
- Dibuja una red periódica rómbica. ¿Qué parámetros necesitas para definirla?
- Dibuja una red periódica oblicua. ¿Qué parámetros necesitas para definirla?
- ¿Cuál es la periodicidad de cada una de esas estructuras que has dibujado? ¿Es la misma en todas las direcciones?
- Busca a tu alrededor estructuras periódicas, por ejemplo en las baldosas del suelo, los alicatados o los papeles pintados de la pared. Encuentra de qué tipo de red es cada uno.
- Haz un experimento de difracción. No podrás usar rayos X, claro. Usa (en el caso que sea necesario, con supervisión de una persona adulta) un haz de rayos láser rojo (con una longitud de onda de 620-750 nm) o verde (495-570 nm).
- Haz incidir el haz de láser sobre alguna estructura ordenada que tenga una periodicidad menor que la longitud de su onda. Por ejemplo, usa pañuelos que estén tejidos por hebras de algodón o de seda dispuestas periódicamente. O también puede ser una rejilla o tamiz con una periodicidad muy pequeña. Si no encuentras algo así, seguro que tienes un CD. Usa la reflexión del láser por un CD. En todos esos casos veras una serie de puntos proyectada sobre la pared similar a la de las fotografías de rayos X de Franklin. ¿Por qué se produce difracción?
- Usa ahora un papel higiénico o un pañuelo de celulosa muy delgado. Observarás que los puntos están totalmente desordenados. ¿Por qué no se produce la difracción?
- Watson y Crick tenían una forma de investigar muy diferente de la de Wilkins y la de Franklin. ¿Puedes describir cada una de ellas?

---

## LECTURAS SUGERIDAS

James D. Watson. *La doble hélice: Relato personal del descubrimiento de la estructura del ADN*. Alianza Editorial. I.S.B.N.: 978-84-206-7432-2.

Francis Crick. *Que Loco Propósito. Una visión personal del descubrimiento científico*. Editorial Tusquets. 2008.

Ann Sayre. *Rosalind Franklin y el ADN (Todas eran valientes)*. Editorial Horas y Horas. 1997.

## MÁS INFORMACIÓN

Tales from the Prep Room: Laser Diffraction. Un buen video para entender cómo la estructura helicoidal del ADN se pudo detectar mediante un diagrama de difracción:

<http://www.youtube.com/watch?v=pRZ7cSP1zMM>

Micro-videos sobre el descubrimiento del DNA. El primero es especialmente interesante:

[http://www.youtube.com/watch?v=VegLVn\\_1oCE](http://www.youtube.com/watch?v=VegLVn_1oCE)

<http://www.youtube.com/watch?v=KOrONS7idkc>

Extracción del ADN de una cebolla:

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Practica/PR-5.htm>

DNA Learning Center. Vídeo en inglés:

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

Artículo sobre la *Foto robada de Adela Muñoz*:

[http://hypatia.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=186:rosalind&catid=58:redes&Itemid=177](http://hypatia.es/index.php?option=com_content&view=article&id=186:rosalind&catid=58:redes&Itemid=177)

Artículo sobre *La dama ausente* de Miguel Vicente:

<http://www.madrimasd.org/blogs/microbiologia/2008/08/10/98464>

Más literatura popular sobre el ADN:

<http://www.banrepcultural.org/clubes-de-lectura-de-la-blaa/quimica/recomendados>

Ficha en IMDB:

[http://www.imdb.com/title/tt0093815/?ref\\_=sr\\_3](http://www.imdb.com/title/tt0093815/?ref_=sr_3)



ESTROMATOLITOS EN SHARK BAY. FOTO: C ECKHOUT



# LOS ARCHIVOS DE LA TIERRA



## Sinopsis

El origen de la vida en la Tierra es uno de los grandes enigmas que la ciencia aún no ha podido resolver. Algunas de las estructuras geológicas que podrían servir para aclarar este misterio se localizan en los más remotos confines de Australia. Una expedición científica hispano-australiana se internó en abril de 2009 en esos inhóspitos territorios buscando pruebas que podrían resultar decisivas para aclarar, al menos, cuando la vida aparece sobre la superficie del planeta Tierra. Una expedición que ha podido ser documentada por un equipo de *Espacio Protegido*, el informativo semanal de medio ambiente que se emite en Canal Sur Televisión y que dirige y presenta el periodista José María Montero.

Los expedicionarios viajaron a diferentes enclaves geológicos del desierto y la costa australiana, entre ellos Shark Bay, uno de los pocos lugares del planeta en los que podemos encontrar estromatolitos vivos, unas extraordinarias formaciones originadas por la acción de unos organismos primitivos llamados cianobacterias. Lo realmente llamativo de estos estromatolitos es que su morfología es muy parecida a la que se encuentra en algunas rocas que tienen más de 3.500 millones de años, y que también se localizan en suelo australiano. El parecido entre ambos elementos ha desatado un interesante debate científico a escala internacional. ¿Son estas rocas los restos de la acción de los organismos vivos más primitivos que poblaron la Tierra? ¿Surgió la vida en nuestro planeta o vino desde el espacio?

Las investigaciones de Juan Manuel García Ruiz, director del Laboratorio de Estudios Cristalográficos de Granada, realizadas en colaboración con el científico australiano Stephen Hyde, están aportando novedosos enfoques a este debate internacional. El motivo del viaje es estudiar las rocas más antiguas del planeta con otros colegas que mantienen opiniones distintas y debatir y estudiar *in situ* las estructuras que son la fuente de este interesantísimo debate.

Pero en Australia la naturaleza no sólo ha archivado información de cómo pudo ser la vida hace miles de millones de años, también es capaz de hablarnos del futuro. En la gran barrera de coral se pudieron filmar algunas de las evidencias del cambio climático, y en los frondosos bosques de Paluma, el equipo de la televisión andaluza acompañó a otra científica española, Luz Boyero, que trabaja con algunos de los bioindicadores que, a escala planetaria, muestran como se está deteriorando nuestro patrimonio natural.

Estos son algunos de los elementos con los que se ha realizado un documental apasionante que habla, en definitiva, del misterio de la vida, visto a diferentes escalas, con diferentes miradas y en un continente que está mucho más cerca de nosotros de lo que imaginamos, aunque a veces pensemos que Australia es, en realidad, otro planeta...

## ¿Por qué hemos escogido esta película?

La cristalografía estudia el orden interno de la materia y cómo éste determina el orden externo, que es que podemos apreciar. En este documental podemos ver cómo un grupo científico multidisciplinar aborda un problema capital para la ciencia: tratan de datar el origen de la vida y para ello van en busca de las rocas y cristales más antiguos de la Tierra, con una hipótesis y muchas preguntas. La cristalografía se revela como una herramienta más para hallar esas respuestas.

### Título

*Los archivos de la Tierra*

### Guión y dirección

José María Montero  
Sandoval

### Realización

Charli Guiard Justel

### Producción

RTVA

### Duración

50 min

### Dirección científica

CSIC Jordi Figuerola &  
Juan Manuel García Ruiz  
(CSIC)

### Género

Documental

### Emisión

Octubre 2009

# LOS ARCHIVOS DE LA TIERRA

## CUESTIONES

a

¿Qué edad tiene la Tierra?



¿Por qué se dice que Australia probablemente tiene el registro más rico de toda la historia geológica de la Tierra?



¿Qué edad tienen las rocas más antiguas del planeta?



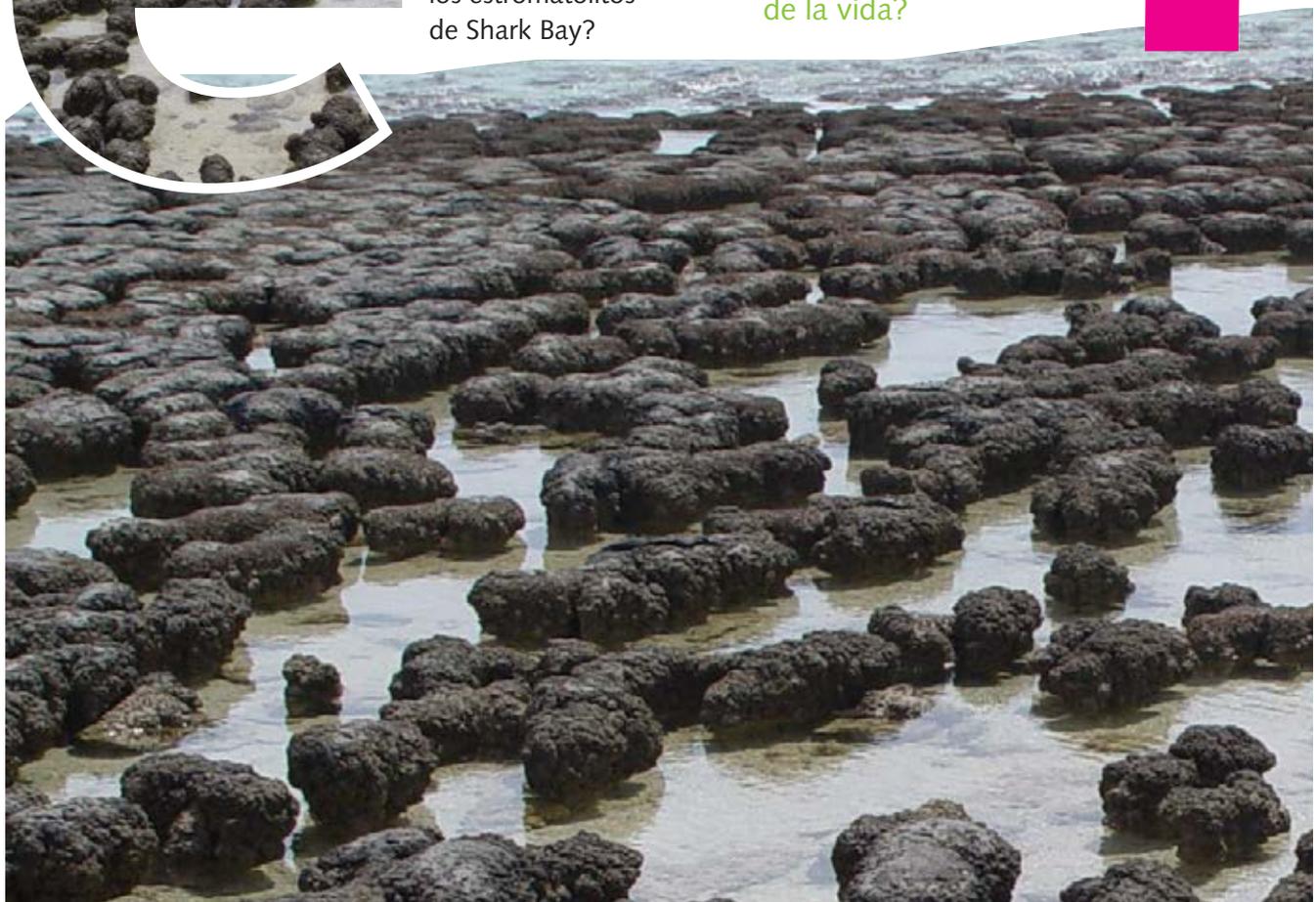
¿Cómo se forman los estromatolitos de Shark Bay?



¿Desde cuándo se están formando los estromatolitos de Shark Bay?

¿Por qué son importantes los estromatolitos de Shark Bay para datar el origen de la vida?

f



g

¿Qué es la morfología?

h

Describe las formas de los estromatolitos de Shark Bay.

i

¿Qué tipo de ambientes son propicios para que se encuentren las cianobacterias?



k

¿Qué dos gases básicos en la generación de la vida son capaces de producir los microorganismos y las baterías ligados a la formación de los estromatolitos?



¿Las características actuales de Shark Bay pueden ser similares a las que predominaban en la Tierra primitiva o en la Tierra antes del origen de la vida?



¿Por qué no basta la forma para determinar que el origen de las estructuras es orgánica?



m

¿Cuál es el trabajo de los cristalógrafos para resolver las preguntas que se hacen los biólogos sobre las estructuras que llaman `estromatolitos fósiles`?

o

Si algunos materiales cristalinos, formados por elementos inorgánicos, pueden crecer con formas que imitan las características de la vida

¿Puede simplemente la forma determinar que estamos ante una estructura de origen orgánico?

¿Qué son los biomorfos de sílice?

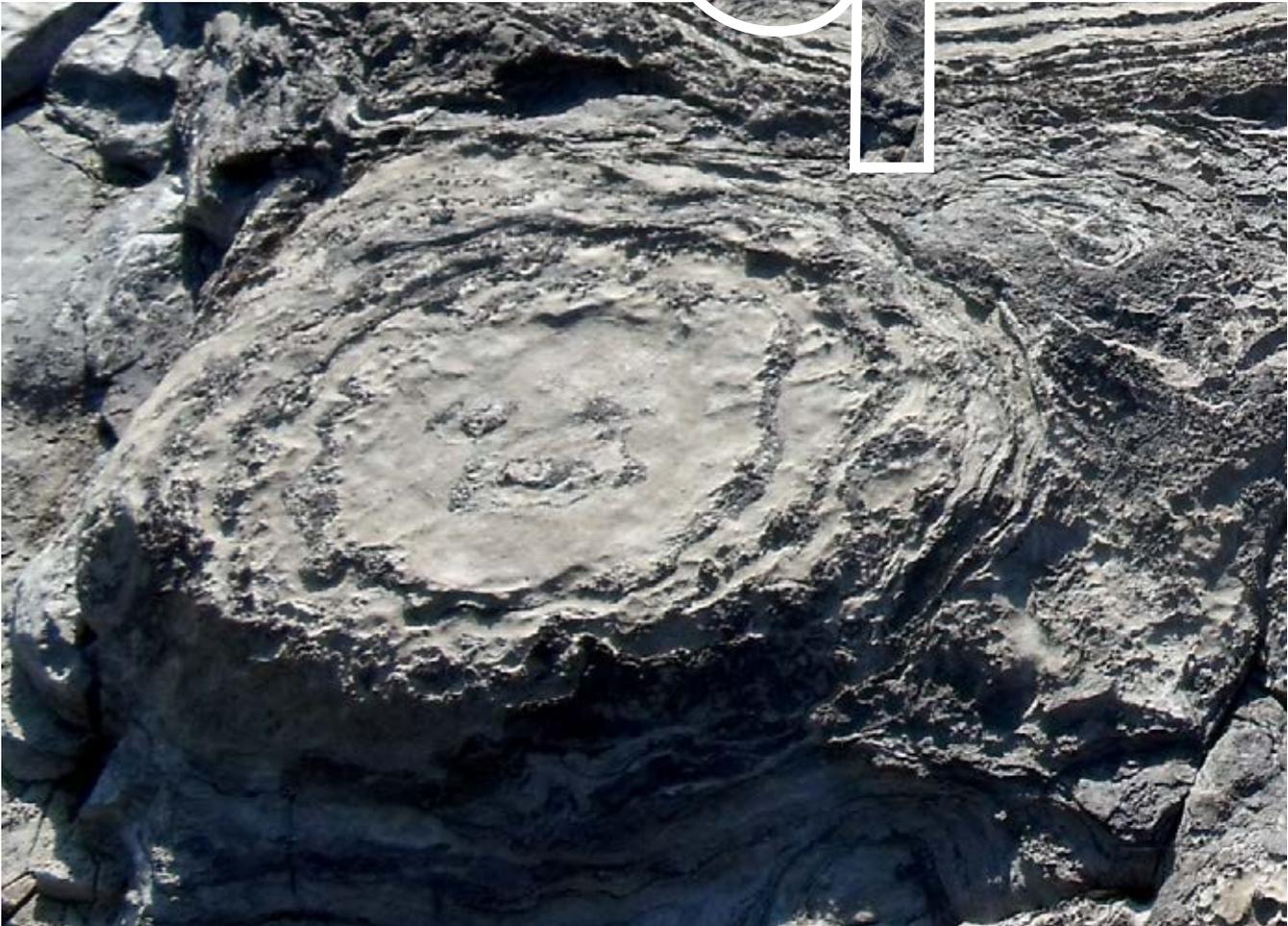
n

p

¿Por qué es importante determinar cuándo y cómo se originó la vida en la Tierra?

q

¿Qué características tenía la zona donde hoy se encuentra la Colina de los Andaluces hace 3.500 millones de años?



¿Qué características presentaban las estructuras que encontraron en la Colina de los Andaluces?



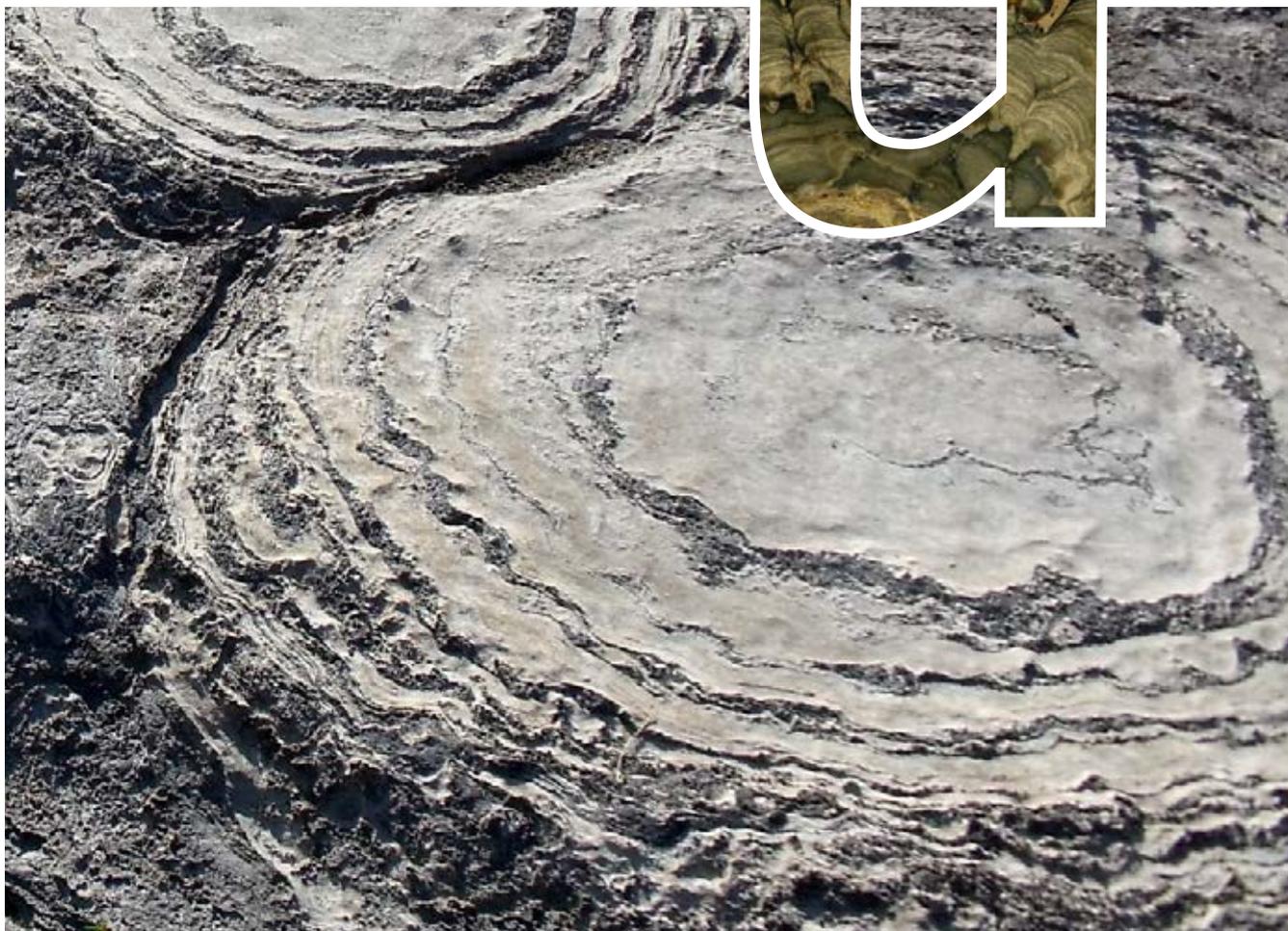
Ya sabemos que la forma no es suficiente para determinar el origen de la formación de esas estructuras.

¿Qué factores mencionó Stephan Hyde que pueden condicionar la morfología de los llamados "estromatolitos fósiles"?



¿Han encontrado fósiles de organismos vivos en otras formaciones con estructuras en capas como las de Hierro Bandeado del Parque Nacional Karijini?

Determinar los diferentes mecanismos inorgánicos capaces de originar estructuras parecidas a los estromatolitos vivos además de poner a prueba la teoría de Malcom Walter sobre la datación del origen de la vida, ¿Qué otra aplicación crees que podría tener?



### TEMAS DE DEBATE

1. Una vez más vemos un ejemplo del rigor que impone el trabajo científico. Vemos como García Ruiz y Hyde, si dan con una respuesta plausible sobre la formación inorgánica de los estromatolitos encontrados en las zonas más al oeste de Australia, podrían tirar por tierra la hipótesis de Malcom Walter, es decir que los estromatolitos más antiguos sean restos fósiles, una muestra fabricada por la vida primitiva en la Tierra. Sin embargo, colabora con ellos, les ayuda a tomar sus muestras y facilita datos para que hagan su trabajo. ¿Qué enseñanza podemos sacar sobre esto?

2. Los grandes problemas de la ciencia requieren un estudio multidisciplinar, como muestra claramente este documental. Debate sobre las aportaciones de las distintas disciplinas que cooperan para resolver las preguntas sobre el origen de la vida.

3.

La política de conservación de espacios naturales de Australia permite al mundo disfrutar de la riqueza de ecosistemas y muestras de extraordinario valor científico. ¿Conoces algún espacio natural protegido en Andalucía o cerca de tu localidad? ¿Crees que le damos suficiente valor a la conservación de nuestros espacios naturales?

### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Realiza un esquema de las edades de la Tierra y señala con una marca la edad de los distintos tipos de estructuras y cristales que se ven en el documental.
- Realiza un experimento de jardines de sílice. Observa como esas estructuras puramente inorgánicas imitan las formas de la vida.

### MÁS INFORMACIÓN

Artículo de Juan Manuel García Ruiz: *Viaje a la infancia de la Tierra. El País Semanal*:  
[http://www.ub.edu/geologia/geologia\\_i\\_societat/DIARIS/El\\_Pais\\_Semanal.pdf](http://www.ub.edu/geologia/geologia_i_societat/DIARIS/El_Pais_Semanal.pdf)

Blog de la Campaña Científica a Australia 2009:  
<http://australiacsicrtva.blogspot.com.es/>

Artículo: *Biomorfos de Sílice. Imitando a la vida. National Geographic*:  
[http://www.nationalgeographic.com.es/2009/11/27/biomorfos\\_imitando\\_vida.html](http://www.nationalgeographic.com.es/2009/11/27/biomorfos_imitando_vida.html)

Artículo: *Cristales que imitan las formas de la vida. Malen Ruiz de Elvira. El País*:  
[http://elpais.com/diario/2009/10/11/eps/1255242416\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2009/10/11/eps/1255242416_850215.html)

Blog Juan Manuel García Ruiz:  
[http://www.garciaruiz.com/biomorphs/Silica\\_Biomorphs.html](http://www.garciaruiz.com/biomorphs/Silica_Biomorphs.html)

Agencia SINC:  
<http://m.agenciasinc.es/Noticias/Explican-el-proceso-de-formacion-de-minerales-que-imitan-las-formas-de-vida>

# SELECCIÓN COMENTADA DE DOCUMENTALES DE CRISTALOGRAFÍA ACCESIBLES EN INTERNET

Como predijo brillantemente Isaac Asimov (os animamos encarecidamente a que visitéis este [link](#) y, si os gusta la entrevista, este [otro](#)), Internet se ha convertido en una fuente de conocimiento y aprendizaje de inmenso valor. La contribución de la autoformación, del autoaprendizaje, a la enseñanza reglada es cada día más evidente y hay que usarla inteligentemente en la enseñanza media y, sobre todo, en la enseñanza universitaria.

Pero también es cierto que la libertad de expresión inherente a la actual estructura de acceso a Internet la llena de contenidos irrelevantes, erróneos, plagiados, o simplemente de mala calidad. Este barullo y esta marrullería es una fuente de error grave cuando se usa como una herramienta enciclopédica a la hora de hacer tareas escolares, informes universitarios o incluso tareas de investigación documentada. Pero, sobre todo, es un gran problema cuando los ciudadanos queremos buscar información sobre un tema que no conocemos. Antes nos procurábamos una enciclopedia como la Espasa, la Larousse o la Británica y encontrábamos una documentación fiable, original

y realizada por expertos. Hoy, nos vamos a Internet y hemos de buscar en un bosque de libros, artículos, blogs o archivos de video y audio, sin ninguna regla, ningún criterio de selección, fiabilidad, originalidad ni calidad técnica. Es decir, nada de lo que las enciclopedias clásicas nos aseguraban. El resultado es, en muchos casos, el abandono por puro aburrimiento de abrir y cerrar documentos carentes de interés o calidad.

Con esta selección de videodocumentales sobre cristalografía hemos querido hacer precisamente esa labor de búsqueda y criba que antes realizaban las enciclopedias y que una persona curiosa e interesada quisiera encontrar en este Año Internacional de la Cristalografía. Entre la enorme maraña de vídeos sobre el tema hemos elegido aquellos que se enfocan sobre cuestiones concretas y las tratan de forma accesible, didáctica y amena. Cada uno de los vídeos se acompaña con un comentario sobre lo que se puede aprender en él, un cuestionario y unas sugerencias de lecturas asociadas y temas a debatir.

## VIDEOS PROMOCIONALES DEL AÑO INTERNACIONAL DE LA CRISTALOGRAFÍA

Título original

*Discover what crystallography  
can do for you*

Idioma

En inglés, subtulado en español.

Duración

01:25

URL del vídeo

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

# 2014

Título original

*Celebrating crystallography*

Idioma

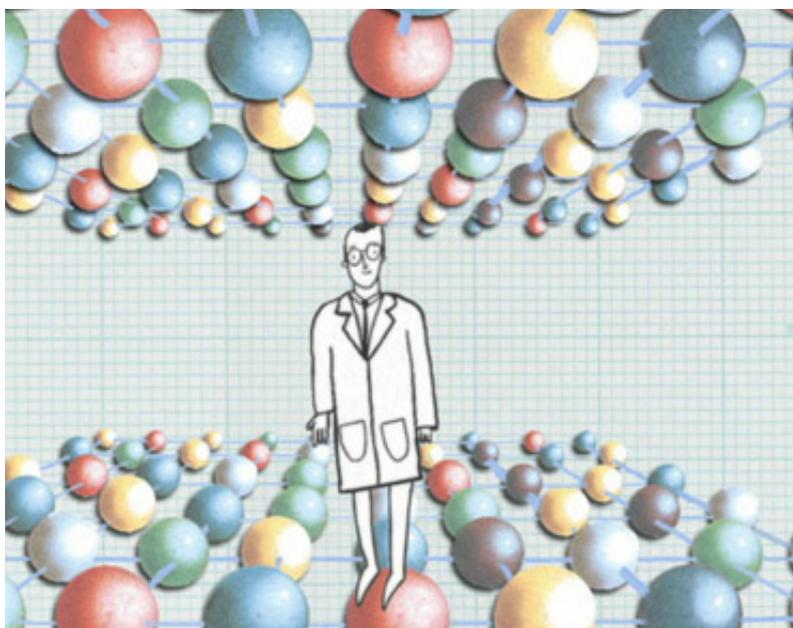
En inglés con subtítulos

Duración

03:05

URL del vídeo

<http://richannel.org/celebrating-crystallography>



Hemos seleccionado dos de los microvídeos realizados para promocionar la celebración del Año Internacional de la Cristalografía, el IYCr2014, promovida por la Unión Internacional de Cristalografía):

El primero de ellos es el vídeo oficial de la IUCr con el sugestivo título 'Descubre lo que la cristalografía puede hacer por tí' realizado en España por Madrid Scientific Films y Triana S&T.

El segundo, 'Celebrating Crystallography', es un vídeo animado realizado por la Royal Institution centrado en la cristalografía que trata de la resolución de estructuras mediante rayos X y, en especial, en la contribución británica a la misma.

### CUESTIONES

Ahora que sabes la gran cantidad de aplicaciones de los cristales, ¿podrías decir alguna que no aparezca en el vídeo promocional?

### MÁS INFORMACIÓN

Página web del Año Internacional de la Cristalografía 2014:

<http://iycr2014.org/>

Guion extendido del vídeo promocional:

[http://iycr2014.org/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/88024/Video-notes\\_spanish.pdf](http://iycr2014.org/__data/assets/pdf_file/0004/88024/Video-notes_spanish.pdf)

Título original

*The nature of things –  
crystals and gems*

Idioma

En inglés sin subtítulos.

Año

1959

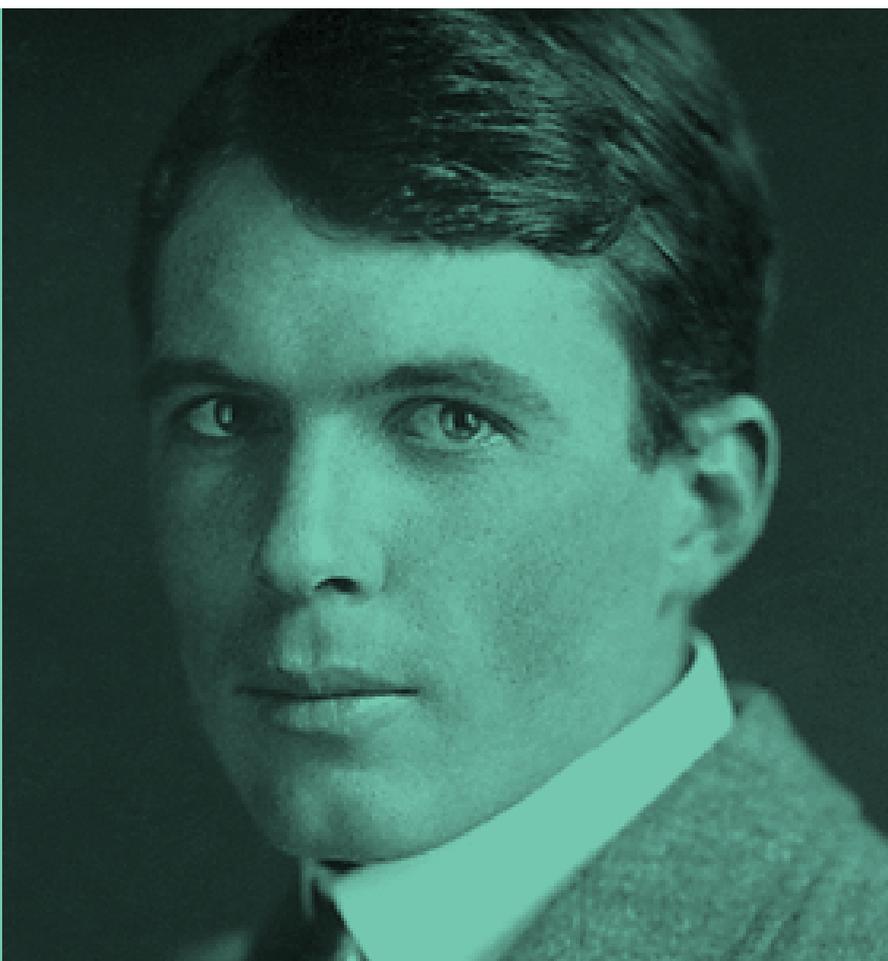
Duración

17:22

URL del vídeo

<http://richannel.org/collections/2011/archive#/the-nature-of-things--crystals-and-gems>

SIR WILLIAM LAWRENCE BRAGG ►



### CUESTIONES

¿Por qué se le concedió el Premio Nobel a William Lawrence Bragg?

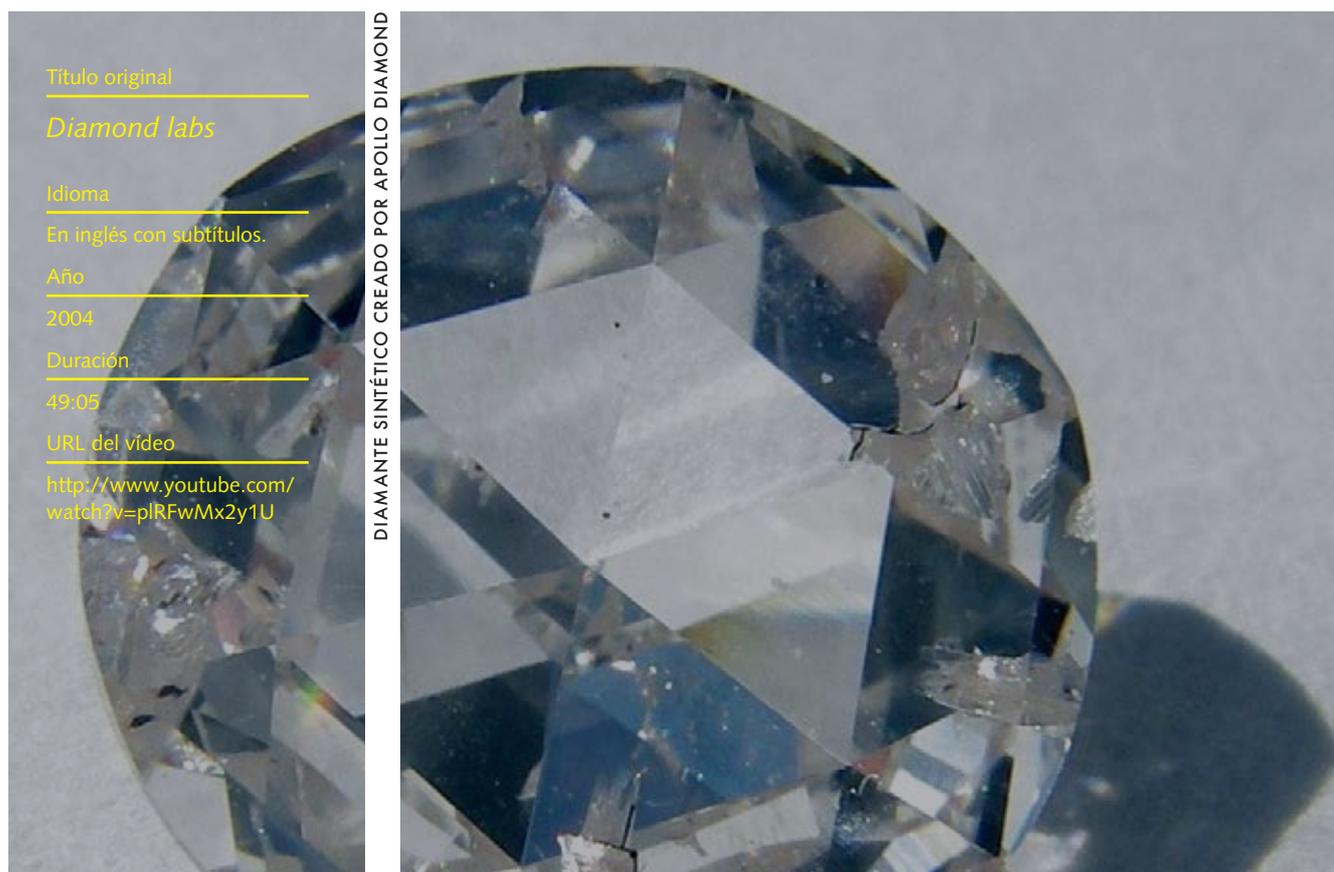
¿Con quién lo compartió?

¿Cuál es el mineral más duro que se conoce?

¿Por qué los vidrios y los cristales se quiebran de forma diferente cuando los golpeamos?

¿Cómo se define la dureza de un mineral? ¿Por su resistencia a la rotura?

Este es un vídeo histórico, uno de los seis cortos realizados por la Royal Institution en los años 50 del siglo pasado presentado por William Lawrence Bragg. De hecho, es la grabación de una conferencia montada al efecto en 1959 en el teatro de la Royal Institution y dirigida a una audiencia televisiva de escolares. Pero además de tener ese valor histórico, el vídeo es recomendable por su valor didáctico. En él aprendemos con sencillos pero eficaces experimentos la diferencia entre cristal y vidrio, el orden interno de los cristales que les confiere su morfología facetada y la forma de romperse según planos bien definidos, a diferencia del cuarzo; también la dureza de los minerales, el índice de refracción y las propiedades de las piedras preciosas. William Bragg no solo fue un excelente investigador, sino también un gran divulgador, eso sí, con la envidiable contribución de Bill Coates. Absolutamente recomendable, pero solo disponible en inglés.



Este es un documental de la serie Horizon producido por la BBC. El documental tiene una buena factura técnica. Comienza explicando la fascinación que todos los hombres y mujeres en general tenemos por este polimorfo del carbón para hablar después sobre las distintas fuentes de diamantes que existen en la naturaleza. Los diamantes han sido siempre piezas raras por su escasez y desde hace años se han investigado y se están investigando métodos de síntesis en distintos laboratorios del mundo. No se trata de cristalizar imitaciones como las zirconitas, sino de cristalizar carbono puro, es decir, diamantes, en el laboratorio. El documental explica muy bien las distintas técnicas usadas, los éxitos conseguidos y el impacto que estos logros pueden tener en el mercado de los diamantes.

### CUESTIONES

¿Cuál es la diferencia entre diamante y grafito?

¿Dónde se forman diamantes en la naturaleza?

¿Cuánto tiempo se supone que tarda un diamante en crecer en la naturaleza?

¿Cuánto tiempo tarda un diamante en crecer en el laboratorio?

¿Qué técnicas se usan para cristalizar diamantes?

¿Por qué crees que los diamantes son caros?

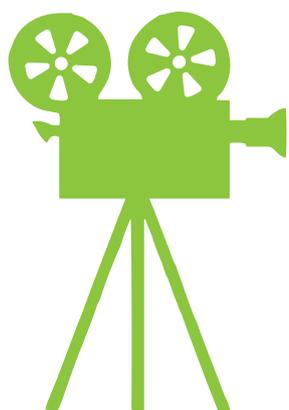
¿Crees que la síntesis de diamantes bajará el precio de los mismos?

Conocemos los diamantes como las joyas más caras y deseadas pero, ¿sabes para qué se utilizan o se pueden utilizar las magníficas propiedades físicas y químicas de los diamantes?

### MÁS INFORMACIÓN

Ficha y transcripción del documental:

<http://www.bbc.co.uk/science/horizon/2004/diamondlabs.shtml>



# DESQBRE

## EL CINE CIENTÍFICO

### LA CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

# INDIANA JONES Y EL CRISTAL DE LA CALAVERA

Me gustan las películas de Indiana Jones. Aunque esta última entrega no me dejó tan buen sabor de boca, desde aquel primer arca de sorpresas, me meto tanto en ellas que ni me como las palomitas. Pero no les voy a hablar de *Indiana Jones y el Reino de la Calavera de Cristal*, sino del cristal de la calavera.

Al hablar de cristales casi todos pensamos en los cristales de las ventanas, las gafas o las botellas. Vamos mal, porque esos no son cristales sino vidrios. Pero ni usted ni yo tenemos la culpa. La confusión viene de antaño, de cuando los romanos usaban en sus ventanas grandes placas transparentes de unos cristales de yeso, llamado en aquel tiempo *Cristal de Hispania* porque se extraía de las minas de Segóbriga (Cuenca). Cuando se inventó el vidrio plano, el emporio de Segóbriga se vino abajo, pero a las placas de vidrio que sustituyeron al *Cristal de Hispania* se les siguió llamando cristales. De ahí la confusión.

Decía Dalí que la diferencia entre la mejor fotografía del Juan de Pareja y el retrato de Juan de Pareja pintado por Velázquez era exactamente cinco millones de dólares. Parafraseando al genial pintor podemos afirmar que la diferencia entre un cristal de carbono, es decir un diamante, y un trozo de carbón amorfo es exactamente la millonada que valga el diamante. Porque, a diferencia del desorden interno de los vidrios amorfos, el ordenamiento perfecto de las átomos en el interior de un cristal de diamante es lo que le confiere sus propiedades.

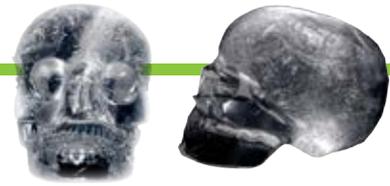
## LA CALAVERA DE LA ÚLTIMA AVENTURA DE INDY ESTÁ HECHA DE CUARZO, UN CRISTAL FASCINANTE DE ÓXIDO DE SILICIO

La calavera de la última aventura de Indy está hecha de cuarzo, un cristal fascinante de óxido de silicio. Si usted crea un circuito con un par de hilos de cobre, una pequeña bombilla y un cristal de cuarzo y presiona firmemente el cristal, la bombilla se encenderá porque las cargas eléctricas de la estructura cristalina se mueven creando un voltaje, convirtiendo el cristal por un momento en una pila o batería. Así funciona su encendedor, que lleva un cristalito de cuarzo que al golpearlo bruscamente genera un pequeño arco voltaico, una chispa, que ¡zas! prende el gas. Y al contrario, si se le aplica una corriente eléctrica el cristal de cuarzo se deforma imperceptiblemente y si deja de



Cráneo de cristal en el Museo del Muelle Branly, París ▼





aplicarla se recupera volviendo a su forma inicial. Si lo hace dentro del agua, esas deformaciones elásticas del cristal provocan una onda que se propaga hasta chocar con otro objeto, por ejemplo un submarino o el fondo marino, y la onda devuelta deformará a su vez el cristal de cuarzo que generará una señal eléctrica. Si mide el tiempo que tarda la onda en el recorrido de ida y vuelta, sabrá a que distancia está el fondo o el submarino, es decir, ése es el sonar que usan los barcos. Así funcionan también los osciladores, los micrófonos y las pastillas de las guitarras eléctricas. Además, si la corriente eléctrica la aplicamos a pulsos, el cristal de cuarzo entra en resonancia, como lo hace un diapasón, creando una frecuencia inaudible pero tan precisa que la usa el reloj que usted lleva en su muñeca. Esas son sólo una pequeña muestra de las propiedades del cristal de cuarzo a las que se une la exquisita belleza de cualquiera de sus variedades: la violeta amatista episcopal, el amarillo limón del citrino, el enigmático cuarzo ahumado o el límpido cristal de roca. Pero algunos, no contentos con eso, se empeñan en atribuir al cuarzo poderes curativos, propiedades mágicas, energías misteriosas y yo que sé cuantas cosas más.

Pamplinas. Entre ellas, las que están detrás de la hermosa historia de las calaveras de la película de Indiana.

El enigma consiste en cómo una calavera tan perfecta pudo ser tallada en tiempos prehispánicos. Los cristales de cuarzo no tienen direcciones preferentes de tallado (al contrario de lo que se cuenta en la película) sino que cuando se les golpea salta en lascas cóncavas como lo hace el vidrio. Por eso, a pesar de su alta dureza, resulta fácil trabajarlo y se pule bien con polvo del mismo cuarzo. De hecho, romanos, griegos y mayas crearon pequeñas maravillas de cristal de roca con las herramientas rudimentarias de entonces. La fabricación de las calaveras "prehispánicas" de tamaño natural ya es más difícil de explicar, sobre todo si se oculta que no son prehispánicas ¿Como lo podemos saber? Por otra propiedad fantástica del cuarzo, la termoluminiscencia. Resulta que si usted irradia un cristal de cuarzo crea defec-

tos en su estructura. Cuando se calienta el cristal, la estructura relaja esos defectos emitiendo luz, tanto más cuanto más irradiado haya estado. Así funcionan los dosímetros del personal hospitalario que trabaja cerca de fuentes de irradiación. En la naturaleza la única fuente de irradiación son los rayos cósmicos, así que si usted calienta un cristal de cuarzo puede saber cuanto tiempo ha estado expuesto a esos rayos, es decir puede saber su edad. Por eso se puede saber que las calaveras se fabricaron no hace más de un siglo y pico, con tecnología de tallado moderno, es decir que son un fraude. Pero como dice el proverbio, no permitamos que la verdad nos destruya una bonita historia. Así que supongamos que las calaveras de cristal fueron fabricadas hace tres mil años. Si no las fabricaron los indígenas, entonces ¿quién lo hizo? ¡Ajá! no queda más remedio que sean obra de seres extraterrestres que visitaron a incas, mayas o aztecas para transferirle conocimiento y poder. A mi me cuesta creerlo porque cada vez que lo intento se me aparece el fantasma de un azteca descreído –que descreídos los hubo siempre– abatido en una Tenochtitlan ruinosa, maldiciendo a sus dioses y murmurando "tanto láser, tanta alta tecnología, tanta calavera de cristal y tanta... Si esos cretinos alienígenas nos hubieran enseñado para qué sirve la rueda se hubieran enterado los barbudos del otro lado del charco de lo que vale un cuchillo de obsidiana".

## SI BUSCAN CRISTALES CON PODERES, LOS ÚNICOS DE VERDAD DE LA BUENA SON LOS DIAMANTES

Y es que se habla tanto de la magia de los cristales que les prometo un día escribir sobre ese tema. Pero les adelanto que si buscan cristales con poderes, los únicos de verdad de la buena son los diamantes. Créanmelo. Palabra de científico.

Juan Manuel García Ruiz

Profesor de Investigación del CSIC

# LA LEYENDA DE LAS CALAVERAS DE CRISTAL

Por Jane MacLaren Walsh

Publicado en la revista *Archaeology* Volumen 61 Número 3, mayo/junio de 2008

Junto con superestrellas como Harrison Ford, Cate Blanchett y Shia LaBeouf, la nueva película de Indiana Jones promete mostrar una de las clases más enigmáticas de piezas supuestamente arqueológicas, las calaveras de cristal que aparecieron por primera vez en el siglo XIX y que los especialistas atribuyen a varias culturas mesoamericanas `antiguas`. En este artículo, la antropóloga Jane MacLaren Walsh, del Instituto Smithsonian, comparte su propia aventura para analizar los artefactos que inspiraron la trama de la película *Indiana Jones y el Reino de la Calavera de Cristal* y detalla sus esfuerzos tras la pista de un misterioso `buscador de antigüedades raras` que podría ser clave para conocer el origen de estos objetos exóticos.

Hace dieciséis años, un pesado paquete dirigido a la inexistente dirección postal "Smithsonian Inst. Curador, MesoAmerican Museum, Washington, DC" fue entregado al Museo Nacional de Historia Americana. Iba acompañado de una carta sin firma que decía : "Esta calavera azteca, que podría ser parte de la colección Porfirio Díaz , fue comprada en México en 1960... Se la ofrezco al Smithsonian sin contrapartida." Richard Ahlborn, entonces conservador de las colecciones de origen hispano, sabía de mi conocimiento de la arqueología mexicana y me llamó para preguntarme si sabía algo sobre el objeto: un misterioso cráneo de cristal de color blanco lechoso considerablemente más grande que una cabeza humana.



En 1992, este cráneo de cristal de roca hueco fue enviado anónimamente a la Institución Smithsonian. La carta que acompañaba a este objeto de 13 kilos y medio y 25 centímetros de alto sugería que era de origen azteca. (James Di Loreto y Donald Hurlburt / Cortesía Smithsonian Institution)

**HACE DIECISÉIS AÑOS, UN PESADO PAQUETE FUE ENTREGADO AL MUSEO NACIONAL DE HISTORIA AMERICANA. IBA ACOMPAÑADO DE UNA CARTA SIN FIRMA QUE DECÍA : "ESTA CALAVERA AZTECA, QUE PODRÍA SER PARTE DE LA COLECCIÓN PORFIRIO DÍAZ , FUE COMPRADA EN MÉXICO EN 1960... SE LA OFREZCO AL SMITHSONIAN SIN CONTRAPARTIDA"**

Yo le dije que sabía de la existencia de un cráneo de cristal de tamaño natural que se exhibía en el Museo Británico de Londres, y también había visto una versión más pequeña que el Smithsonian había exhibido hace tiempo como una falsificación. Después de unos minutos pensando sobre el significado y la importancia de este inusual artefacto, preguntó si el departamento de antropología estaría interesado en aceptar esa

cráneo de cristal para las colecciones nacionales. Le dije que sí sin dudarlo. Si resultara que el cráneo era un verdadero artefacto mesoamericano precolombino, sería un objeto tan raro que sin lugar a dudas debería formar parte de las colecciones nacionales.

Yo no podía haberme imaginado entonces que esta donación abriría una nueva línea de investigación para mí. Desde que el paquete llegó, el estudio de este cráneo me ha llevado a investigar la historia de las colecciones precolombinas en museos de todo el mundo y he colaborado con una amplia variedad de científicos internacionales y conservadores de museos que también se han cruzado con calaveras de cristal. El estudio de esos objetos me ha llevado a una nueva investigación sobre la tecnología lapidaria precolombina, especialmente el tallado de piedras duras como la jadeíta y cuarzo.

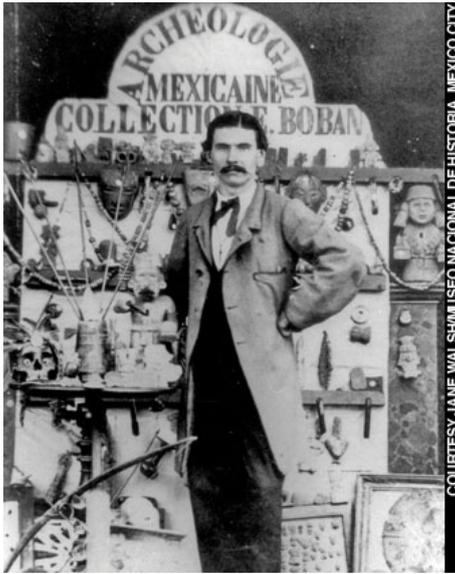
Las calaveras de cristal han sido objeto de serios análisis académicos, pero son tan misteriosas que también han levantado la imaginación popular. Las teorías sobre sus orígenes abundan. Algunos creen que los cráneos son obra de los mayas o aztecas, pero también se han convertido en objeto de un debate

constante en las páginas web sobre ocultismo. Algunos insisten en que se originaron en un continente hundido o en una galaxia lejana. Y ahora están a punto de convertirse en superestrellas arqueológicas gracias a nuestro colega del celuloide Indiana Jones, que abordará el tema de nuestra investigación en . Mientras escribo esto, los detalles sobre la trama de la película están siendo estrechamente guardados por los productores de la película, pero se rumorea por Internet que el cráneo de cristal del título es creación de los alienígenas.

Estas tallas exóticas suelen ser atribuidas a culturas mesoamericanas precolombinas. Sin embargo, ni un solo cráneo de cristal en una colección de museo proviene de una excavación que esté bien documentada y tienen poca relación estilística o técnica con las genuinas representaciones precolombinas de cráneos, que son una tema importante en la iconografía mesoamericana. Esas calaveras son veneradas hoy por un gran grupo de hippies maduritos y devotos de la Nueva Era, pero ¿cuál es la verdad detrás de las calaveras de cristal? ¿De dónde vienen, y por qué se hicieron?

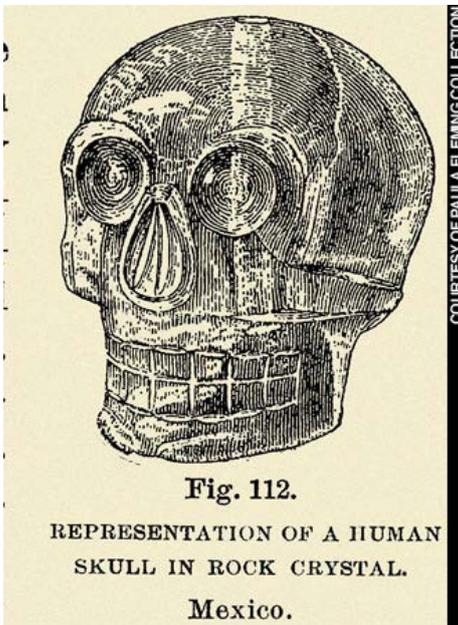


La autora y Scott Whittaker, director del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido de la Smithsonian, examinan la "Calavera Mitchell-Hedges." Los rasgos tallados se examinaron en moldes de silicona del cráneo con este instrumento para buscar las marcas de las herramientas usadas. (James Di Loreto /Cortesía Smithsonian Institution)



COURTESY JANE WALSH/MUSEO NACIONAL DE HISTORIA, MEXICO CITY

El anticuario francés Eugène Boban con su colección de objetos mesoamericanos en una exposición en París en 1867. Entre los objetos expuestos hay dos calaveras de cristal. A sus pies descansa una olla y un hacha de batalla que Boban exhibió como aztecas. Ambos son falsificaciones. (Cortesía Jane Walsh/Museo Nacional de Historia, Ciudad de México)



COURTESY OF PAULA FLEMING COLLECTION

Fig. 112.

REPRESENTATION OF A HUMAN SKULL IN ROCK CRYSTAL.

Mexico.

En 1886, el Smithsonian adquirió un cráneo de cristal que puede haber sido un colgante precolombino retallado en el siglo XIX. Esta entrada de un catálogo muestra el objeto más o menos a su tamaño real, y con un taladro vertical que pasa por su centro. (Cortesía de Paula Fleming Collection)

Los museos comenzaron a recoger cráneos de cristal de roca durante la segunda mitad del siglo XIX, cuando no se habían realizado excavaciones científicas arqueológicas en México y el conocimiento de objetos precolombinos reales era escaso. También fue un período en el que floreció la falsificación de objetos precolombinos. Cuando el arqueólogo del Smithsonian W.H. Holmes visitó la Ciudad de México en 1884 vio 'tiendas de reliquias' en cada esquina que estaban repletas de falsos vasos de cerámica, silbatos y figuritas. Dos años más tarde, Holmes advirtió sobre la abundancia de objetos precolombinos falsos en las colecciones de museos en un artículo para la revista Science titulado 'El comercio de falsas antigüedades mexicanas'.

Las primeras calaveras de cristal mexicanas aparecieron en 1863 justo antes de la intervención francesa, cuando el ejército de Luis Napoleón invadió el país y se instaló Maximiliano de Habsburgo de Austria como emperador. Por lo general, los cráneos son pequeños, como mucho de cuatro centímetros de alto. El primer espécimen parece ser un cráneo de cristal del Museo Británico de un par de centímetros de alto que podría haber sido adquirido en 1856 por el banquero británico Henry Christy.

Otras dos calaveras fueron exhibidas en 1867 en la Exposición Universal de París como parte de la colección de Eugène Boban, quizás la figura más misteriosa de la historia de las calaveras de cristal. Boban fue un francés que sirvió como arqueólogo oficial de la corte mexicana de Maximiliano. Fue también miembro de la Comisión Científica de Francia en México, que la Exposición de París trató de destacar. La exposición tuvo el éxito esperado como escaparate del segundo imperio de Luis Napoleón, ya que su inauguración coincidió con el fusilamiento de Maximiliano por las fuerzas del presidente mexicano Benito Juárez.

El Museo Nacional de la Ciudad de México compró en 1874 un pequeño cráneo de cristal por 28 pesos al coleccionista mexicano Luis Costantino, y otro por 30 pesos en 1880. En 1886, el Smithsonian compró una pequeña calavera de cristal, esta vez de la colección de Agustín Fischer, que había sido secretario del emperador Maximiliano en México. Pero desapareció misteriosamente de la colección algún tiempo después de 1973. Había sido exhibido en una exposición de falsificaciones arqueológicas de Guillermo Foshag, mineralogista de la Smithsonian que había descubierto en la década de 1950 que había sido tallada con un torno de lapidario moderno.

Estos pequeños objetos representan la 'primera generación' de calaveras de cristal, y todos ellos están perforados de arriba a abajo.

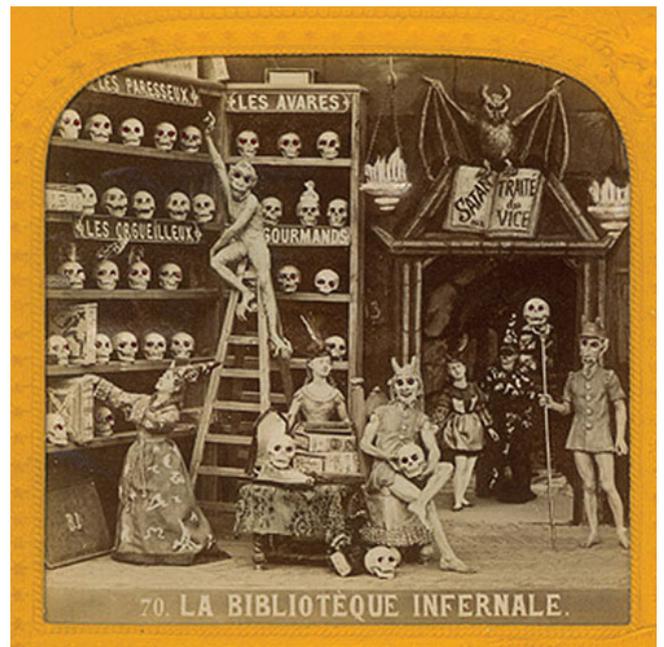
## EL SIGLO XIX FUE UN PERÍODO DE GRAN FASCINACIÓN POR LA CALAVERAS Y ESQUELETOS EN EUROPA

Durante el reinado de Luis Napoleón (1852-1870), los artistas franceses crearon fotografías estereoscópicas, llamados , de dioramas en miniatura de los esqueletos en trajes de fiesta, bibliotecas, reuniones con el diablo y en citas amorosas. Estos pasquines satíricos sobre la corrupción en la corte de Napoleón ilustran cómo la imaginería popular de los esqueletos se desata cuando las primeras calaveras de cristal hicieron su aparición. Cortesía de Paula Fleming Collection.

Los agujeros de la perforación pueden ser en realidad de origen precolombino y los cráneos pudieron haber sido simples cuentas de cristal de cuarzo mesoamericanos, posteriormente retallado para el mercado europeo como pequeños , u objetos destinados a recordar a sus propietarios de la eventualidad de la muerte.

Durante mi investigación sobre la procedencia de los cráneos de cristal no dejaba de encontrarme con el nombre de Boban. Llegó a México en su adolescencia y pasó una juventud idílica dirigiendo sus propias expediciones arqueológicas y recolectando aves exóticas. Boban se enamoró de la cultura mexicana – aprendiendo con fluidez la lengua azteca náhuatl y el español - y empezó a ganarse la vida vendiendo objetos arqueológicos y ejemplares de historia natural a través de una empresa familiar en la Ciudad de México.

Después de regresar a Francia, abrió una tienda de antigüedades en París en la década de 1870 y vendió una gran parte de su colección arqueológica mexicana original a Alphonse Pinart, un explorador y etnógrafo francés. En 1878, Pinart donó la colección, que incluía tres calaveras de cristal, al Trocadero, el precursor del Musée de l' Homme. Boban había adquirido el tercer cráneo de la colección Pinart en



algún momento después de su regreso a París. Es varias veces más grande que cualquiera de los otros de este período inicial, ya que mide alrededor de diez centímetros de alto. Este cráneo, ahora en el Musée du Quai Branly, tiene un gran agujero perforado verticalmente a través de su centro. Hay un cráneo comparable, aunque más pequeño (alrededor de 6 centímetros de alto) en una colección privada. Sirve como base de un crucifijo, y es posible que el cráneo del Quai Branly pudiera haber tenido un uso similar.

Un cráneo de segunda generación -de tamaño natural y sin un agujero vertical- apareció por primera vez en 1881 en el taller parisino de Boban. Este cráneo tiene unos quince centímetros de alto. La descripción en el catálogo que publicó Boban no proporciona el lugar del hallazgo del objeto y está en una lista separada de sus antigüedades mexicanas. Boban lo llamó una "obra maestra " de la tecnología lapidaria y apuntó que era " único en el mundo".

A pesar de ser único en su especie, no lo pudo vender, así que cuando Boban regresó a la Ciudad de México en 1885, después de una ausencia de 16 años, se lo llevó con él. Lo expuso junto con una colección de cráneos humanos reales en su tienda, que él denominó el 'Museo Científico'. Según rumores locales, Boban intentó venderlo al Museo

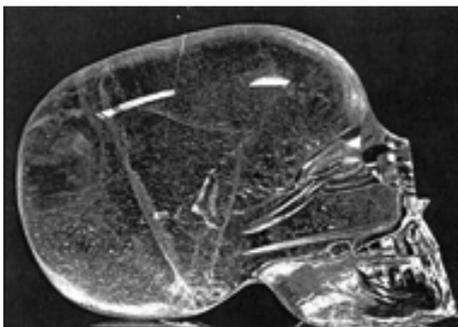
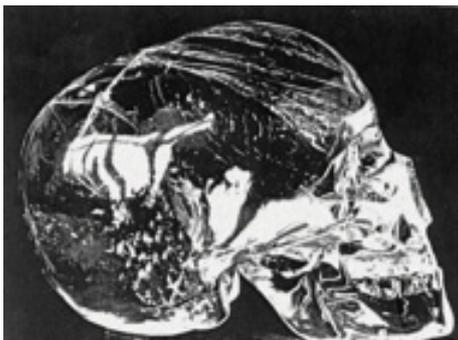
Nacional de México como un objeto azteca, con su socio Leopoldo Batres, quien tenía el cargo oficial de protector de los monumentos prehispánicos. Pero el conservador del museo creyó que el cráneo era una falsificación de vidrio y se negó a comprarlo. Entonces Batres denunció a Boban por fraude y lo acusó de contrabando de antigüedades.

En julio de 1886, el anticuario francés trasladó su colección y negocio museístico a la ciudad de Nueva York y más tarde realizó una subasta de varios miles de objetos arqueológicos, manuscritos mexicanos coloniales y una gran biblioteca. Tiffany & Co. compró la calavera de cristal en la subasta por 950\$. Una década más tarde, Tiffany lo vendió al Museo Británico por el precio de compra original. Curiosamente, el catálogo de Boban para la subasta de Nueva York de 1886 enumera otra calavera de cristal. Esta calavera es de la variante más pequeña. Se describe como originaria del Valle de México y está catalogada, junto con una mano de cristal, como azteca. Ninguno de estos objetos se pueden encontrar ahora.

Una tercera generación de cráneos apareció algún tiempo antes de 1934, cuando Sidney Burney, un marchante de arte de Londres, compró un cráneo de cristal de proporciones casi idénticas al ejemplar

que el Museo Británico compró a Tiffany. No hay información acerca de dónde lo sacó, pero es casi una réplica del cráneo del Museo Británico, casi exactamente la misma forma pero con un modelado más detallado de los ojos y los dientes. También tenía una mandíbula separada, lo que lo coloca en una clase distinta por sí mismo. Fue vendido en 1943 en Sotheby en Londres a Frederick Arthur (Mike) Mitchell-Hedges, un inglés adinerado, pescador de alta mar, explorador y cuentista.

Desde la publicación en 1954 de las memorias de Mitchell-Hedges tituladas 'Danger my Ally', este cráneo de tercera generación del siglo XX ha conseguido ser de origen maya, así como objeto de una serie de fantásticos cuentos chinos, como el de Indiana Jones. La hija adoptiva, Anna Mitchell-Hedges, quien murió a la edad de cien años, se preocupó de la calavera durante 60 años y de vez en cuando la exhibía de forma privada por un módico precio. Actualmente está en la posesión de su viudo, pero diez sobrinas y sobrinos también la han reclamado como suya. Conocida como la Calavera de la Condena, la Calavera de Amor, o simplemente la Calavera de Mitchell-Hedges, se dice que emite luces azules por sus ojos y que supuestamente ha roto discos duros de ordenador.



La calavera Mitchell-Hedges (parte superior) y el cráneo del Museo Británico (parte inferior) fueron objeto de una serie de 1.936 artículos en los que el comisario del Museo Británico Adrian Digby y el antropólogo físico GM Morant debatieron si ambos cráneos se basaban en el mismo original, que según Digby postuló, fue reverenciado como un "dios de la muerte" mesoamericano.

---

Aunque casi todas las calaveras de cristal han sido alguna vez identificadas como aztecas, toltecas, mixtecas, o de vez en cuando, mayas, ninguna de ellas reflejan las características artísticas o estilísticas de cualquiera de estas culturas. Las versiones aztecas y toltecas de cabezas de muertos fueron casi siempre talladas en basalto, de vez en cuando se cubrieron con estuco, y probablemente fueron pintadas. Por lo general, estaban bien unidas a las paredes o los altares o representadas en bajorrelieves de deidades como ornamentos usados en cinturones. Comparativamente están toscamente talladas, pero son más naturales que las calaveras de cristal, sobre todo en la representación de los dientes. Los mixtecas fabricaron ocasionalmente calaveras de oro, pero estas representaciones son realmente rostros de tipo calavera que conservan los ojos, la nariz y los oídos. Los mayas también tallaron calaveras, pero en relieve de piedra caliza. A menudo esas calaveras, representadas de perfil, encarnan los días de sus calendarios.

## LOS COMPRADORES EUROPEOS IMAGINARON QUE ESTABAN COMPRANDO ESCULTURAS PRECOLOMBINAS ARTESANALES, PARCIALMENTE FASCINADOS QUIZÁ POR EL HORROR DE LOS SACRIFICIOS HUMANOS AZTECAS

Los compradores europeos imaginaron que estaban comprando esculturas precolombinas artesanales, parcialmente fascinados quizá por el horror de los sacrificios humanos aztecas. Pero los aztecas no se colgaban calaveras de cristal alrededor de sus cuellos sino que disponían los cráneos de las víctimas sacrificadas en anaqueles, empalándolas horizontalmente a través de los lados (por la región parieto-temporal), no verticalmente .

Yo creo que todas las calaveras de cristal más pequeñas que constituyen la primera generación de falsificaciones se hicieron en México en la época en que fueron vendidos, entre 1856 y 1880. En este periodo de 24 años pudo ser debido a un solo artesano o a un solo taller. La calavera más grande de 1878 de París parece ser algún tipo de pieza de transición, ya que sigue la perforación vertical de las piezas más pequeñas, pero su tamaño impide que sea un colgante o abalorio alguno. Este cráneo ahora reside en los laboratorios del sótano del Louvre y el Musée du Quai Branly ha comenzado un estudio científico de la pieza que va a incluir técnicas de análisis elemental avanzadas como la emisión de rayos X y la espectroscopia Raman; por lo tanto, tendremos más información acerca de su composición y edad.

La calavera de 1878 de París y la de Boban-Tiffany-Museo Británico que apareció en el año 1881 son, quizás, creaciones europeas del siglo XIX. No hay ningún lazo directo a México de ninguno de estos dos cráneos más grandes, excepto a través de Boban. Simplemente aparecen en París poco después de su regreso inicial de México en 1869. El cráneo Mitchell-Hedges, que aparece después de 1934, es una copia verdadera del cráneo



¿Ídolo mesoamericano? En las primeras escenas de (1981), Indiana Jones va tras la pista de un ídolo de oro de gran valor creado por una antigua cultura sudamericana no identificada. La imagen de la diosa, que Jones arrebató hábilmente de un altar (que desencadenó una serie de trampas explosivas que culminan con una enorme roca casi aplastando a nuestro héroe) es de una mujer en el acto de dar a luz. La figura dorada se inspiró en una talla de piedra verde supuestamente azteca llamada Tlazolteotl, considerada como una obra maestra por el Museo Dumbarton Oaks, en Washington DC.

del Museo Británico, con florituras estilísticas y técnicas que sólo un consumado farsante podría idear. De hecho, en 1936 el estudioso del Museo Británico Adrian Digby planteó por primera vez la posibilidad de que el cráneo Mitchell-Hedges pudiera ser una copia del cráneo del Museo Británico, ya que mostró “una ingenuidad perversa propia de un falsificador”. Sin embargo, Digby, entonces un joven comisario, no sugirió que era una falsificación moderna y también descartó la posibilidad de que el propio cráneo de cristal de su museo era un fraude, ya que el examen microscópico de principios del siglo XX no reveló la presencia de marcas de herramientas modernas.

En mi investigación sobre la historia de la adquisición del objeto descubrí que un comerciante chino en París vendió la figura en 1883 a un famoso mineralogista francés, Augustin Damour. Su amigo Eugene Boban aconsejó a Damour la compra. En el examen de la iconografía de este objeto, me encontré con que la posición de parto es

---

desconocida en artefactos o representaciones precolombinas documentadas en los códices. También he utilizado la microscopía electrónica de barrido para analizar la fabricación del ídolo y he encontrado una amplia evidencia de la utilización de herramientas de corte rotativas modernas en la superficie del objeto. En mi opinión, el ídolo Tlazolteotl, al igual que las calaveras de cristal, es una falsificación del siglo XIX.

El cráneo que llegó al Smithsonian hace 16 años representa una nueva generación de estos engaños. De acuerdo con su donante anónimo, fue comprado en México en 1960 y su tamaño tal vez refleja la exuberancia de la época. En comparación con los cráneos originales del siglo XIX, el cráneo Smithsonian es enorme, 14 kilogramos de peso y casi 25 centímetros de alto, eclipsando en tamaño a todos los demás. Creo que probablemente fue fabricado en México poco antes de que fuera vendido. El cráneo es ahora parte de las colecciones nacionales del Smithsonian e incluso tiene su propio número de catálogo: 409954 en el momento en que se almacena en un armario cerrado con llave en mi oficina.

En la actualidad hay una quinta - y, probablemente, una sexta- generación de calaveras y me han pedido examinar un buen número de ellas. Los coleccionistas me han traído cráneos que supuestamente eran de México, Guatemala, Brasil e incluso del Tíbet. Algunos de estos cráneos `de cristal' han resultado ser de vidrio y otros están hechos de resina.

La científica del Museo Británico Margaret Sax y yo hemos examinado las calaveras del Museo Británico y de la Smithsonian bajo microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido y determinamos de manera concluyente que fueron tallados con equipos lapidarios modernos, que no conocían los talladores mesoamericanos precolombinos. Un informe preliminar sobre nuestra investigación se encuentra en la web del Museo Británico ([http://www.britishmuseum.org/research/collection\\_online/collection\\_object\\_details.aspx?objectId=662974&partId=1](http://www.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=662974&partId=1)).

¿Entonces, por qué las calaveras de cristal han tenido una larga y exitosa carrera y por qué algunos museos continúan exhibiéndolas, a pesar de su falta de contexto arqueológico y sus evidentes fallos icono-

gráficos, estilísticos y técnicos obvios?. Aunque el Museo Británico exhibe sus cráneos como ejemplos de falsificaciones, otros todavía los ofrecen como piezas arqueológicas originales. El museo nacional de México, por ejemplo, identifica sus cráneos como el trabajo de los artesanos aztecas y mixtecas. Tal vez sea porque, al igual que las películas de Indiana Jones, estos macabros objetos son taquillazos seguros.

Impresionados por su excelencia técnica y pulido brillante, generaciones de conservadores de museos y coleccionistas privados han sido engañados por estos objetos. Pero son demasiado buenos para ser verdad. Si tenemos en cuenta que los lapidarios precolombinos usaron piedra, hueso, madera, y posiblemente, herramientas de cobre con arena abrasiva para tallar piedra, las calaveras de cristal están demasiado bien talladas y pulidas para haber sido hechas con esas herramientas.

En última instancia, la verdad detrás de los cráneos se pudo haber ido a la tumba con Boban, un experto distribuidor de muchos miles de objetos precolombinos - incluyendo al menos cinco calaveras de cristal diferentes - ahora a resguardo en los museos de todo el mundo. Se las arregló para confundir a mucha gente durante mucho tiempo y ha dejado un legado fascinante, un legado que sigue siendo un rompecabezas un siglo después de su muerte. Boban vendió a distintos museos y coleccionistas privados algunas de las falsificaciones más fascinantes jamás conocidas, y tal vez quedan muchas más aún por aparecer. Suena como un gran argumento para una película.

© 2008 por el Instituto Arqueológico de América

[archive.archaeology.org/0805/etc/indy.html](http://archive.archaeology.org/0805/etc/indy.html)

Url de la fuente:

<http://archive.archaeology.org/0805/etc/indy.html>

2014



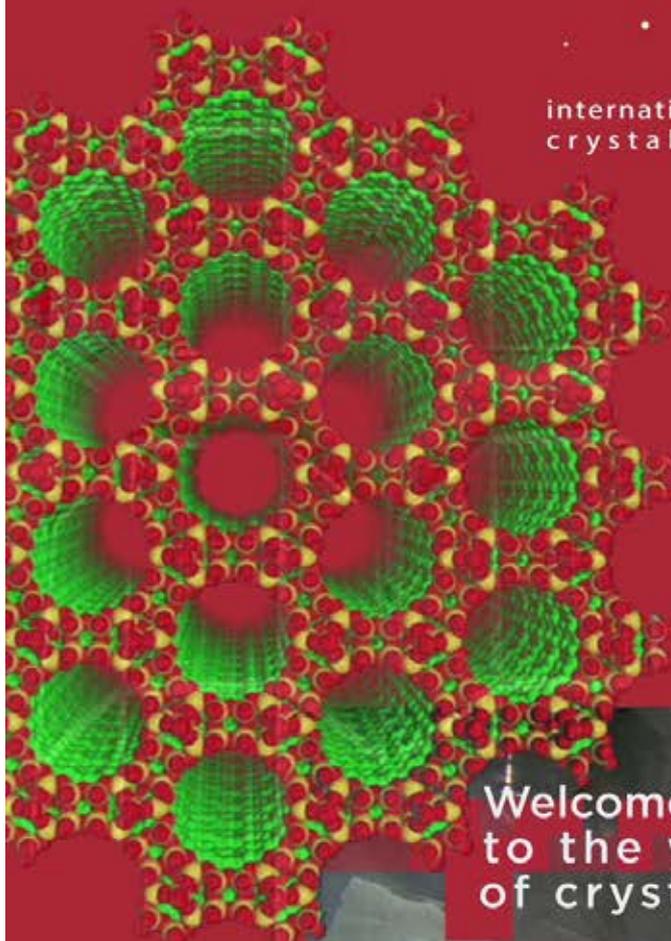
United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International  
Union of  
Crystallography

international year of  
crystallography

Partners for the International Year of Crystallography 2014



Welcome  
to the wonderful world  
of crystals



*IYCr2014: Descubre lo que la  
cristalografía puede hacer por ti*

*Notas explicativas del video de lanzamiento del Año Internacional de la Cristalografía 2014*

[www.iycr2014.org](http://www.iycr2014.org)



## ***ICYCr2014: Descubre lo que la cristalografía puede hacer por tí***

El objetivo de este video promocional es anunciar el **Año Internacional de la Cristalografía** que se celebrará en 2014. La cristalografía es la rama de la ciencia que trata con la investigación de la disposición de los átomos en la materia y de las propiedades que se derivan de ese orden estructural. La cristalografía es por lo tanto vital para la química, la biología, la física, la ciencia de materiales, la mineralogía y para muchas otras disciplinas. De ahí el título elegido: "Descubre lo que la cristalografía puede hacer por tí". Nuestro compromiso durante el próximo año 2014 será el dar a conocer a los ciudadanos de todo el mundo la enorme contribución de la cristalografía al bienestar social.

### ***BIENVENIDO AL MARAVILLOSO MUNDO DE LOS CRISTALES***

El video spot comienza con una vista de la bellísima geoda de Pulpí, en Almería (España), la mayor geoda de Europa. Se trata de una cueva de forma ovoide y de unas dimensiones de unos 8x2x2 metros, cuyas paredes están cubiertas por enormes cristales de yeso transparentes. Es un magnífico ejemplo de la estética del mundo cristalino, donde esos cristales semejan grandes bloques de hielo, recordándonos el origen griego de la palabra cristal, *krystallos*, agua superenfriada.

### ***LOS CRISTALES ESTÁN EN CADA RINCÓN DE NUESTRA VIDA DIARIA***

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 yergues sustentada 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 móvil, gracias a los semiconductores fabricados con cristales de silicio, los mismos que usan las placas solares fotovoltaicas... así podríamos seguir todo el día.

### ***ESTÁN EN NUESTRO CUERPO***

Nuestros huesos –así como los dientes– están hechos de cristales de un tipo de fosfato de calcio llamado hidroxiapatito, que forma el esqueleto y nos permite permanecer en pie. Los cristales de calcita –un carbonato de calcio como el que forma la caliza– que se encuentran en el oído interno son los que controlan nuestro equilibrio. ¡No nos caemos gracias a los cristales! Gracias a la cristalografía se investigan materiales biocompatibles que imitan el tamaño y la textura de estos cristales de hidroxiapatito con los que se consiguen mejores prótesis, y también la creación de nuevos materiales inspirados en las estructuras cristalinas que forman los organismos vivos, como las conchas de las caracolas, el coral o las perlas.

### ***Y SE ENCUENTRAN EN LA NATURALEZA***

Los minerales son los cristales que nos regala la naturaleza. La inmensa mayoría de los minerales que forman las rocas son cristales. Los propios copos de nieve no son otra cosa que agua cristalizada. En muchos casos, esos minerales exhiben las hermosas formas poliédricas de cantos afilados que nos hablan del orden interno de la materia cristalina. Las joyas y piedras semipreciosas suelen hallarse en la naturaleza como minerales cristalizados. Y más allá de eso, el estudio de las propiedades de los cristales naturales permite mejorar la tecnología de extracción y el beneficio de los metales en la minería moderna.



### ***TAMBIÉN SON ESENCIALES EN LOS NUEVOS MATERIALES***

La gran mayoría de materiales que utilizamos hoy en día, como los semiconductores, los superconductores, las aleaciones ligeras, los elementos de óptica no lineal, los catalizadores... son cristalinos; y también lo son los materiales llamados a diseñar nuestro futuro, como los cuasicristales o el grafeno.

### ***Y EN LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS***

Las nuevas tecnologías utilizan cristales líquidos para los relojes y teléfonos, cristales para los láseres, semiconductores para los componentes electrónicos de los chips y los diodos emisores de luz (LEDs).

### ***UTILIZAMOS LOS CRISTALES PARA FABRICAR MEJORES FÁRMACOS***

Todos los fármacos han de cristalizarse para asegurar su pureza, conocer su estructura íntima a nivel molecular y mejorar su calidad. Gracias a la cristalografía podemos conocer y visualizar la disposición de los átomos y moléculas en el espacio... y aprovechar este conocimiento para comprender tanto el funcionamiento molecular de los medicamentos como la manera en que podemos mejorarlos. La cristalografía es crucial para la industria farmacéutica.

### ***LOS CRISTALES NOS AYUDAN A ENTENDER Y PRESERVAR EL ARTE...***

La conservación de las obras de arte es un problema relacionado con los materiales que componen la obra, que en la mayor parte de los casos están formados por diminutos cristales. Las modernas técnicas cristalográficas nos permiten identificar esos materiales y entender las reacciones que provocan su deterioro. Y en otros casos, como en el llamado "mal de la piedra" es la propia fuerza de cristalización de las sales la que provoca un problema que amenaza la conservación del patrimonio histórico y artístico a nivel universal.

### ***...Y TAMBIÉN INSPIRAN EL ARTE***

Los cristales y las teorías cristalográficas han jugado un papel importante en la construcción intelectual de las ideas de armonía y belleza. Por ejemplo, la repetición periódica de la materia característica de los cristales dibuja patrones que son similares a los de la decoración que encontramos en los mosaicos árabes de la Alhambra, y su estudio detallado basado en la teorías cristalográficas quitar permite encontrar aún hoy en día nuevos diseños decorativos. Los conceptos de cristal y orden cristalino han alimentado históricamente una actitud intelectual hacia la armonía y la belleza, que se percibe claramente en las artes plásticas –como en los grabados de Escher– en la arquitectura y la filosofía. El arte purista o el cubismo, así como los sueños arquitectónicos de Le Corbusier que dibujan hoy el skyline de nuestras metrópolis, han sido inspirados por los cristales.

### ***LOS CRISTALES MÁS BELLOS SE USAN COMO JOYAS...***

Todos sabemos que las gemas más valiosas son cristalinas, como el diamante, el rubí o la esmeralda...





### ... Y TAMBIÉN PARA EMBELLECE

... pero son pocos los que saben que la industria cosmética aprovecha las propiedades de los cristales: color y textura dependen de la forma y el tamaño de la fase cristalina empleada en su fabricación.

### LOS CRISTALES NOS PROPORCIONAN MEJORES ALIMENTOS

Estamos familiarizados con los cristales de azúcar y sal que utilizamos en nuestra mesa a diario. La calidad y el sabor del azúcar moreno o del azúcar blanca depende de cómo se cristalizan; y tanto la sal común, como la Maldon o la Fleur de Sel tienen precios diferentes porque se cristalizan de forma diferente. Pero te sorprendería aún más saber que la calidad del chocolate depende de cómo cristalicen los ácidos grasos del cacao y que el sabor y la calidad del helado dependen del tamaño y la forma de los cristales de hielo que contiene. Y que el cascarón del huevo es un perfecto contenedor de proteínas fabricado con una exquisita disposición de cristales de carbonato cálcico.

### Y DAN COLOR A NUESTRO MUNDO

Los pigmentos cristalinos ponen una nota de color en nuestras vidas. Pero sorprendentemente no son los pigmentos, sino la interferencia de la luz con la estructura cristalina de la quitina de las alas de las mariposas o de las plumas de las aves, lo que les da su bello color. La explotación de los llamados "colores estructurales" está buscando un futuro en la industria del diseño.

### LOS CRISTALES AYUDAN A LA AGRICULTURA

La cristalización de fertilizantes, abonos y otros productos agroquímicos, debe realizarse cuidadosamente para satisfacer nuevas exigencias de calidad. La ingeniería agroquímica hace uso continuamente de la cristalización.

### Y NOS PROPORCIONAN ENERGÍA VERDE

Los paneles solares fotovoltaicos emplean silicio cristalino para transformar la luz del sol en electricidad. El futuro de la energía solar depende de la obtención de nuevos cristales de compuestos III-V. La zeolita, un material cristalino de alta porosidad, juega un papel esencial en el refinado de petróleo para conseguir un combustible mejor y más limpio. La industria de la energía usa tecnología cristalográfica para crear un planeta más limpio.

### CRISTALES DESDE EL ESPACIO...

La historia de los estados iniciales de nuestro planeta y del Sistema solar está encerrada en los cristales que forman los meteoritos. Y es muy posible que los minerales cristalizados hayan jugado un papel crucial en las reacciones prebióticas, es decir, los senderos químicos que nos conducen al origen de la vida.

### ...Y PARA EL ESPACIO

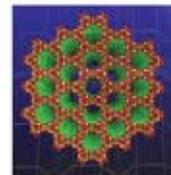
Descubrir la composición mineral de Marte, la Luna y el espacio exterior es el primer paso para conocer los lugares que estamos destinados a visitar y, tal vez, a vivir en ellos. Es también una información esencial para saber si estamos solos en el universo. La cristalografía nos proporciona la tecnología necesaria para conocer la composición mineral de otros mundos.

### CRISTALES PARA ENTENDER LA VIDA

Hoy por hoy no contamos con microscopios que tengan la suficiente potencia para observar la estructura íntima de los materiales. Gracias al desarrollo de la teoría de la difracción y a la capacidad de cristalizar enormes y complejas macromoléculas biológicas, los cristalógrafos pueden descubrir la estructura atómica de los ácidos nucleicos y las proteínas. Así, estamos capacitados para entender las relaciones entre la estructura atómica y la función bioquímica de esas moléculas que son la clave para entender la vida, es decir, para entender cómo funciona la vida a nivel molecular.

### CRISTALES PARA SALVAR VIDAS

Gracias a dichos métodos, los cristalógrafos revelaron, por ejemplo, la estructura en doble hélice del ADN, cómo la hemoglobina transporta el oxígeno y cómo funciona la hormona de la insulina. Y es la cristalografía y las técnicas cristalográficas la que nos ha permitido conocer la estructura del centro activo de la proteína diana involucrada en el sida, y diseñar los compuestos farmacéuticos que permitan bloquearlo. El diseño racional de fármacos es una herramienta de base cristalográfica para combatir la inmensa mayoría de las enfermedades.



## TE VAMOS A SORPRENDER. DESCUBRE LO QUE LA CRISTALOGRAFÍA PUEDE HACER POR TI

### BIENVENIDO AL FASCINANTE MUNDO DE LOS CRISTALES

El video spot finaliza con una animación que nos muestra las dos grandes ideas sobre las que se levanta la cristalografía. La primera es el descubrimiento en el siglo XIX de que los cristales son el resultado de la distribución periódica de unidades de materia –ya sean átomos, moléculas o macromoléculas- y de que, como resultado de ese orden interno, los cristales desarrollan formas poliédricas externas con una simetría precisa. La segunda idea, descubierta a principios del siglo XX, consiste en que la interacción de los cristales con un haz de rayos X produce patrones de difracción, una constelación de puntos exactamente ordenados, que contienen información sobre la estructura íntima de las moléculas que forma los cristales. Los cristalógrafos han sido capaces de desarrollar herramientas teóricas y experimentales para reconstruir ese conjunto de puntos y convertirlos en imágenes de las moléculas de cualquier tipo de material, desde la sal común de mesa o los medicamentos más eficaces, hasta las complejas moléculas de la vida: ácidos nucleicos, virus y proteínas. Y con esa información imprescindible hemos hecho posible los avances más cruciales de la medicina, la ingeniería de materiales, la química, la geología o la farmacología; con ello hemos contribuido y contribuimos al bienestar social. No es extraño que el comité Nobel haya premiado a esta disciplina en veintisiete ocasiones.

## BIENVENIDO AL AÑO INTERNACIONAL DE LA CRISTALOGRAFÍA (IYCr2014)

## FICHA TÉCNICA

*Título: IYCr2014: Descubre lo que la cristalografía puede hacer por ti*

*Duración: 1'20"*

*Idea, guión y dirección científica: Juan Manuel García-Ruiz, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*

*Realización: Javier Trueba, Madrid Scientific Films (MSF)*

*Producción: Triana Science & Technology (TS&T)*

*Documentación: Alfonso García Caballero (CSIC), Eduardo González García (CSIC), Fermín Otdólor (CSIC)*

*Animación: Tecforma*

**Queremos mostrar nuestro agradecimiento a los siguientes colegas e instituciones por ceder amablemente sus imágenes para la realización de este trabajo:**

*Laboratorio de Estudios Cristalográficos, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Universidad de Granada)*

*Professor Kenneth G. Libbrecht, California Institute of Technology, SnowCrystals.com*

*Division of Mineralogy, Peabody Museum of Natural History, Yale University. Photography by Thomas Mahoney*

*AlexanderAIUS, licensed by Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0*

*Instituto de Ciencias Fotónicas ICFO*

*Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ), Berlin, www.ikz-berlin.de*

*Departamento de Cristalografía y Biología Molecular, Instituto de Química Física Rocasolano (CSIC)*

*Dr Federico Carò/Dr Marco Leona, Department of Scientific Research, The Metropolitan Museum of Art*

*Professor Salvatore Siano & Project TEMART, www.temart.eu*

*Foster+Partners, www.fosterandpartners.com*

*Squonk11, licensed by Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 2.0 Generic*

*Dr Youssef Aboufadi/Professor Abdelmalek Thalal, Cadi Ayyad University*

*Dan Brady, licensed by Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 Generic, danbrady.co.uk*

*Dr Anna Carnerup/Prof. Stephen Hyde, Australian National University*

© Abengoa Solar, S.A. 2013. Todos los Derechos Reservados

*Héctor Garrido, Estación Biológica de Doñana (CSIC)*

*Instituto de Tecnología Química, Universidad Politécnica de Valencia-CSIC*

*NASA/JPL- California Institute of Technology*

*Museo Nacional del Prado, Madrid*

*Dr David S. Goodsell for the RCSB Protein Data Bank, rcsb.org*

*RCSB Protein Data Bank, www.youtube.com/watch?v=qBRFIMcxZNM*

*Professor Bernardo Cesare, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova, www.microscopica.org*

*ALBA Spanish Synchrotron*

*Madrid Scientific Films*

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Por favor contactar con Prof. Juan Manuel García-Ruiz, email: [jmg Ruiz@ugr.es](mailto:jmg Ruiz@ugr.es), teléfono: +34 669 434700



DESQBRE

FUNDACIÓN ANDALUZA PARA LA DIVULGACIÓN  
DE LA INNOVACIÓN Y EL CONOCIMIENTO

[www.fundaciondescubre.es](http://www.fundaciondescubre.es)