

DESQBRE  
EL CINE CIENTÍFICO

DOC.MX

LA CRISTALOGRAFÍA  
EN EL CINE  
GUÍA DIDÁCTICA

# SUMARIO

## LA CRISTALOGRAFÍA EN EL CINE

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

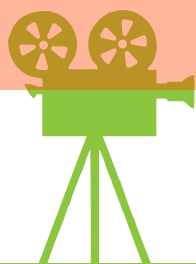
## PELÍCULAS

|  |    |
|--|----|
| 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 |

DOC.MX



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 Jim 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 sinfín 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.





# DOC.MX

## 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



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



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

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

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

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

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.



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