

Aurelio Ramírez Hernández y Carmen María Estefanía Hernández Mota

# ¿Transparencia es igual a cristalinidad?

La transparencia y la cristalinidad son términos que empleamos en la vida cotidiana casi como si fueran iguales, pero en realidad son conceptos muy distintos desde el punto de vista de la ciencia, y de la física en particular. En este artículo pretendemos hacer notar una clara diferencia entre ambos a través de algunos ejemplos de su uso en el hogar, en la industria, en el universo y hasta en la política.

Muy probablemente hemos escuchado o dicho alguna vez: “¡Esta agua es muy cristalina!”, porque inconscientemente relacionamos lo transparente con lo cristalino, ¿pero esta aseveración es correcta? Para responder, primero debemos conocer los conceptos de *transparencia* y *cristalinidad* desde el punto de vista de la física, para luego contrastarlos a partir de algunos ejemplos que podemos encontrar alrededor nuestro.

## ■ ¿Qué es transparencia y qué es cristalinidad?

■ Cuando buscamos las definiciones en el diccionario de la Real Academia Española, encontramos que un material transparente es el que “permite ver los objetos con nitidez a través de él” (véase la Figura 1). En tanto, algo cristalino se distingue por ser “limpio, claro y transparente”. En este sentido, en el lenguaje cotidiano, estos adjetivos prácticamente son sinónimos.

No obstante, desde el punto de vista de la ciencia, cabe hacer algunas aclaraciones. Cuando decimos “material”, nos referimos a un compuesto, una sustancia o cualquier cosa que ocupa un lugar en el espacio. También podemos observar que entre los materiales transparentes y cristalinos existe aparentemente una conexión relacionada con la palabra “luz”, aunque no se menciona explícitamente en sus definiciones: para ver la transparencia de un material se necesita que la luz pase a través de él, y así poder distinguir si está limpio y claro. Desde la física, entendemos que la luz es aquello que hace visibles a los objetos, aunque este término es aún





**Figura 1.** La transparencia del agua.

más profundo: la luz es una onda electromagnética cuya periodicidad (la longitud de onda) es del orden de unas centenas de nanómetros (entre 400 y 800 nanómetros, aproximadamente).

En el caso de la transparencia, es necesario que la luz pase a través del material en cuestión; es decir, que se transmita por este medio. Esto tiene que ver con el tamaño de la longitud de onda de la luz: cuando la longitud de onda es muy grande (del orden de unos cientos de nanómetros para el caso de la luz visible), la onda se puede transmitir por ciertos materiales,

mientras que en otros se va a refractar (cambiará de dirección). Por otra parte, cuando la longitud de onda es muy pequeña (del orden menor de décimas de nanómetros), como en el caso de los rayos X, los materiales podrán refractar y esparcir este tipo de luz. Esto hace referencia a que un material tiene espacios o huecos por los cuales la luz puede pasar y, de esta manera, podremos apreciar con cierta nitidez los objetos, dependiendo principalmente del tamaño de los huecos.

El “hueco” es una forma de referirse a la distancia entre los átomos que están presentes en el material. Así, para que se transmita la luz, la longitud de onda deberá tener un tamaño menor que el del espacio o hueco dado. Por ejemplo, si alguien coloca un pedazo de tela frente a sus ojos, podrá ver lo que hay enfrente suyo dependiendo del tamaño de los huecos que tenga la tela (véase la Figura 2). En este caso, los huecos tienen un tamaño de milímetros, es decir, son mucho mayores que la longitud de onda de la luz visible. Otro ejemplo sería el de las persianas de una ventana: la cantidad de luz que entre o salga a través de la persiana será en función de la abertura que se deje.

En tanto, con “cristalinidad” en la ciencia nos referimos al ordenamiento en el espacio de los átomos de una sustancia o compuesto químico. Por ejemplo, algunos minerales, como la pirita o también llamada el “oro de los tontos” ( $\text{FeS}_2$ ), son materiales cristali-



**Figura 2.** Huecos por donde pasa la luz.

nos, por el ordenamiento en el espacio de sus átomos. Cabe mencionar que los materiales no cristalinos no presentan una estructura definida u ordenada en el espacio, por lo que se les llama amorfos, como el vidrio (compuesto principalmente por arena o  $\text{SiO}_2$ ). Curiosamente, muchas personas cometen el error de llamar “cristales” a los vidrios.

Cuando se dice que un material es cristalino se quiere dar a entender que en su composición interna tiene cristales o está formada por cristales; es decir, este material presenta estructuras ordenadas en el espacio. El término (originado del latín *crystallus*) se refiere a un cuerpo geométrico con una cierta configuración espacial, esto es, que tiene una forma definida. El ejemplo más cercano que tenemos está en muchos de los alimentos que se elaboran para consumo humano y que contienen cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), mejor conocido como sal de mesa. Si ponemos un poco en la palma de nuestra mano y observamos fijamente, veremos que la sal está formada por pequeños cuerpos geométricos, cada uno con una forma definida y similar a los demás (véase la Figura 3). La forma geométrica de la sal es un poliedro regular de seis caras, esto es, formada por pequeños cubos, los cuales poseen una alta simetría; es decir, cada cubo se puede dividir varias veces en partes iguales, es posible rotar, reflejar, cambiar o invertir sus vértices y quedar en una posición indistinguible de la primera, lo cual se conoce como operaciones de simetría.

Cuando la luz incide o choca con alguna de las caras del cristal, se refracta y se esparce dependiendo de la forma geométrica, la composición química y el arreglo espacial de los átomos o moléculas del material. Por lo tanto, la capacidad de refractar y esparcir la luz es una característica propia o inherente de cada cristal. En el caso de la sal de mesa, la manera como se arreglan o se acomodan los elementos sodio y cloro (sus átomos) en el espacio para formar el  $\text{NaCl}$  le dan la configuración de cubo; esto es, los elementos se acomodan simétricamente en los vértices y las caras del poliedro. Cabe mencionar que cuando se quiere identificar el arreglo que siguen las moléculas o átomos de un cristal, se utilizan equipos instrumentales, como es el caso de los rayos X, para comparar su espectro o patrón de difracción con muchos otros cris-



**Figura 3.** Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), mejor conocido como sal de mesa.

tales conocidos. Así, la palabra *cristalinidad* se refiere a algo que tiene un orden (simetría), pero también está relacionada con la luz, por el arreglo u ordenamiento geométrico que presentan los átomos y moléculas en el material y por el tamaño de la longitud de onda de luz que incide sobre éste.

### **Usos de los cristales y la transparencia en la vida**

 Cualquiera podría pensar que los vidrios de las ventanas de las casas y edificios o incluso los pedazos de un vidrio roto son materiales cristalinos. De hecho, hay negocios o empresas que trabajan exclusivamente con vidrio y utilizan para la publicidad de

**Masa molar**  
 La cantidad de masa de una sustancia o compuesto químico que hay en un determinado número de partículas, llamado mol.

su negocio la palabra *crystal*. Sin embargo, la realidad es que los vidrios se elaboran a partir de la sílice (óxido de silicio,  $\text{SiO}_2$ ), mejor conocida como arena, que junto con otros materiales se llevan a fundición y en ese punto se enfrían rápidamente para obtener un material amorfo, es decir, sin orden interno o con una simetría prácticamente nula. Por lo tanto, un vidrio no es un cristal, pero sí puede ser un material transparente. Lo anterior implica que la transparencia depende también de otros fenómenos; por ejemplo, la refracción, esto es, el cambio de dirección de la luz al pasar de un medio a otro. A partir de lo anterior, podemos concluir que la expresión “¡Esta agua es muy cristalina!” es incorrecta; en cambio, podríamos decir “¡Esta agua es muy transparente!”, sí, como resultado de su índice de refracción.

En tanto, otro ejemplo distinto es el cuarzo (compuesto de sílice), que en algunas joyas u otros objetos tiene la apariencia de vidrio, pero en este caso no es amorfo, sino que es cristalino; es decir, presenta una estructura geométrica definida. Asimismo, las aspirinas que consumimos para disminuir un dolor de cabeza también están hechas de una sustancia cristalina, el ácido acetilsalicílico, que es un polvo no transparente, por lo que no observamos los cristales. De igual manera, la alúmina (óxido de aluminio, usado como esmeril para cortar vidrios), la cual se encuentra en la naturaleza en un mineral llamado corindón, también es un material cristalino, aunque no podamos observar sus cristales.

Pero en la actualidad muchos de los materiales que usamos en los hogares y en las industrias son plásticos. Estos polímeros son compuestos químicos de **masa molar** muy grande, comparada con las moléculas pequeñas como el agua y la sal de mesa. Los plásticos están hechos a partir de la unión repetitiva de un compuesto químico llamado monómero; sus uniones forman cadenas, las cuales pueden acomodarse de manera ordenada y desordenada. Esto último significa que los plásticos pueden ser cristalinos y transparentes a la vez; es decir, semicristalinos (véase la Figura 4).

En su configuración espacial, los materiales semicristalinos tienen una zona amorfa (desordenada) y una zona cristalina (ordenada). Cabe señalar que no hay polímeros 100% cristalinos, pero sí hay polímeros 100% amorfos. Para los científicos o las personas que trabajan con materiales poliméricos es muy importante definir si un plástico es semicristalino o amorfo, porque esta característica ayuda a proponer una posible aplicación de este material. Un error que comúnmente cometen los estudiantes de ciencias es concluir que todo polímero semicristalino es transparente. Por ejemplo, el polietileno de baja densidad es un material que solemos usar o ver en los centros comerciales, en la forma de las bolsas de plástico; este polímero, aunque tiene un alto porcentaje de zonas amorfas, es semicristalino y transparente. Por otra parte, el polietileno de alta densidad, usado en los chalecos antibalas, por ejemplo, aunque contiene un alto porcentaje de zonas cristalinas, es semicristalino y no es transparente.



Figura 4. Bolsa de plástico transparente.

### ¿El universo es cristalino o transparente?

Uno de los fundamentos de la teoría que explica que el universo se encuentra en expansión se erige en el concepto de *entropía*, definida como una medida del grado de desorden que presenta un sistema (ya sea cualquier parte o todo el objeto que se va a estudiar). De acuerdo con la teoría, el universo continúa expandiéndose porque su entropía está aumentando siempre (véase la Figura 5). La tercera ley de la termodinámica menciona que la entropía de un sistema tiende a cero (o se mantiene constante) cuando la temperatura absoluta tiende a cero; en otras palabras, esta ley quiere decir que un sistema alcanza su

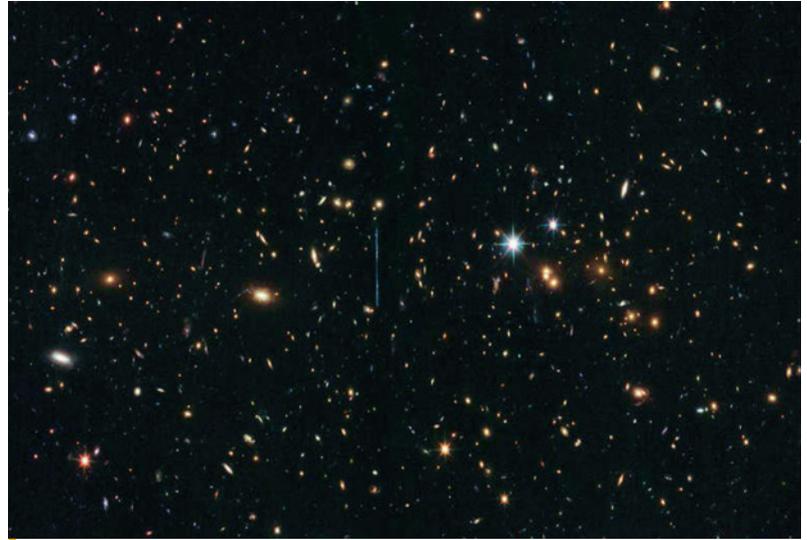
máximo orden cuando la entropía tiende a cero. Por lo tanto, si se dice que la entropía está aumentando (de acuerdo con esta teoría), significa que su orden está disminuyendo; es decir, su cristalinidad disminuye.

Por otro lado, si el universo está expandiéndose, significa que la distancia entre los cuerpos (estrellas, planetas, etc.) que hay en él está aumentando, por lo que la luz pasaría con mayor facilidad entre ellos. Esto quiere decir que la transparencia del universo se incrementa. Sin embargo, he aquí un dilema, porque claramente podemos observar el cristal de la sal de mesa en nuestra mano, pero estando sumergidos dentro del cristal, no es posible ver que se está dentro de un cristal. Esto es lo que pasa con el universo; por lo tanto, por el momento se tiene una limitación para comprender los términos de *transparencia* y *cristalinidad* en el caso del universo.

### ■ ¿Hay transparencia y cristalinidad en la política?

■ Hasta en la política suele escucharse o leerse que un gobierno debe ser transparente, y a la mayoría nos queda claro lo que se quiere decir con esta idea. Sin embargo, también se puede escuchar que un gobierno debe ser ordenado o cristalino en todos sus órganos o dependencias. Con esto se da a entender que los términos *transparencia* y *cristalinidad* funcionan como sinónimos. Pero, como ya vimos, estos conceptos no son empleados correctamente de esa manera.

¿Habrá algo que sea totalmente cristalino y totalmente transparente? La respuesta desde la ciencia es que en la naturaleza no hay un material, sustancia o compuesto que sea 100% cristalino y 100% transpa-



■ **Figura 5.** La transparencia del universo.

rente a la vez. Por ello, si queremos usar estos términos en la política, podemos intuir que tampoco puede haber un gobierno transparente y cristalino al mismo tiempo.

#### Aurelio Ramírez Hernández

Universidad del Papaloapan, campus Tuxtepec.  
chino\_rah@hotmail.com

#### Carmen María Estefanía Hernández Mota

Universidad del Papaloapan, Campus Tuxtepec.  
sttefa\_mottta@hotmail.es

#### Referencia

Reyes Melo M. E. y M. Hinojosa Rivera (2000), "Estructura del estado sólido", *Ingenierías*, 3(9):7-14.