

medievales, especialmente del periodo gótico. El color rojo rubí se obtenía añadiendo oro al vidrio, mientras que tonos amarillos se obtenían añadiendo plata. Además era preciso controlar la temperatura de todo el proceso. Nuevamente los maestros vidrieros eran capaces de obtener, sin saberlo, nanopartículas en el seno de una matriz de vidrio. Mediante el control del tamaño de las nanopartículas era posible controlar el color reflejado/transmitido por el vidrio. El profesor debe mencionar que es posible combinar diferentes nanopartículas para obtener diferentes coloraciones. En una de las diapositivas del material complementario se muestra una tabla con los diferentes tipos de nanopartículas y los colores que producen. El profesor debe recordar que esta es una de las características esenciales de la nanotecnología: mediante el control del tamaño y forma en la nanoescala tener control de alguna propiedad (mecánica, óptica, eléctrica, etc.).

### **El lustre de las cerámicas**

En primer lugar el profesor debe introducir el concepto de “lustre”. En el mundo de la cerámica se denomina “lustre” a un método de decoración en el que los colores se forman a partir de metales como cobre, oro, estaño o plata. Inicialmente estos metales se pintan sobre una superficie esmaltada cocida con anterioridad, tras lo cual se efectúa un segundo recocido, aparecen brillantes colores metálicos. Como ocurría con los ejemplos anteriores, los colores metálicos son producidos por nanopartículas metálicas. Se debe mencionar que la técnica del lustre se inició en Oriente Medio, se trasladó a España con la invasión árabe y de ahí pasó a otros países europeos. Ejemplos de esta técnica se encuentran en objetos de los siglos IX-XI encontrados en Samarra y Basora (Irak), en espectaculares platos del siglo XII hallados en Manises y Paterna (España), y en las elaboradas decoraciones de piezas fabricadas en el siglo XVI en Deruta y Gubbio (Italia). Nuevamente se puede mencionar que los procedimientos para dar lustre a una cerámica se mantenían en secreto, transmitiéndose de padres a hijos, dado que las cerámicas con colores metálicos eran artículos de lujo. Se puede mencionar que hoy en día las empresas protegen sus descubrimientos de diversas maneras, siendo la más habitual el registro de patentes.

### **Las espadas de Damasco**

A continuación el profesor mostrará un ejemplo sobre los cambios en propiedades mecánicas inducidos por la introducción de pequeñas cantidades de nanomateriales. Como ejemplo de la “nanotecnología accidental” se mostrará la fabricación de las legendarias espadas de Damasco. Estas espadas, mencionadas en numerosas obras de la literatura árabe, eran reconocidas desde la Edad Media por su gran tenacidad y su filo prácticamente indestructible. Ya se sabía entonces que estas espadas se fabricaban usando antiguos métodos procedentes de la India, en los que el metal se sumergía en carbón vegetal en alguna fase del proceso de forja. En este momento el profesor pueda preguntar a los estudiantes sobre el origen de la dureza de la espada, dando como pista que el contacto del acero con el carbón vegetal podría producir un material muy resistente basado en el carbono. La dureza del acero de las espadas de Damasco

proviene de la presencia de nanotubos de carbono, tal y como se ha sabido hace poco tiempo gracias a imágenes de microscopía electrónica de transmisión. Pequeñas cantidades de nanotubos de carbono confieren una considerable mejora en las propiedades del material. Esta es otra de las características de la nanotecnología: pequeñas cantidades de nanomateriales pueden bastar para inducir cambios apreciables en materiales convencionales. El profesor puede mencionar en este punto que pequeñas cantidades de nanotubos de carbono se usan para aumentar la dureza de polímeros como ocurre en raquetas de tenis, piezas para la carrocería de vehículos y aeronaves.

### **El color azul maya**

El profesor finalizará el paseo por la “nanoarqueología” con un último ejemplo que se encuentra en las impresionantes ruinas de los templos mayas en América. Se trata de los brillantes pigmentos azules que aparecen en hermosos murales o en cerámicas, y que en algunos casos han sobrevivido durante doce siglos. Este color, conocido como “azul maya”, se obtenía a partir del índigo o añil, un colorante orgánico natural. Es sorprendente que este color, de origen orgánico, haya permanecido inalterado durante tantos siglos ya que este tipo de sustancias se deterioran bastante con el transcurso del tiempo. Un análisis de los pigmentos ha mostrado que las moléculas de índigo se encontraban atrapadas en la estructura porosa de diferentes arcillas entre las que destaca una, denominada paligorskita, muy común en algunas regiones de América Central. La paligorskita es un material con poros de tamaño nanométrico. Es esta estructura porosa la que proporciona estabilidad y protección a las moléculas de colorante. Es decir, las moléculas se encuentran “nanoencapsuladas” en los canales de la paligorskita, gracias al proceso de lavado del índigo en las aguas arcillosas ricas en dicha arcilla. Los mayas elaboraron accidentalmente estos pigmentos, que pueden considerarse como uno de los primeros materiales “nanohíbridos”.

Para finalizar el profesor resumirá este paseo por la ciencia y por la historia, describiendo que nuestros antepasados, sin saberlo, eran ya unos buenos nanotecnólogos. Sin embargo lograron fabricar nuevos nanomateriales sin conocer su estructura, a base del sistema prueba-error. Por el contrario, los nanotecnólogos actuales conocen bien los fundamentos de la materia, y éstos son usados para encontrar de forma sistemática nanomateriales con nuevas propiedades.

## **PROPUESTAS DE ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR POR LOS ALUMNOS EN EL AULA O EN SU CASA TRAS LA ACTIVIDAD**

### **El origen de la fotografía**