

# LA NANOESCALA EN LOS SERES VIVOS

R. Vázquez-Muñoz <sup>(1)</sup>, N. Takeuchi <sup>(2,\*)</sup>

(1) Departamento de Bionanotecnología, Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, México.

(2) Departamento de Nanoestructuras, Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ensenada, México.

\*Correo electrónico autor de contacto: takeuchi@cnyunam.mx

## FICHA I.5

### RESUMEN DE LA ACTIVIDAD

Los conceptos de escala y forma son fundamentales en la nanotecnología. Por medio de distintas actividades se busca que los estudiantes perciban qué es la escala nanométrica y las diferencias en la materia en distintos órdenes de magnitud. Asimismo, se busca que los estudiantes comprendan cómo la forma de las nanoestructuras (artificiales y biológicas) les proporcionan propiedades únicas. Finalmente, se explora la importancia del tamaño y sus efectos en el contexto del nanomundo. Las actividades han sido adaptadas del libro “Nanoscale Science, Activities for Grades 6-12” (ver sección de Referencias).

### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- Entender el concepto de escala
- Visualizar el concepto de mil millones ( $10^9$ ) y milmillonésima ( $10^{-9}$ )
- Comparar las estructuras y propiedades de los nanomateriales y las nanomáquinas biológicas
- Entender la relación forma y tamaño de las nanoestructuras biológicas con sus propiedades

**EDADES DE LOS ALUMNOS: 12-16**

**NIVEL DE DIFICULTAD DE LA REALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD: MEDIO**

**TIEMPO ESTIMADO PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD: 3 horas**

(60 minutos por cada una de las tres actividades planteadas).

## **ASIGNATURAS EN LAS QUE SE PUEDE INSERTAR ESTA ACTIVIDAD**

- Ciencias de la naturaleza (Ed. Secundaria)
- Biología (Bachillerato)
- Matemáticas
- Educación artística

## **CONOCIMIENTOS PREVIOS QUE DEBEN POSEER LOS ALUMNOS**

Los estudiantes deben de conocer los conceptos de átomo, átomo de carbono, biomoléculas, proteínas, células, tejidos, y anatomía. Además, deberán de poseer nociones matemáticas sobre los órdenes de magnitud y la notación científica.

## **OTRAS ACTIVIDADES DE ESTA GUÍA QUE ES RECOMENDABLE LLEVAR A CABO CON ANTELACIÓN**

Fichas Didácticas I.1 y I.2

## **MATERIALES**

### **Actividad 1:**

- 1 balanza
- 1 taza con tres cucharadas de azúcar
- 2 reglas: una de 30 cm y otra de 1 metro.
- 1 pelota de golf
- Hojas blancas
- Cronometro
- Pinzas
- Calculadora
- Material complementario: Hoja de estudiante 1, y el texto “Nanotecnología: mil millones de computadoras en una gota de agua”.

### **Actividad 2:**

- Cartulina
- 10 metros de estambre
- Cinta adhesiva
- Cartulina

- Pegamento blanco.
- Material complementario: Copias del “Molde o plantilla de las cápsides virales” y del “Molde o plantilla para crear un buckyball”
- Opcional: 1 lápiz; 3 limpiapipas.

### Actividad 3:

- Arena u otro material similar (que no éste húmedo)
- Tijeras
- Pegamento
- Material complementario: Copias de “El volumen, las células y los nanomateriales”.
- Barras de plastilina (opcional)

## DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

### Actividad 1: La Nano-escala

Trasfondo: Aunque la cantidad de “mil millones” (1, 000, 000, 000) se aprende desde la primaria y no es raro escuchar cifras de tal magnitud en la vida diaria (noticias, temas de ciencia, economía, etc.) no siempre se tiene en claro su magnitud. En un metro hay mil millones de nanómetros o, dicho de otra forma, un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro.

- 1) Mostrar a los estudiantes un galón de agua con sal y preguntarles: “¿cuántos granos de sal están en el galón?” Pedirles que escriban su respuesta y escribir algunas de las respuestas en el pizarrón. Involucrarlos en la dinámica de comparar las diferentes cifras.
- 2) Formar quipos de cuatro o cinco personas. Mostrarles una pelota de golf y pedirles que infieran qué tan grande tendría que ser un recipiente cúbico para poner contener mil millones de pelotas de golf. La respuesta es un cubo de 50 m<sup>3</sup>, equivalente aproximadamente a 416 salones de clase (10x10x3 m). Explicar que una pelota de golf equivale a la milmillonésima parte de ese gran cubo.
- 3) Retomar el recipiente con sal y preguntarle a los alumnos cuántos granos de sal hay en una pizca (~1000 granos) y cuántos granos de sal hay en la taza (~1,000,000). Explicar que aproximadamente 15 tazas equivalen a 1 galón y pedir que calculen cuántos granos hay en un galón.
- 4) Preguntar qué tan grande tendría que ser un recipiente para contener  $1 \times 10^9$  granos de sal (el recipiente tendría que ser del tamaño de un tinaco de 1000 L, o de 1 m<sup>3</sup>). Pedirles que imaginen un tinaco llena de sal y que piensen qué fracción del tinaco ocupa un solo grano de sal. Explicar qué es un nanómetro.

Terminar la actividad presentando imágenes de estructuras representativas de diferentes escalas de magnitud (figura 1). En el material complementario se muestran ejemplos de estructuras representativas de las diferentes escalas de tamaño.

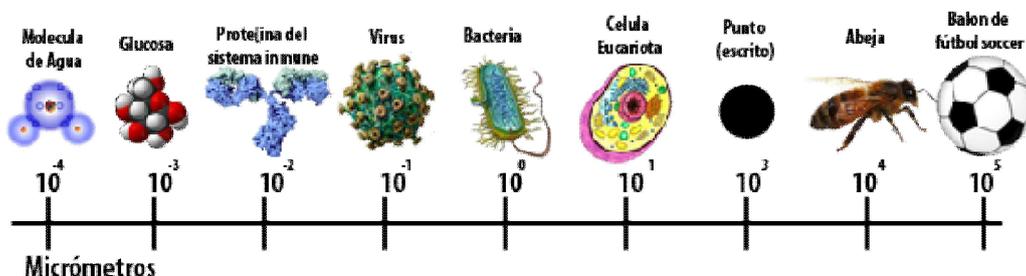


Figura 1. Escala comparativa del tamaño de diferentes objetos.

## Actividad 2: Nano-formas: La geometría de lo pequeño.

**Trasfondo:** Los átomos de carbono tienen propiedades químicas únicas y forman entre sí los enlaces más fuertes en la naturaleza. Puede usar sus cuatro enlaces de diferente forma, para formar cadenas, anillos o redes, lo que permite que se formen miles de estructuras complejas, uni-, bi- o tridimensionales. Por tal motivo es el esqueleto estructural de los ácidos nucleicos, proteínas, carbohidratos y lípidos.

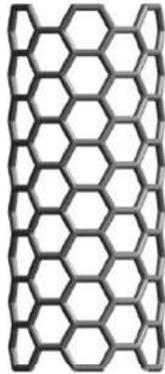
El carbono puede tener diferentes formas (alotropía) y recientemente se han descubierto formas que han despertado el interés de la ciencia, como las “buckyballs” o “fullerenos” (en 1985) y los nanotubos de carbono (1991). Las buckyballs fueron descubiertas por Smalley, Kroto y Curl. Tienen 60 carbonos, distribuidos en 20 hexágonos y 12 pentágonos, como un balón de fútbol. Los nanotubos de carbono fueron descubiertos en Japón por Sumio Iijima. Tienen propiedades únicas, por lo que son un nanomaterial prometedor en muchas áreas, como en la computación y en la medicina. Hay diferentes tipos de nanotubos de carbono, según sus patrones geométricos.

Por otro lado, los virus son nanomáquinas naturales, y se componen principalmente de una cubierta de proteínas que protege al material genético. Su estructura ha evolucionado para permitirles entrar al cuerpo, reconocer e infectar células específicas y auto-replicarse, usando la maquinaria celular. Los virus son muy interesantes, tanto por sus funciones biológicas, como por su arquitectura y su comportamiento de auto-ensamble o autoensamblado.

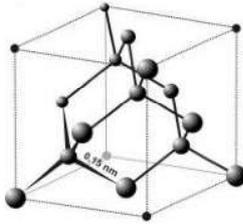
Típicamente, los virus miden de 20 a 250 nm. Si los comparamos con las bacterias, que miden entre 1 y 3 micrómetros, los virus son en promedio 10 veces más pequeños. Una característica interesante de algunos tipos de virus, es su forma geométrica. Hay virus con forma helicoidal, de esféricos (icosaedro), etc. La parte infecciosa de los virus son los ácidos nucleicos que contiene (ADN o ARN). La cápside, que es una cubierta de proteínas, sirve para proteger al virus y le permite que reconozca a la célula que va a atacar. Debido a sus características, los virus tienen muchas aplicaciones potenciales, particularmente en la medicina.

- 1) Preguntar a los estudiantes si saben lo que es el carbono y si pueden nombrar a algunas estructuras hechas de éste elemento y que estructuras forma el carbono en esos objetos (grafito, diamantes, carbón, carbón activado, en el smog, en el dióxido de carbono, etc.). Explicar las características del carbono y su alotropía (figura 2).
- 2) Usar un balón de futbol como ejemplo de un *buckyball* (figura 3). Pedirle a los estudiantes que observen la distribución de los hexágonos y pentágonos, y que cuenten el número de vértices. Impulsar a los alumnos a que busquen formas similares en diferentes objetos.
- 3) Construir un fullereno. Recortar el molde de una *buckyball* que aparece en el material complementario. Pegarlo en una cartulina (opcional) y armarlo, uniendo los bordes con pegamento. Orientarlos para que construyan sus propios fullerenos, con diferentes materiales.
- 4) Preguntar a los alumnos si saben qué son las enfermedades virales y pedirles que den algunos ejemplos (es posible que mencionen enfermedades de origen bacteriano u por otros microorganismos, aclarar que son diferentes tipos).
- 5) Describir a los virus y sus características, particularmente en las diferencias en sus estructuras (figura 4). Mostrarles micrografías de diferentes tipos de virus ([www.virology.net/big\\_virology/BVHomepage.html](http://www.virology.net/big_virology/BVHomepage.html)).
- 6) Explicarle a los estudiantes que van a crear una nanomáquina biológica: un virus icosaédrico. Esta forma es muy común en los virus, tales como el de la poliovirus, adenovirus, los de la hepatitis, etc.
- 7) Construir al virus: Recortar el molde del virus icosaédrico, que parece en el material complementario. Pegar el molde en una cartulina (opcional). Doblar el molde sobre las líneas y unir los extremos con cinta adhesiva, dejando un lado abierto. Cortar 10 metros de estambre para que represente el material genético que entra al virus. Cerrar el virus completamente. OPCIONAL: se puede pegar un lápiz a la base del icosaedro y ponerle “patas” al virus. Este modelo representa a un tipo de virus llamado bacteriófago.
- 8) Invitar a los estudiantes a que estudien más sobre los virus, sus diferentes formas y estructuras.

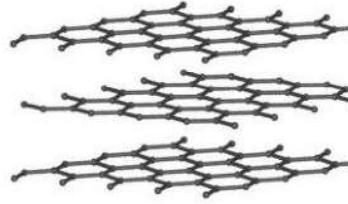
**Nanotubo**



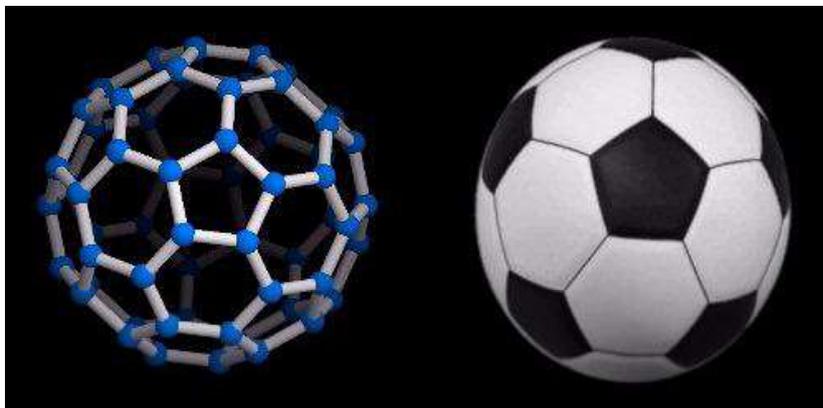
**Diamante**



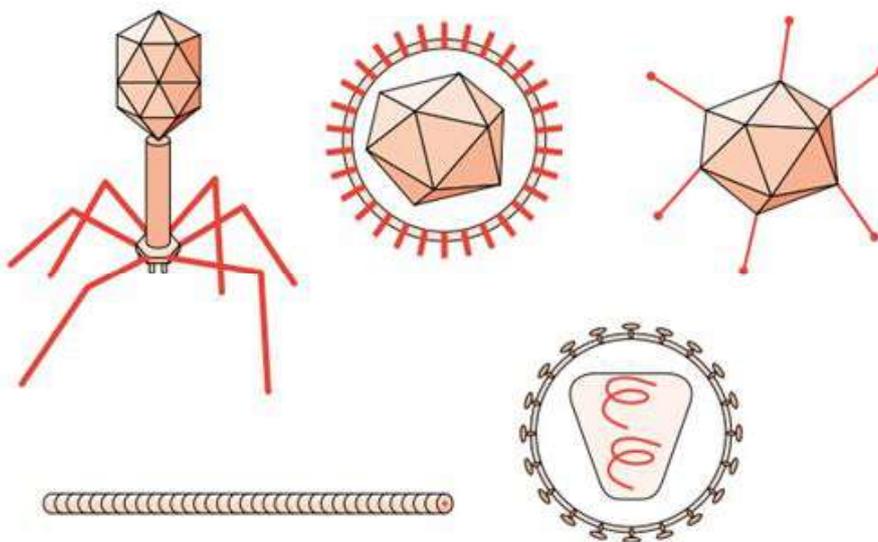
**Grafito**



*Figura 2. Ejemplo de estructuras alotrópicas del carbono*



*Figura 3. Comparación entre una molécula de fullereno C<sub>60</sub> (buckyball) y un balón de fútbol*



*Figura 4. Virus simétricos*

### **Actividad 3: El volumen, las células y las nanoestructuras.**

Trasfondo: La forma y el tamaño de las células dependen de su tipo y de las funciones que ésta realiza. La mayoría de las células son microscópicas, y una pregunta común es por qué no vemos células gigantes a nuestro alrededor, es decir ¿Qué limita el tamaño de una célula? La respuesta la encontramos cuando tomamos en cuenta todo lo que una célula tiene que hacer para mantenerse, desarrollarse y reproducirse.

La célula debe obtener y desechar sustancias por medio de su membrana celular, que le sirve de frontera con el medio externo. Un tamaño pequeño ayuda a que las moléculas puedan difundirse más rápido. Además, hay una relación entre el volumen y la superficie celular, esta relación es crítica para determinar el tamaño de la célula.

Cuando una célula aumenta de tamaño, el volumen (V) aumenta en mayor proporción que la superficie (S). Si ponemos de ejemplo un cubo, el volumen lo representamos como  $V=L^3$  mientras que su área superficial superficie  $S=6L^2$ . Esta diferencia en la proporción S/V cuando cambia el tamaño de la célula es un gran limitante para que la célula crezca (figura 5).

Esta diferencia entre la relación S/V también pasa con los nanomateriales, por lo que el tamaño es un factor muy importante en la nanotecnología. En muchas estructuras, sus propiedades dependen de su área superficial, por lo que es común ver nanomateriales muy pequeños, o con muchos poros, para aumentar la relación superficie volumen.

- 1) Preguntar a los alumnos por el volumen y el área superficial de figuras geométricas de diferentes tamaños, en el pizarrón.
- 2) Comparar la proporción de superficie/volumen de algunos objetos comunes (borrador, lápiz, cuaderno, etc.) y discutir si la forma afecta la proporción superficie/volumen.
- 3) Comparar las diferentes formas y tamaños de las células de diferentes tipos (bacteriana, animal, vegetal, fúngica, etc.) y contrastar sus características con la relación superficie/volumen.
- 4) Observar imágenes de nanoestructuras de diferentes tipos (zeolitas, nanoalambres, nanopartículas, nanotubos, nanolaminas, etc) y comparar sus formas y tamaños con la relación superficie/volumen.
- 5) Hacer cubos en papel cartulina:

- 6) Recortar los moldes de los cubos (material suplementario) y pegarlos en cartulina. Armar los cubos, pegando sus extremos con las caras correspondientes.
- 7) Llenar los cubos de 1, 2 y 3 cm con arena. Comparar el área superficial con la cantidad de arena que requirió cada cubo (volumen).
- 8) Hacer una demostración de cómo las células trabajan mejor cuando están en un tejido o en organismo multicelular. Usar 16 cubos de 1 cm, 8 de 2 cm y 1 de 4 cm, todos ocupan el mismo volumen de arena, pero cambia su volumen. ¿Cómo influye eso en los seres vivos?, ese mismo efecto, ¿Será importante en los nanomateriales que se forman con muchos nanoestructuras más pequeños (nanotubos de carbono de múltiples capas –multipared-, cúmulos de nanopartículas, fibras de nanoalambres, etc)? Discutirlo en clase.
- 9) OPCIONAL: Hacer geométricas con la barra de platina y medir su área superficial. Cambiar la forma de las figuras (de una pirámide a una lámina, por ejemplo) y medir la nueva área superficial. Repartirlo varias veces y comparar los cambios en el área superficial

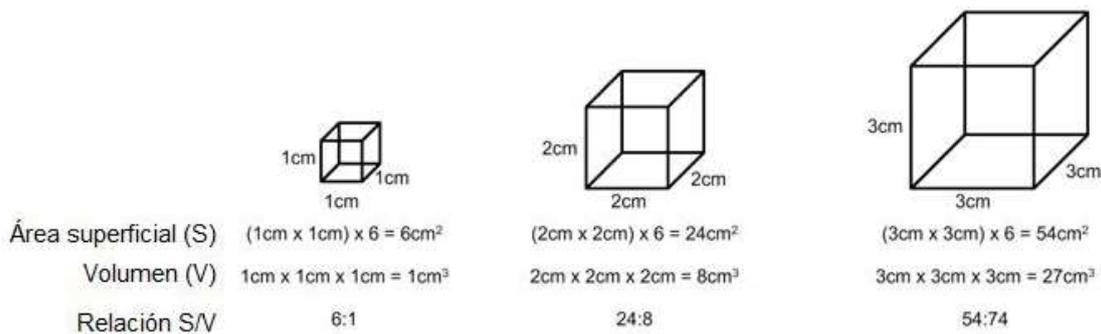


Figura 5. Relación superficie:volumen en cubos de distinto tamaño

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

### Actividad 2:

Los alumnos pueden investigar las siguientes interrogantes, tanto en equipo como de forma individual (y exponerlo en clase):

- a) ¿Cuáles son las propiedades de los nanotubos?
- b) ¿Qué aplicaciones se les dan a los nanotubos de carbono y los fullerenos?
- c) ¿Qué aspecto geométrico del nanotubo contribuye a que tenga sus propiedades únicas?
- d) ¿Por qué los virus no están vivos?

- e) ¿Cuál es el proceso general que sigue un virus para infectar a una célula?
- f) ¿Cómo se ensamblan los virus?
- g) ¿En la nanotecnología, cuáles son algunas aplicaciones potenciales de los virus?

### **Actividad 3:**

Los alumnos pueden investigar las siguientes interrogantes, tanto en equipo como de forma individual (y exponerlo en clase):

- a) ¿Cuáles son las diferencias generales entre los organismos unicelulares y multicelulares?
- b) ¿Cuáles son las estructuras, y tamaños, típicos de los nanomateriales más comunes?

### **PRECAUCIONES Y SEGURIDAD**

Manejar las herramientas (pinzas, tijeras, etc.) y las sustancias (pegamento) con las precauciones propias de cada uno.

### **REFERENCIAS DE APOYO Y DOCUMENTACIÓN**

- Nanoscale Science, Activities for Grades 6-12, M. Gail Jones, M. R. Falvo, A. R. Taylor y B. P. Broadwell, National Science Teacher Association.
- Diversidad microbiana y taxonomía:  
[http://www.diversidadmicrobiana.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=573&Itemid=579](http://www.diversidadmicrobiana.com/index.php?option=com_content&view=article&id=573&Itemid=579)
- The big picture book of viruses (en inglés)  
[http://www.virology.net/big\\_virology/BVHomepage.html](http://www.virology.net/big_virology/BVHomepage.html)
- La nueva era de los nanomateriales. Revista Nano Ciencia y Tecnología  
[http://www.revistanano.org/index\\_html\\_files/Revista%20nanoNo%201%20Gonzalez.pdf](http://www.revistanano.org/index_html_files/Revista%20nanoNo%201%20Gonzalez.pdf)
- Nanomateriales.  
[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/es/index.htm#il1](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/index.htm#il1)

### **MATERIALES COMPLEMENTARIOS**

Los Materiales Complementarios asociados a esta ficha se encuentran en los Anexos de esta Guía Didáctica y se denomina “Anexos - Ficha Didáctica – I.5 – MC.ppt”.