

# ESCALAS: UN PASEO DE LO GRANDE A LO PEQUEÑO

A. Asenjo Barahona, J.A. Martín Gago, P.A. Serena\*

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

c/ Sor Juana Inés de la Cruz 3, Campus de Cantoblanco, 28049-Madrid, España.

\*Correo electrónico autor de contacto: [pedro.serena@icmm.csic.es](mailto:pedro.serena@icmm.csic.es)

## FICHA I.1

### RESUMEN DE LA ACTIVIDAD

Esta ficha presenta un sencillo ejercicio mental en la que un alumno es hipotéticamente reducido/aumentado de tamaño, lo que permite transmitir algunas nociones básicas sobre las escalas de medida adecuadas para observar distintos objetos y establecer relaciones entre unidades de medida como metro, kilómetro, milímetro, etc. La actividad permite introducir los conceptos de nanómetro, nanoescala, nanomundo y nanotecnología, y sirve para presentar los constituyentes fundamentales de la materia que nos rodea, átomos y moléculas, e introducir algunos términos propios de la nanotecnología.

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

**NIVEL DE DIFICULTAD DE LA ACTIVIDAD: BAJO**

**TIEMPO ESTIMADO PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD: 45 minutos**

### OBJETIVOS DIDÁCTICOS

- La ficha didáctica pretende hacer llegar a los alumnos nociones básicas sobre las escalas de medida adecuadas para observar distintos tipos de objetos.
- Los alumnos debe aprender a establecer relaciones entre diferentes unidades de medida.
- Los alumnos se familiarizarán con conceptos como nanómetro, nanoescala, nanomundo y nanotecnología.

- Los alumnos deberán consolidar su conocimiento sobre los constituyentes fundamentales de la materia que nos rodea y de la que estamos formados: átomos y moléculas.

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

- Ciencias de la Naturaleza (Ed. Secundaria)
- Física y Química (Ed. Secundaria)
- Física (Bachillerato)
- Química (Bachillerato)
- Biología (Bachillerato)
- Matemáticas
- Tecnología

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

Los alumnos deben poseer conocimientos previos de las unidades de longitud y de algunos de los prefijos usados en ciencia. Los alumnos deben dominar los conceptos de metro, kilómetro, centímetro, y milímetro. Esta ficha junto con las fichas I.2 y I.3 son básicas para introducir los fundamentos de la nanotecnología.

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

Esta ficha debe ser una de las primeras en ser trabajadas en el aula ya que introduce los conceptos de nanómetro y nanoescala.

## **MATERIALES**

- Una cinta métrica
- Una regla
- Materiales complementarios (ver última sección de esta ficha)

## **DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD**

Esta actividad propone un juego mental en el que los alumnos van a realizar un viaje imaginario por diferentes escalas realizando “saltos” en el que el tamaño de los objetos aumenta o disminuye un factor 1000. Una parte de las actividades se puede

realizar con el apoyo de la presentación proporcionada como material complementario.

Se comienza asumiendo que un alumno tiene un tamaño de un metro para simplificar las operaciones. Esto permite transmitir la importancia de hacer redondeos y simplificaciones en algunos ejemplos para facilitar las operaciones. Se recuerda a los alumnos el tamaño que corresponde a 1 m usando una cinta métrica y midiendo algún objeto cuyo tamaño sea cercano a 1 m. Comenzamos aplicando un hipotético aumento de un factor 1000 a un alumno y preguntando a los alumnos por el tamaño resultante. La respuesta debe ser 1000 metros, es decir, un kilómetro ( $1\text{km} = 1000\text{ m}$ ). Se puede recordar que el prefijo “kilo” hace referencia a 1000 unidades. Los alumnos están familiarizados con distancias medidas en kilómetros y se pueden poner ejemplos de distancias a lugares o localidades cercanos. Es importante que los alumnos entiendan que si tuviesen una altura de un kilómetro, los edificios que nos rodean tendrían un tamaño relativo bastante pequeño con respecto del alumno aumentado. Por ejemplo, un estadio de fútbol tendría para este alumno gigante el tamaño que tiene, aproximadamente, un libro para una persona normal.

Tras esta primera fase de aumento, se propone una reducción de un factor 1000 a nuestro alumno gigante. En este caso se debe llegar a la conclusión de que el alumno debe recuperar su tamaño normal (1 m). Ahora volvemos a aplicar al alumno una reducción de un factor 1000. Se pueden plantear en el aula preguntas sobre el tamaño resultante para conocer la respuesta de los alumnos. El alumno resultante medirá un milímetro ( $1\text{ mm} = 0,001\text{ m}$ ). Se usará la regla para recordar a los alumnos el tamaño equivalente a un milímetro. Es importante que los alumnos discutan sobre aquellos objetos que ahora tendrían un tamaño similar al del alumno reducido. Una hormiga o un grano de arena serían objetos que tendrían tamaños similares al del alumno reducido. De hecho una hormiga sería, por lo general, más grande que el alumno reducido al tamaño de 1 mm. Se puede mencionar, como curiosidad, la película “Cariño, he encogido a los niños” (“Honey, I shrunk the kids” como título original) del director Joe Johnston. En la misma, un científico reduce el tamaño de sus hijos usando una máquina con potentes láseres. Es importante comentar que dicha máquina no existe en realidad y que es producto de la imaginación de escritores de relatos de ciencia-ficción. En la misma línea se puede mencionar la película “Un viaje alucinante” (“Fantastic Voyage”) de Richard Fleischer.

Ahora se realiza la propuesta de volver a reducir a nuestro alumno otro factor 1000. Se pregunta a los alumnos sobre el tamaño resultante. El alumno habrá pasado a medir un micrómetro o micra, la milésima parte de un milímetro o la millonésima parte de un metro ( $1\text{ micrómetro} = 1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm} = 0,000001\text{ m}$ ). En función de la edad de los alumnos se puede usar la notación exponencial  $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ . Es interesante que los alumnos reflexionen sobre los objetos que tienen tamaños típicos de una micra: bacterias, células de nuestros tejidos, etc. Es decir el alumno reducido al tamaño de

una micra vería a las bacterias o a las células como entidades con un tamaño mayor al suyo. En este punto se puede recordar que un alumno con el tamaño de una micra no se podría ver a simple vista y que se necesitaría un instrumento especial para su observación: el microscopio óptico. Se puede mencionar la aparición del prefijo “micro” en la palabra microscopio. Los objetos que tienen tamaños cercanos a la micra forman parte de lo que podemos llamar “microescala” o “micromundo”. Las tecnologías que se necesitan para manipular estos objetos se pueden denominar “microtecnologías”. Esta palabra no se suele utilizar pero sí resulta más familiar el término de “microelectrónica”. El profesor puede realizar preguntas sobre diferentes dispositivos que se usan hoy en día y que están fabricados usando las tecnologías propias de la microelectrónica.

Finalmente el profesor propone una nueva reducción de un factor mil de nuestro alumno de tamaño micrométrico (o “microalumno”). El resultado será un alumno con un tamaño 1000 veces más pequeños que una micra o un millón de veces más pequeño que un milímetro. Estamos hablando de un nanómetro ( $1 \text{ nm} = 0,001 \text{ }\mu\text{m} = 0,000001 \text{ mm} = 0,000000001 \text{ m}$ ). En función de la edad de los alumnos se puede usar la notación exponencial,  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ . En este momento se debe recordar que el prefijo griego “nano” significa diminuto. Nuevamente se debe preguntar a los alumnos sobre los objetos que tendrían un tamaño similar al de nuestro alumno ultra-reducido. Dichos objetos son átomos y moléculas. Para nuestro “nanoalumno” un átomo tendría el tamaño de un balón de baloncesto, aproximadamente. Éste es un buen momento para recordar, en función del nivel académico de los estudiantes, que todo lo que nos rodea está hecho con átomos que pertenecen a diversas especies químicas y que dichas especies, que no son muchas, están catalogadas en la denominada “Tabla Periódica de los elementos”. A su vez los átomos se combinan entre sí para formar moléculas con estructuras sencillas, como el agua, el amoníaco o el monóxido de carbono, o muy complejas como el ADN o una proteína.

Los objetos que tienen tamaños cercanos a la micra forman parte de lo que podemos llamar “nanoescala” o “nanomundo”. La tecnología que nos va a permitir manipular estos objetos se pueden denominar nanotecnología. Algunos de los objetos que se usan en nanotecnología también incluyen el prefijo “nano” en su denominación, y por eso en el nanomundo nos encontramos con nanotubos de carbono, nanopartículas, nanomateriales, etc.

Es importante que los alumnos se den cuenta del proceso aplicado para llegar a la nanoescala mediante tres reducciones consecutivas de tamaño de un objeto de un metro, en cada una de las cuales el factor de reducción es 1000. Si se desea que el alumno con tamaño 1nm (“nanoalumno”) recobre su tamaño original se tendría que aplicar una serie de tres procesos de aumento en cada uno de los cuales el factor de aumento es 1000, o también un único aumento con un factor 1.000.000.000 ( $10^9$ ).

Es interesante que los alumnos midan objetos con una regla o una cinta métrica y expresen la cantidades medidas tanto en centímetros como en nanómetros. Se puede explicar también que el prefijo “nano” se puede usar ante otras unidades y podemos hablar de nanosegundos, nanoNewton, etc. Puede ser interesante pedir a los alumnos que calculen en segundos el tiempo que transcurrido en un nanosiglo (1 nanosiglo = 3,15 nanosegundos).

Llegados a este punto la actividad que ha permitido hacer un recorrido por diferentes escalas ha llegado a su fin.

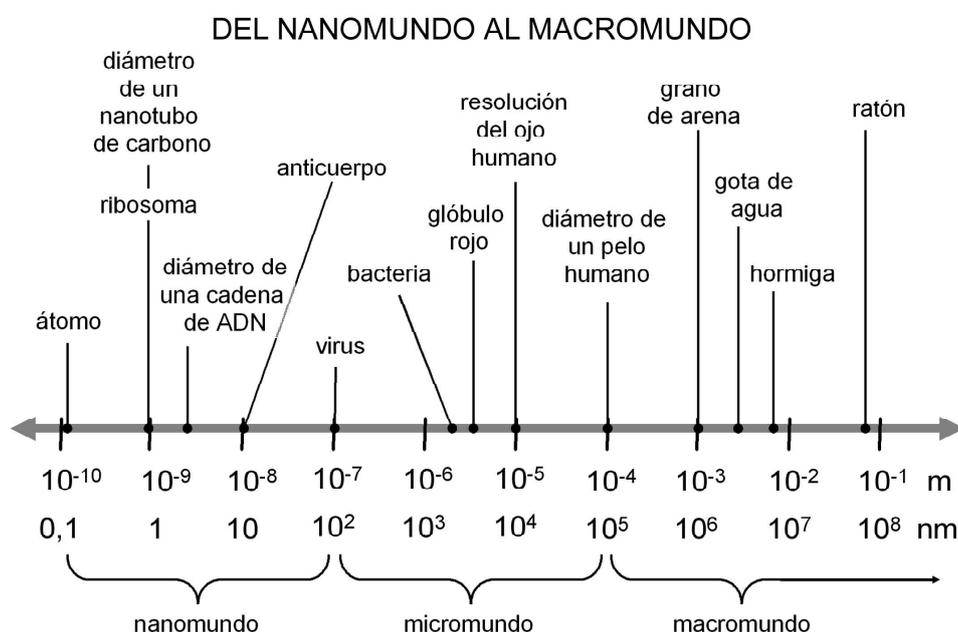


Figura 1. Imagen con la escala de longitud (ver presentación con materiales complementarios).

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

### Una reflexión.

El profesor puede plantear a los alumnos la siguiente cuestión para que reflexionen en sus hogares para establecer un posterior debate en el aula. Si un alumno está formado por átomos, como el resto de la materia, y su tamaño se reduce hasta tener una altura de un nanómetro, ¿mantendría su forma y composición? La respuesta es, evidentemente, no. Un “nanoalumno” estaría formado aproximadamente por un par de decenas de átomos, por lo que más bien sería una especie de molécula, sin órganos, ni capacidad de realizar funciones biológicas, ni pensar... Esta es una de las razones por

las que la reducción de objetos o personas hasta estos tamaños es algo imposible: dejarían de ser los objetos o las personas que conocemos en el mundo macroscópico.

### **Un sencillo ejercicio para alumnos más avanzados.**

Este es un ejercicio para que los alumnos realicen bien en el aula o bien en su casa. El profesor puede mostrar una memoria de tipo “pendrive”, con una capacidad típica de 4 a 16 GBytes. Puede explicar que un Gigabyte son 1000 millones de bytes y que un byte es una unidad de información que contiene 8 bits (unidades mínimas de información que pueden tomar los valores 0 ó 1 en una codificación binaria). Con estos datos se puede estimar la superficie de un “pendrive” (del orden de un centímetro cuadrado) y con algunas sencillas operaciones la superficie que ocupa un solo bit. Si se asume que un bit tiene forma cuadrada se puede determinar el lado de dicho bit. Con este ejercicio se puede ver que los dispositivos que nos rodean ya tienen elementos con dimensiones nanométricas. Este mismo ejercicio se puede extender a un CD, un DVD u otros dispositivos de almacenamiento en los que sea relativamente fácil determinar su superficie de grabación de datos. Es interesante comparar cómo ha evolucionado la densidad de almacenamiento de datos.

## **PRECAUCIONES Y SEGURIDAD**

El desarrollo de esta actividad no presenta riesgos.

## **REFERENCIAS DE APOYO Y DOCUMENTACIÓN**

- M.C. Sánchez-Mora y J. Tagüeña, “El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia”, Mundo Nano Vol. 4, No. 2, julio-diciembre, p. 83 (2011).  
Accesible en:  
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/nano/article/view/45011/40573>
- J.A. Martín Gago, P.A. Serena, C. Briones y E. Casero “Nanociencia y nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro” (FECYT, 2008). Accesible en <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf>
- Se recomienda realizar un viaje por diferentes escalas usando la aplicación "The Scale of the Universe" creada por M. Huang y C. Huang (accesible en <http://htwins.net/scale2/>). Atención, este material tiene textos en inglés.

## **MATERIALES COMPLEMENTARIOS**

Se proporciona un material complementario consistente en un conjunto de diapositivas que permitirán apoyar las explicaciones del docente. El fichero que contiene este material complementario se encuentra en los Anexos de esta Guía Didáctica y se denomina “Anexos - Ficha Didáctica – I.1 – MC.ppt”.