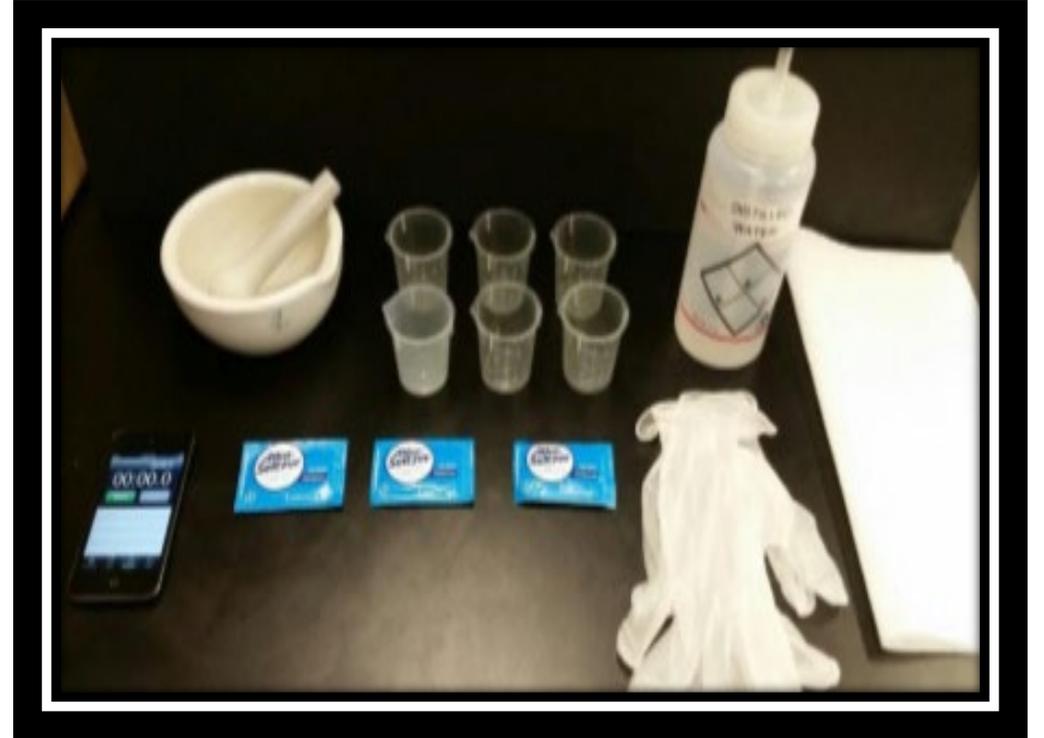


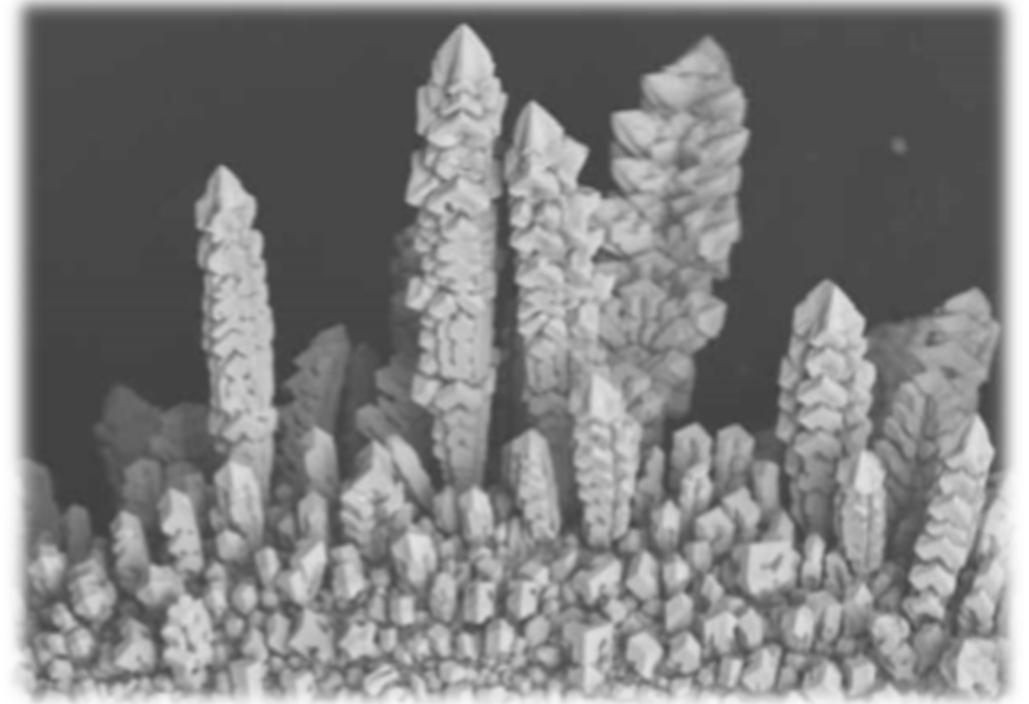
# Razón área superficial a volumen



[www.nano-link.org](http://www.nano-link.org)

# Las ideas fundamentales de la ciencia en la nanoescala \*

- Tamaño y escala
- Propiedades dependientes del tamaño
- Razón área superficial a volumen
- Estructura de la materia
- Herramientas e instrumentación
- Modelos y simulaciones
- Fuerzas e interacciones
- Efectos cuánticos
- Autoensamblaje
- Ciencia, tecnología y sociedad



*Filamento de Tungsteno quemado*

# **Las ideas fundamentales de la ciencia en la nanoescala \***

- **La comprensión de estos conceptos requiere una integración de las disciplinas de matemáticas, biología, química, física e ingeniería.**

**\* Estas ideas son el resultado de los esfuerzos de varios grupos financiados por la NSF para determinar el conocimiento necesarios para comprender los conceptos de la nanociencia. Este trabajo se ha llevado a cabo en los últimos 5 años. En general, la lista presentada es un consenso de los grupos de trabajo.**

**© Deb Newberry 2008**

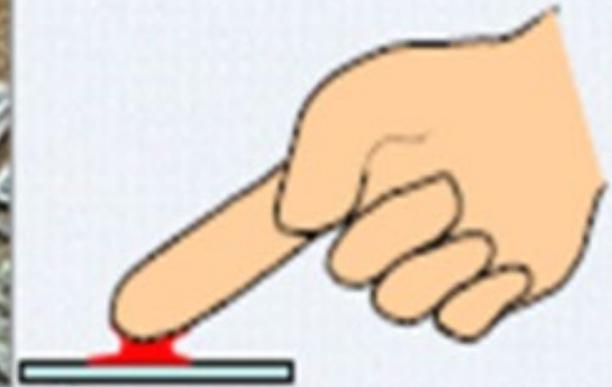


# Propiedades de la materia que dependen del tamaño de las partículas

**Agua en la macroescala: actúa como lubricante**

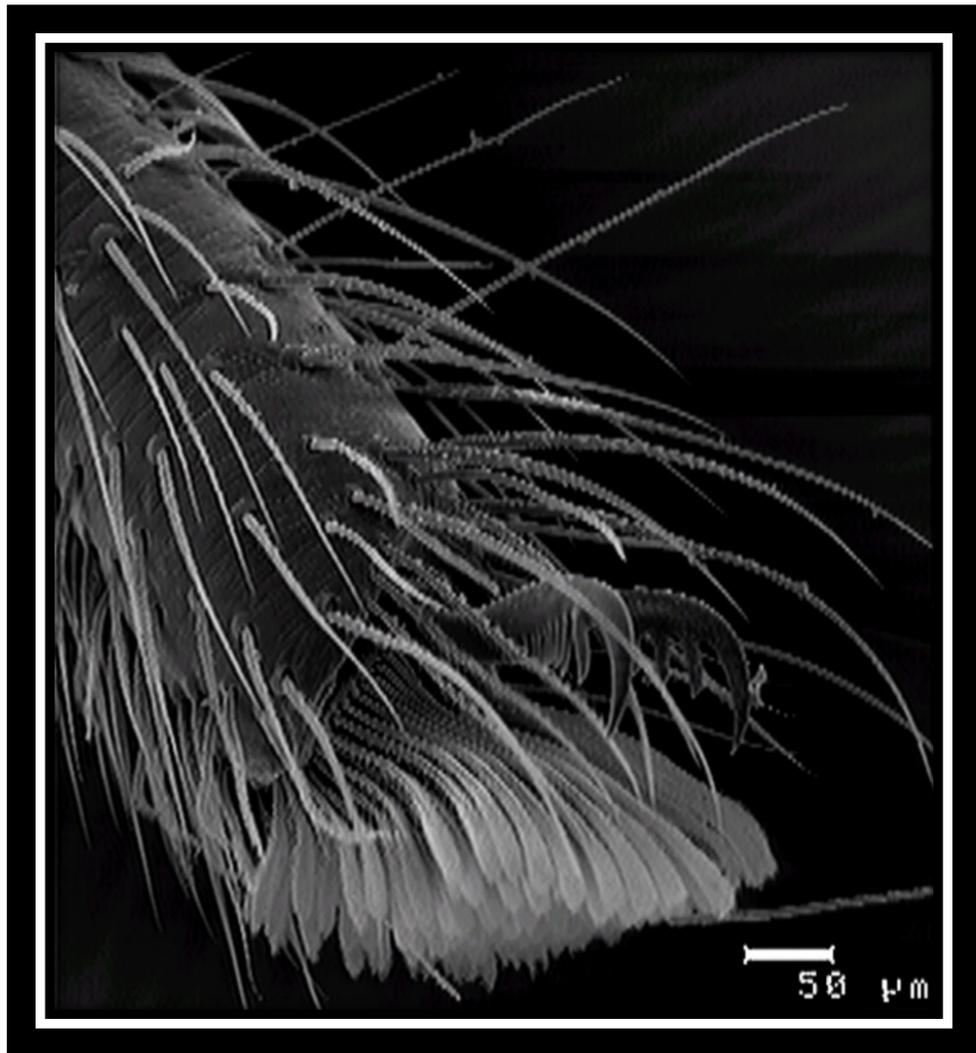


**Agua en la micro y nanoescala: actúa como adhesivo**



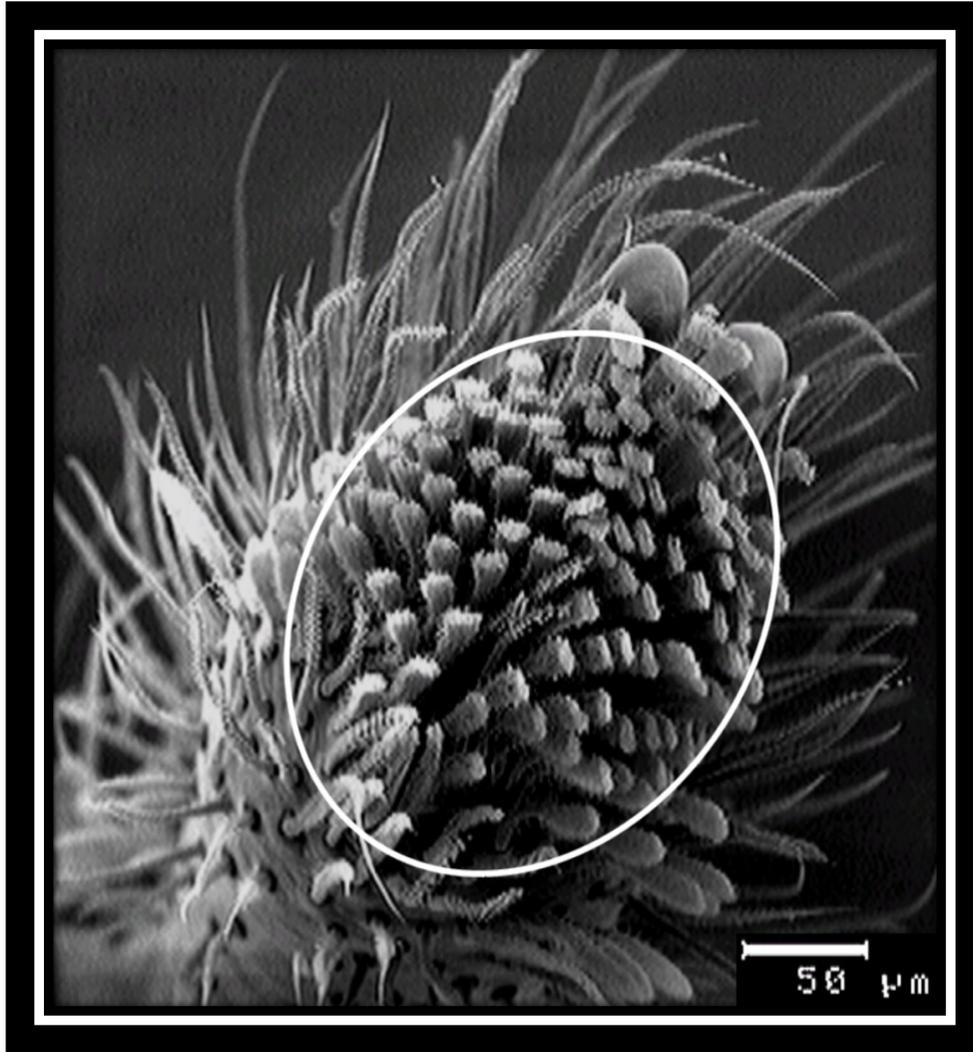
- **El área superficial depende del tamaño del material.**
- **Esto es crítico en la nanoescala.**
- **Las reacciones químicas dependen del área superficial.**
- **Las arañas y los geckos dependen del área superficial para adherirse a las superficies.**



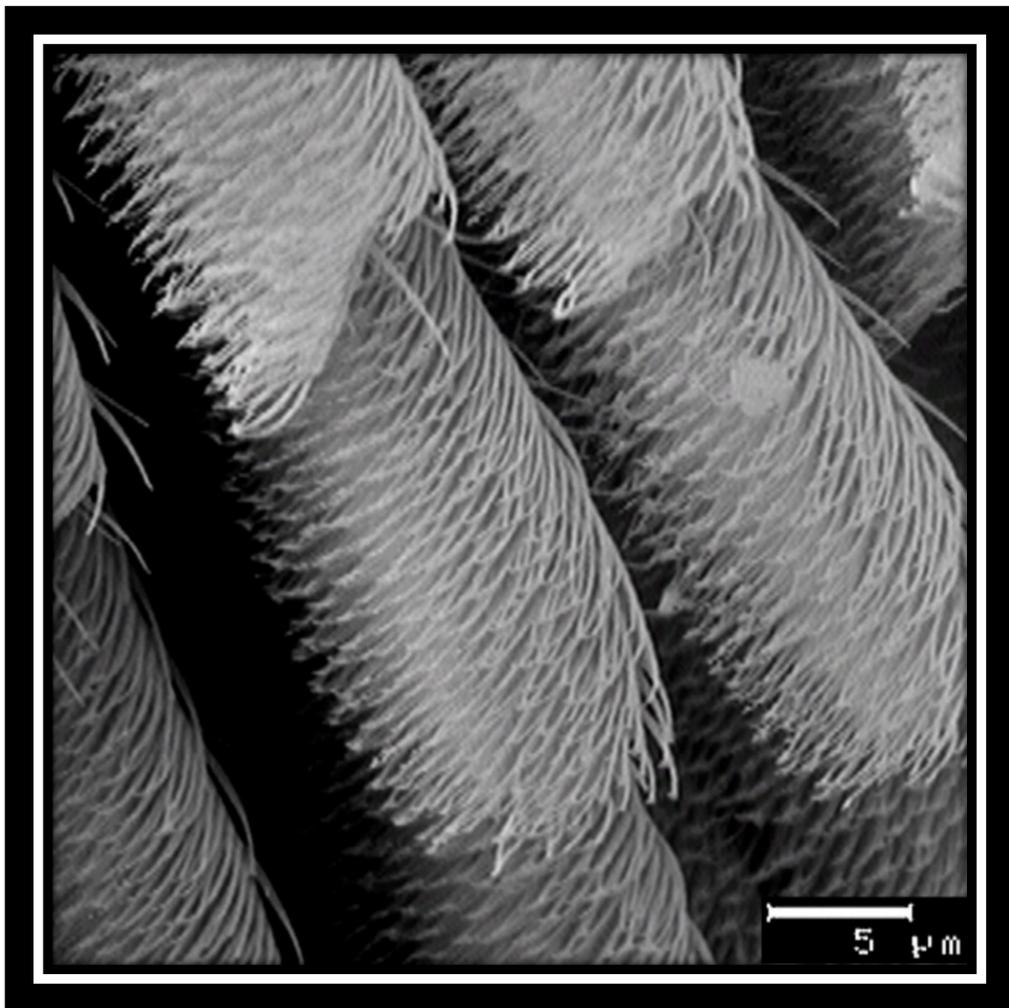


- Una micrografía del microscopio electrónico de barrido (“SEM”, por sus siglas en inglés) muestra la pata de la araña saltarina *E. arcuata*.
- Adicional a las garras tarsales, en la punta de la pata se encuentran mechones densos de vellos llamados escópulas, los cuales la araña utiliza para adherirse a las superficies.
- Los vellos largos que se distribuyen en toda la pata son sensibles al tacto.
- Aumento 200x.

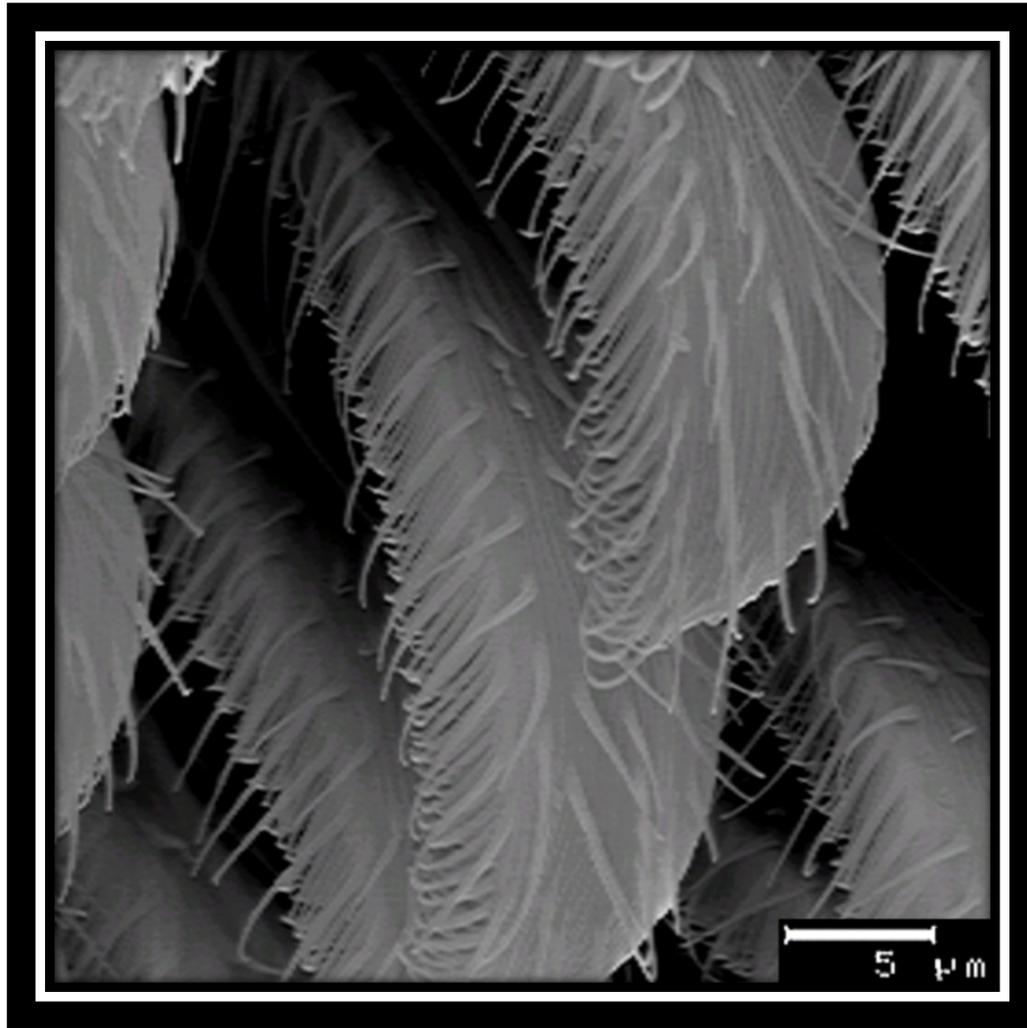




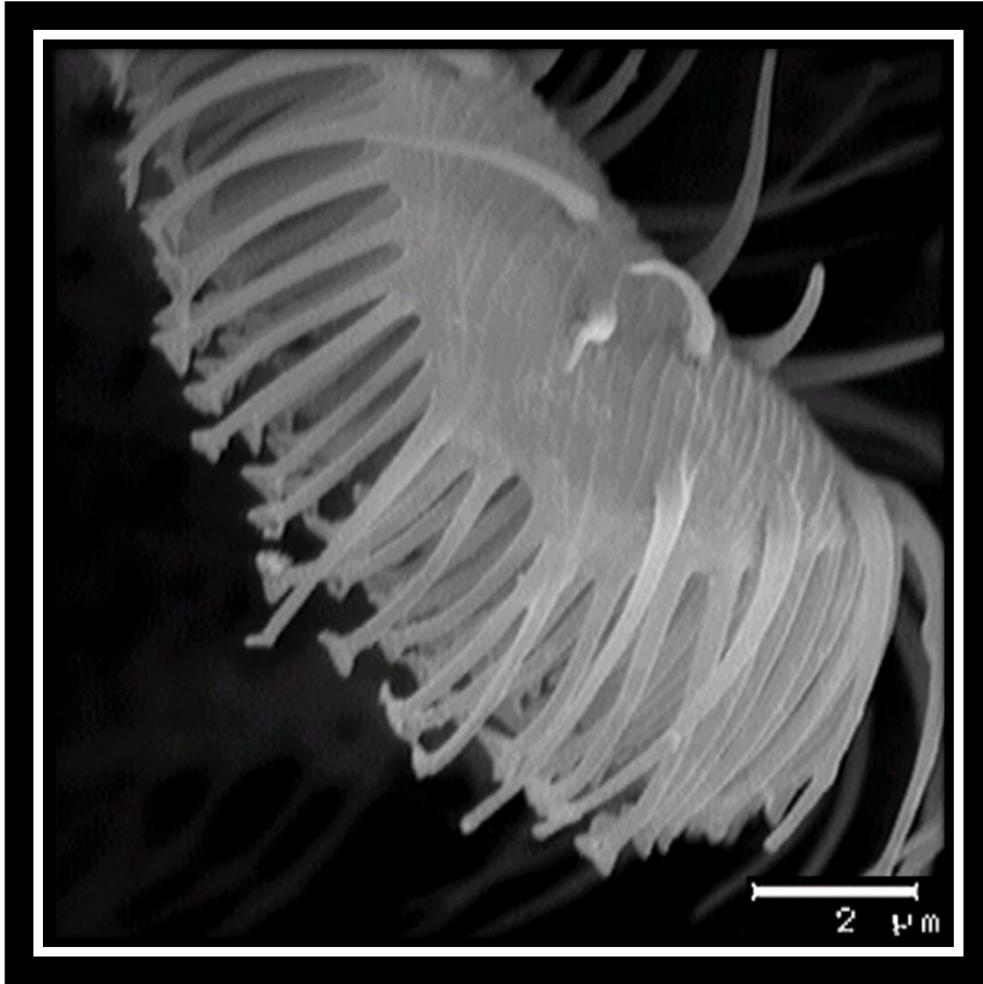
- Esta imagen muestra la parte inferior de la escópula donde se observan los vellos (setas) y los vellos individuales (sétulas) que la forman.
- El óvalo representa el área estimada de la escópula que es  $0.032 \text{ m}^2$ ).
- Aumento 270x.



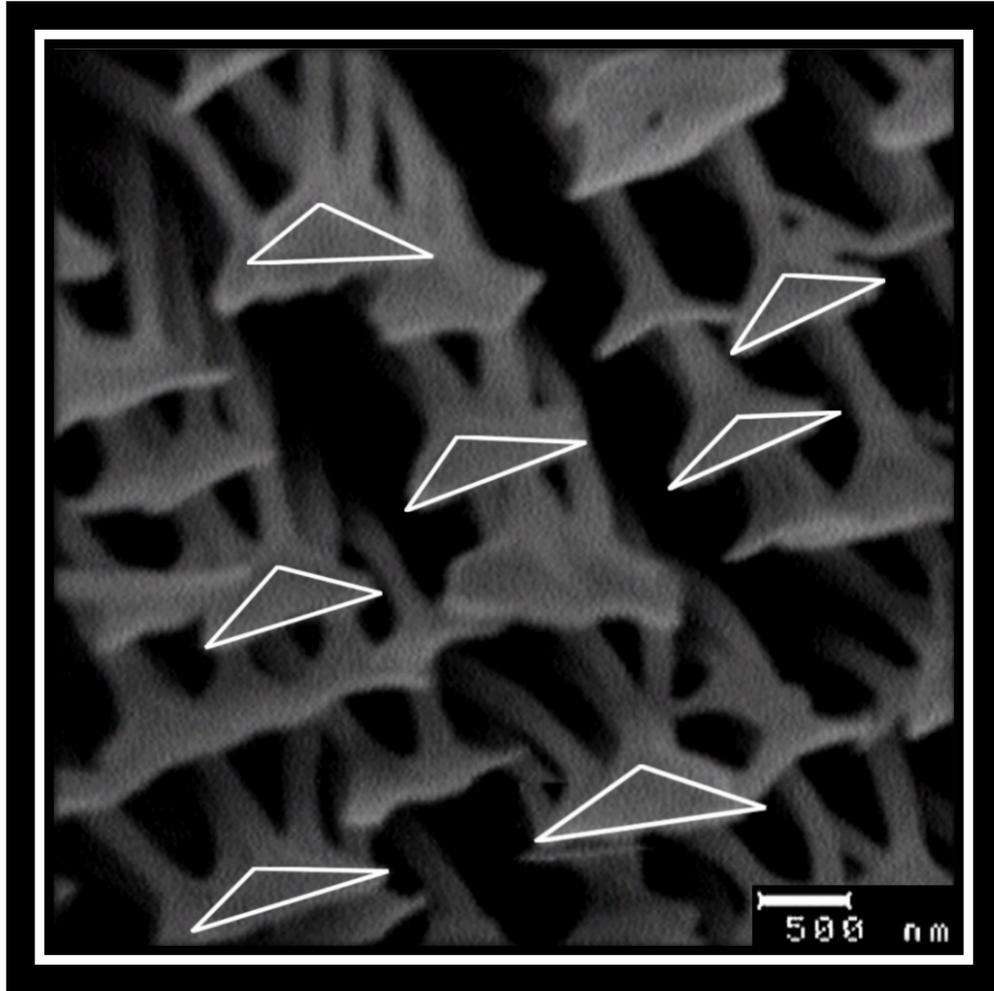
- **En esta imagen de mayor ampliación de la parte inferior de la pata muestra que una seta está densamente cubierta por numerosos vellos diminutos llamados sétulas.**
- **La densidad de la sétula promedia 2.1 millones por milímetro cuadrado.**
- **Aumento 3000x.**



- **En esta imagen de las setas, vistas desde arriba, se muestra que hay menos cantidad de sétulas en el lado superior de las setas.**
- **Aumento 3000x.**



- Esta imagen muestra las s etulas en la parte inferior de una seta.
- Son bien densas, se extienden hasta la punta y terminan en un área triangular (como la vela de un barco).
- Aumento 8750x.



- Las áreas triangulares de las sétulas se adhieren a las superficies directamente por las fuerzas van der Waals.
- El área promedio de las sétulas (dentro de cada triángulo) en esta micrografía (“SEM”) es  $0.00017 \text{ m}^2$  ( $1.7 \times 10^{16} \text{ nm}^2$ ).
- Aumento 20000x.

# Razón área superficial a volumen

- Esta razón ( $AS / V$ ) es un factor para comprender muchas de las propiedades usuales e inusuales que se pueden observar en la nanoescala.
- La razón área superficial ( $AS / V$ ) cambia mientras el tamaño del material cambia – no es constante.
  - *¿No estás convencido? Realiza el cálculo para un dado y un cubo de “Rubic’s”.*
- Si mantenemos el volumen total del material constante pero lo dividimos en piezas u objetos cada vez más pequeños, el área superficial no aumenta de forma lineal.

# Razón área superficial a volumen

- La razón  $AS / V$  representa el porcentaje de los átomos que se encuentran en la superficie del material.
- El área superficial promueve interacciones y sistemas químicos, eléctricos y biológicos.
- El volumen influencia el peso, costo, inercia, “momentum” y otros factores.
- Tanto el  $AS$  como el  $V$  dependen de la dimensión lineal (longitud) pero el  $AS$  se eleva al cuadrado y el  $V$  se eleva al cubo.
- Las razones de este tipo se encuentran en muchas ecuaciones (esta es la primera práctica para familiarizarse con el concepto), este impacta muchos aspectos de la vida en la nanoescala.

# Razón área superficial a volumen

Álgebra  
básica,  
reglas de  
exponentes,  
conversión  
de unidades

Razón área  
superficial  
a volumen

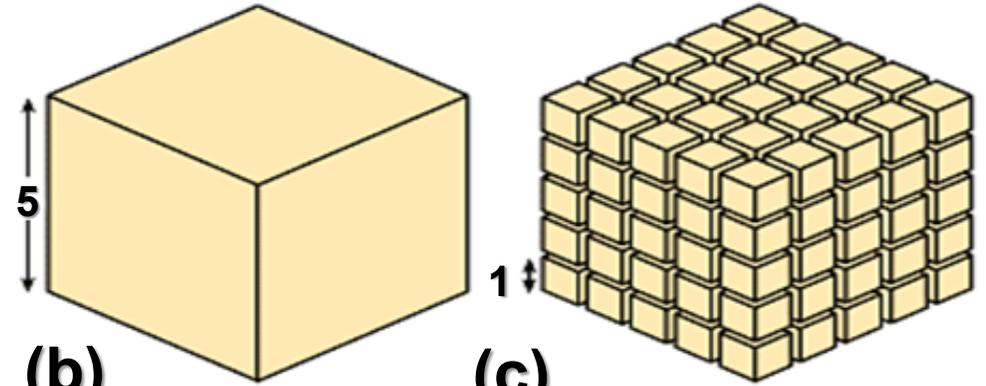
Cubos de  
azúcar

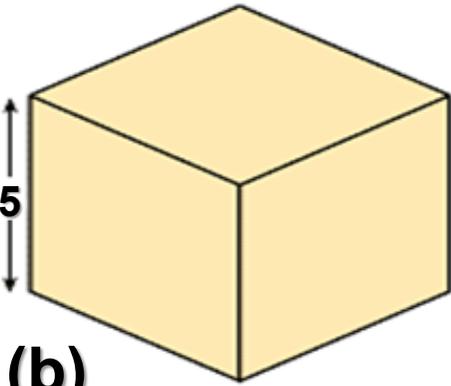
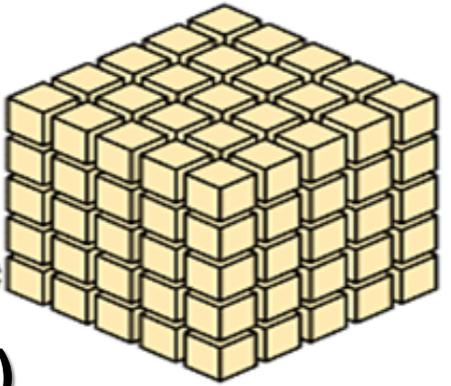
Otras  
figuras,  
("Excel" es  
opcional)

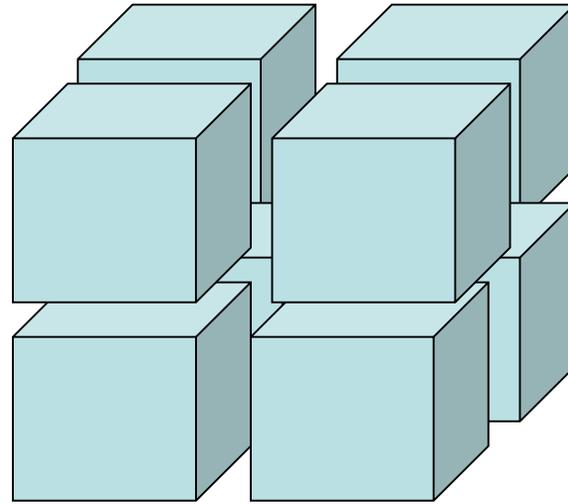
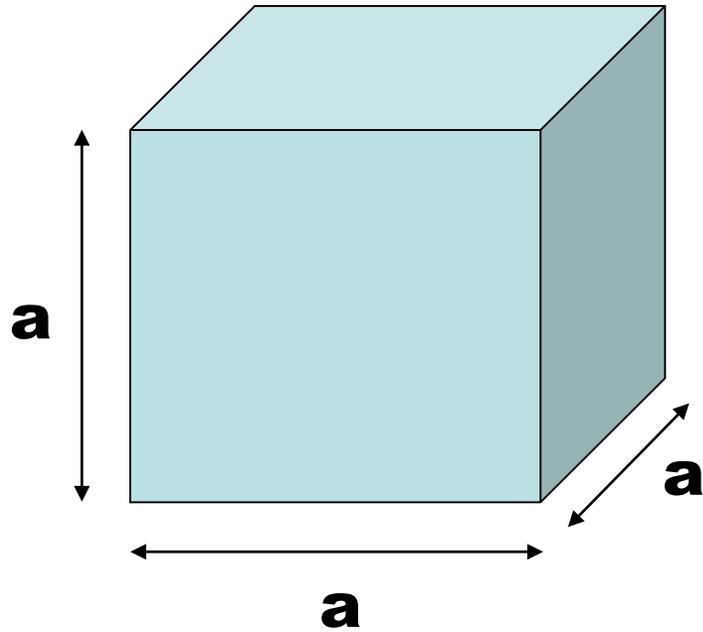
Burbujas de  
jabón

Presión, fuerza y  
densidad

- **Área superficial =  $6a^2$**
- **Volumen =  $a^3$**



	(a) 	(b) 	(c) 
<b>Área superficial total</b> (alto x ancho x número de lados x número de cubos)	<b>6</b>	<b>150</b>	<b>750</b>
<b>Volumen total</b> (alto x ancho x largo x número de cubos)	<b>1</b>	<b>125</b>	<b>125</b>
<b>Razón área superficial a volumen</b> (área ÷ volumen)	<b>6</b>	<b>1.2</b>	<b>6</b>



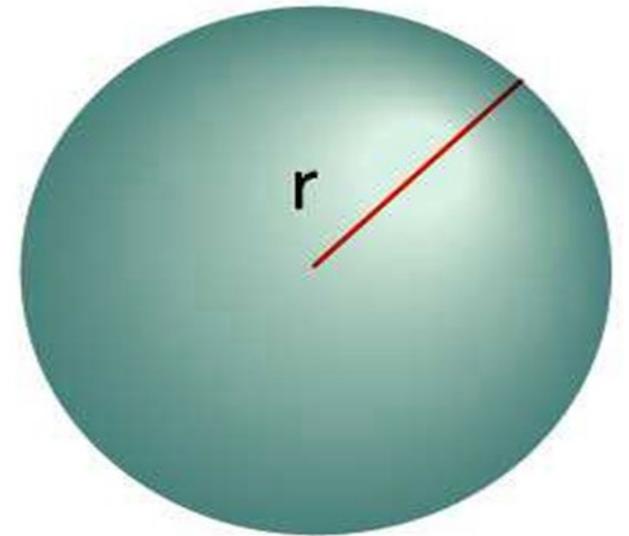
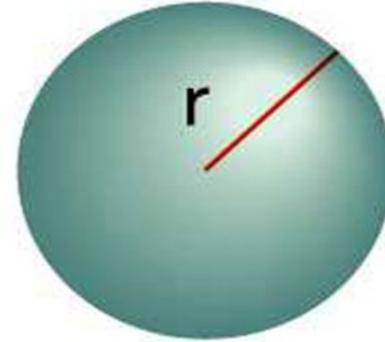
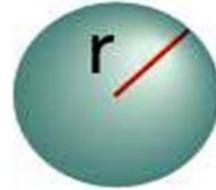
■ ***Importancia en:***

- **Tamaño celular**
- **Tensión superficial**
- **Productos comerciales (pantalones “Nanotex”)**

■ **Área superficial =  $6a^2$**

■ **Volumen =  $a^3$**

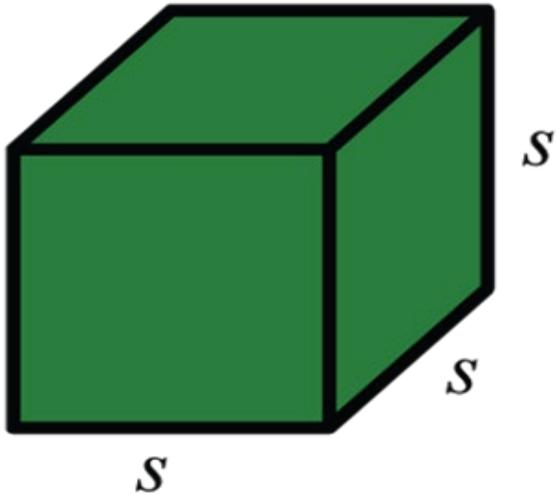
# ***En esferas:***



▪ <b>Distancia al centro (r)</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>
▪ <b>Área superficial (<math>4\pi^2</math>)</b>	<b>12.6</b>	<b>50.3</b>	<b>113.1</b>
▪ <b>Volumen (<math>4/3\pi r^3</math>)</b>	<b>4.2</b>	<b>33.5</b>	<b>113.1</b>
▪ <b>Razón AS/V</b>	<b>3.0</b>	<b>1.5</b>	<b>1.0</b>

# Razón área superficial a volumen

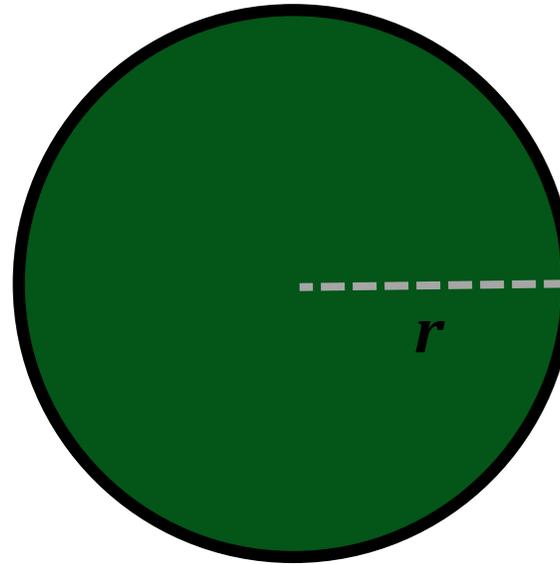
**Cubo**



$$AS = 6s^2$$

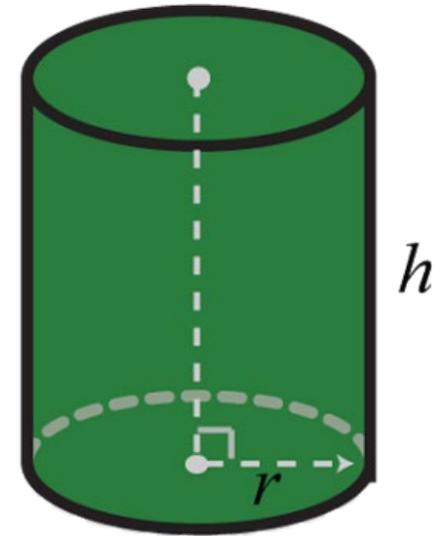
$$V = s^3$$

$$AS = 4\pi r^2$$
$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$



**Esfera**

**Cilindro circular recto**

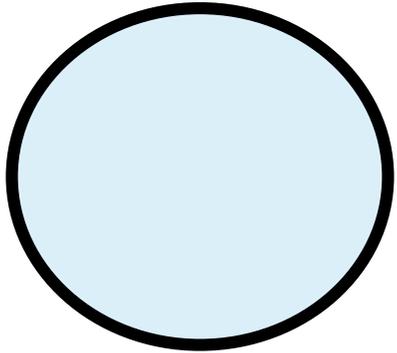


$$AS = 2\pi r^2 + 2\pi rh$$

$$V = \pi r^2 h$$

# ¿Qué ocurre con el AS y el V de un objeto mientras es más pequeño o más grande?

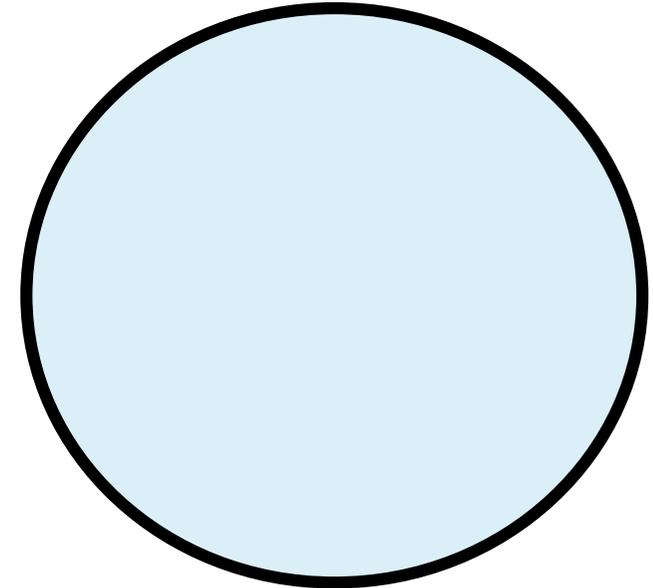
**Radio R**



$$AS \propto R^2$$
$$V \propto R^3$$

**NOTA: El símbolo  $\propto$  significa “proporcional a”**

**Radio 2R**



$$AS \propto (2R)^2 = 4R^2$$
$$V \propto (2R)^3 = 8R^3$$

- **La razón área superficial a volumen es una medida clave de cómo el material interacciona con su ambiente.**
- **Los átomos y las moléculas que se encuentran en la superficie son los que forman parte de los procesos físicos y las reacciones químicas.**
- **Una razón mayor de  $AS / V$  significa que mayor cantidad del material se encuentra en la superficie y está disponible para interaccionar o reaccionar.**

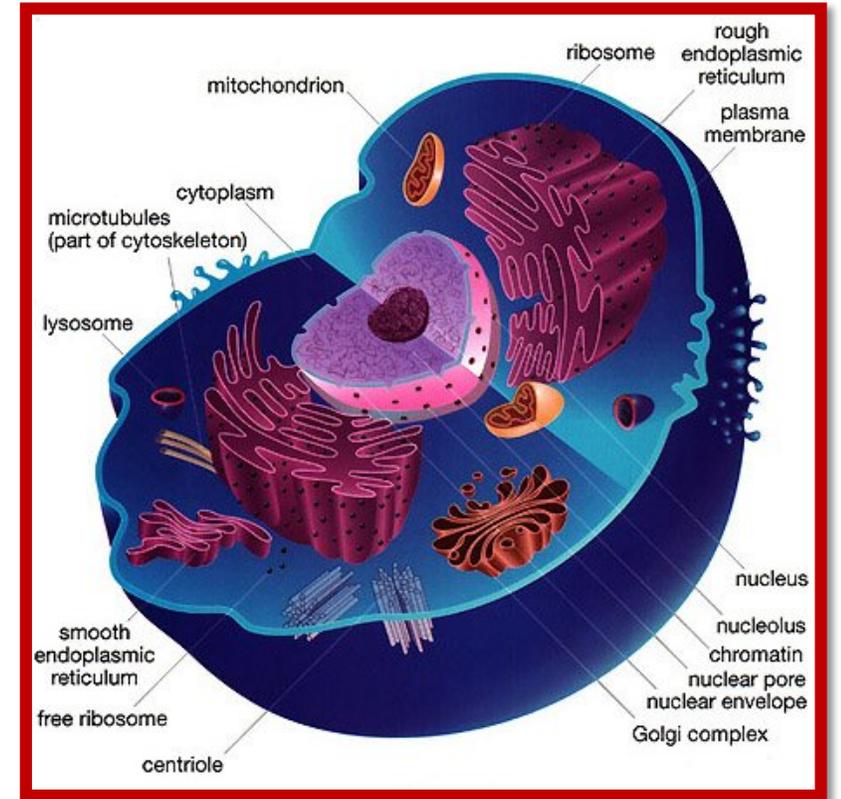
# Mientras el objeto es más grande, la razón $AS / V$ disminuye

- Para un organismo, si la longitud se duplica, (de  $L$  a  $2L$ ):
  - La fuerza muscular y ósea aumenta por un factor de 4 (depende del área del corte transversal)... $L^2$ .
  - Masa (volumen) aumenta por un factor de 8... $L^3$ .
  - Hay un tamaño crítico donde los huesos no pueden aguantar la masa y los músculos no pueden moverla.

# Surface area to Volume Ratio



**¡No hay  
células  
enormes!**



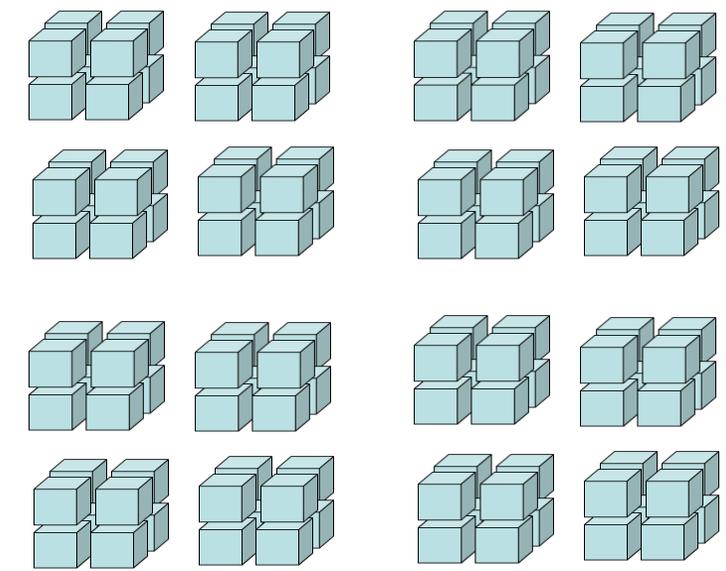
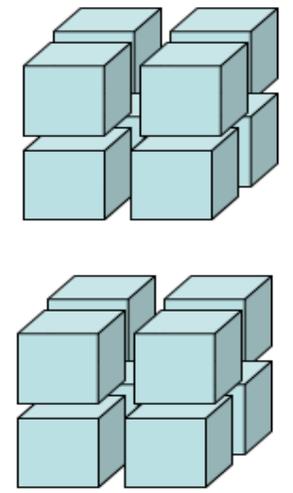
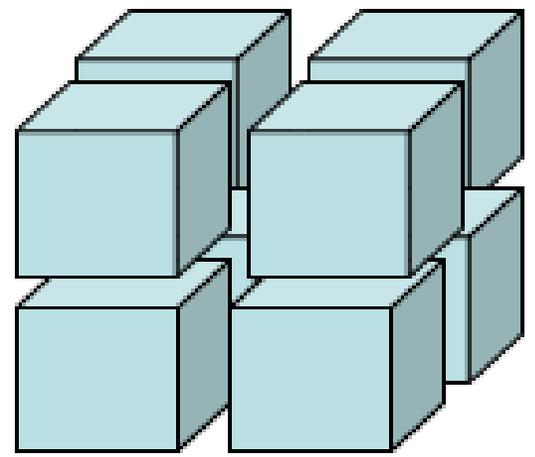
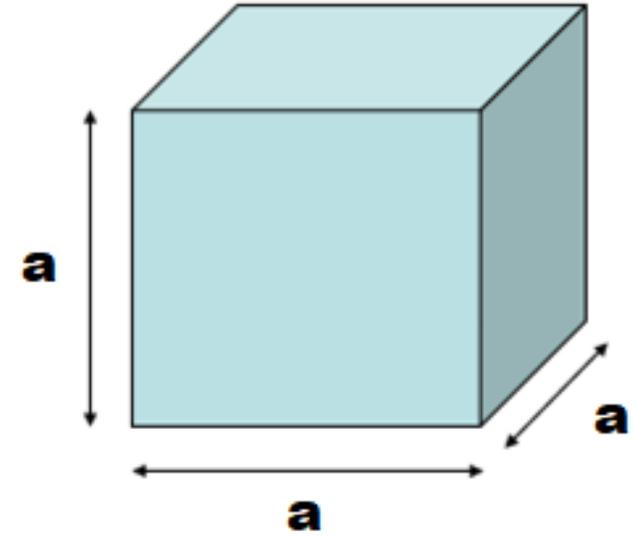
**Mientras el objeto es más pequeño, la razón  $AS / V$  aumenta**

- ✓ **Mejor disipación de calor**
- ✓ **Intercambio de gases**
- ✓ **Rigidez y fuerza del material**

- **Esto permite que estructuras delicadas que nunca podrían estar a escalas como por ejemplo, metros de longitud, puedan existir.**



# Aumentando la razón AS / V: Partículas más pequeñas



# Práctica: ESCALA

La cantidad de área superficial es un parámetro crítico para muchas reacciones biológicas y químicas. En esta práctica se calcula el área superficial total de objetos pequeños a partir de un objeto con mayor tamaño en un volumen establecido.

- Trabajen en parejas
- Seleccionen una forma tridimensional y asuman sus dimensiones
- Calculen el volumen
- Calculen el área superficial
- Manteniendo el volumen constante, dividan la figura en unidades cada vez más pequeñas idénticas
- Calculen el área superficial total de las figuras más pequeñas a medida que las dividen
- Si asumen que su objeto está hecho de, digamos, silicio con un diámetro atómico de 222 pm, ¿qué porcentaje de los átomos están en la superficie en comparación con los que están en el interior de la estructura?

Selecciona la forma de la figura

Selecciona las dimensiones iniales de la figura

Calcula el volumen del objeto

Calcula el área superficial del objeto

Divide el objeto en una cantidad determinada de objetos más pequeños idénticos

Determina el volumen de cada objeto pequeño

Dimensiones necesarias de cada objeto pequeño

Calcula el área superficial de cada objeto pequeño

Determina la razón AS/V de los objetos más pequeños

Determina el AS total del grupo de objetos pequeños multiplicando el AS del objeto por el # de objetos pequeños

Calcula la razón AS total / V total del grupo de objetos más pequeños

Realiza una tabla con los distintos valores y grafica la razón AS / V de cada uno de los objetos y la razón AS total / V total para el grupo de objetos

**¡OJO!** Por ejemplo, cuando se divide una esfera de 1 cm de radio en dos esferas y se mantiene el volumen igual, el radio de cada una de las 2 esferas nuevas **NO** es de 0.5 cm. El radio de cada esfera más pequeña es de 0.796 cm.

**¡OJO!** Si se selecciona una figura más compleja, se deberá establecer una razón entre las distintas dimensiones. Esa razón se mantiene constante y se utiliza para regresar a las nuevas dimensiones de los objetos más pequeños.

# Preguntas de discusión

- ¿Cómo el área superficial afecta las interacciones?
- ¿Qué nos indican las diferentes interacciones sobre la estructura molecular de los materiales envueltos en las mismas?
- ¿Cuán fuertes son las diferentes fuerzas e interacciones?
- ¿Cuáles son las unidades de estas fuerzas?
- ¿Qué consideraciones o factores ambientales pueden impactar las interacciones? ¿Por cuánto?
- ¿Cuáles son algunas aplicaciones de esta tecnología?