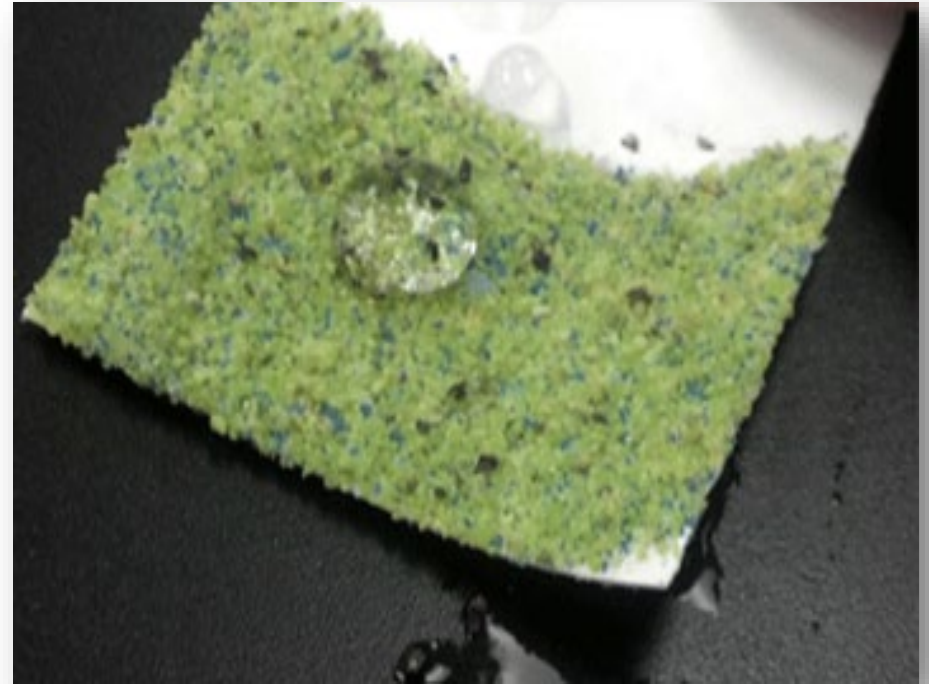


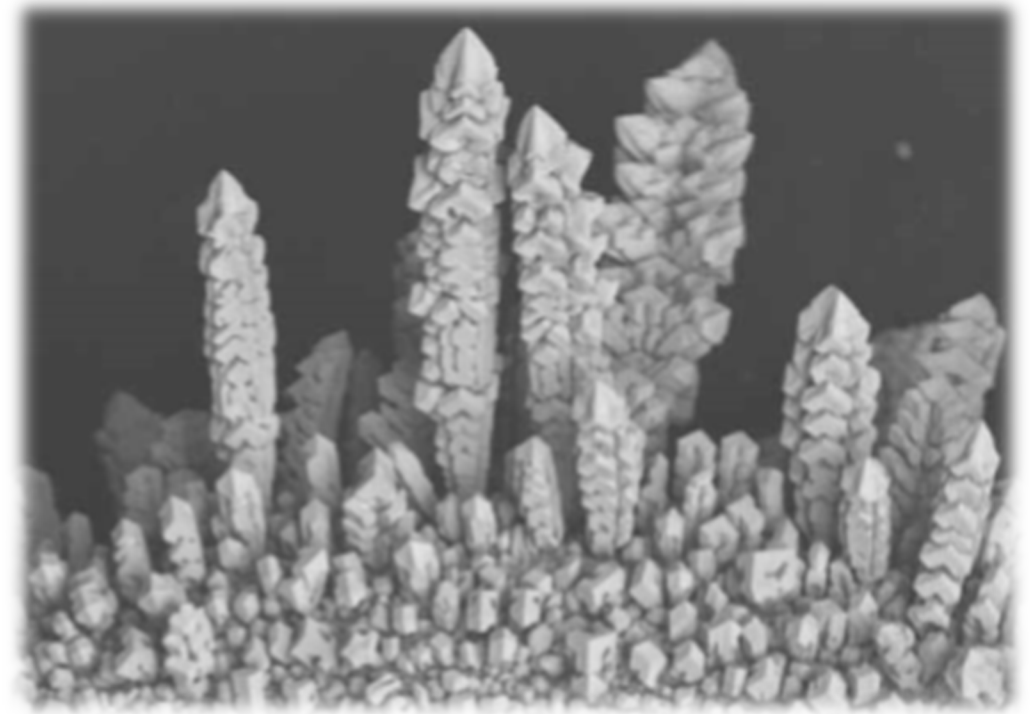
Superhidrofobicidad:

Fuerzas e Interacciones en la Nanoescala



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

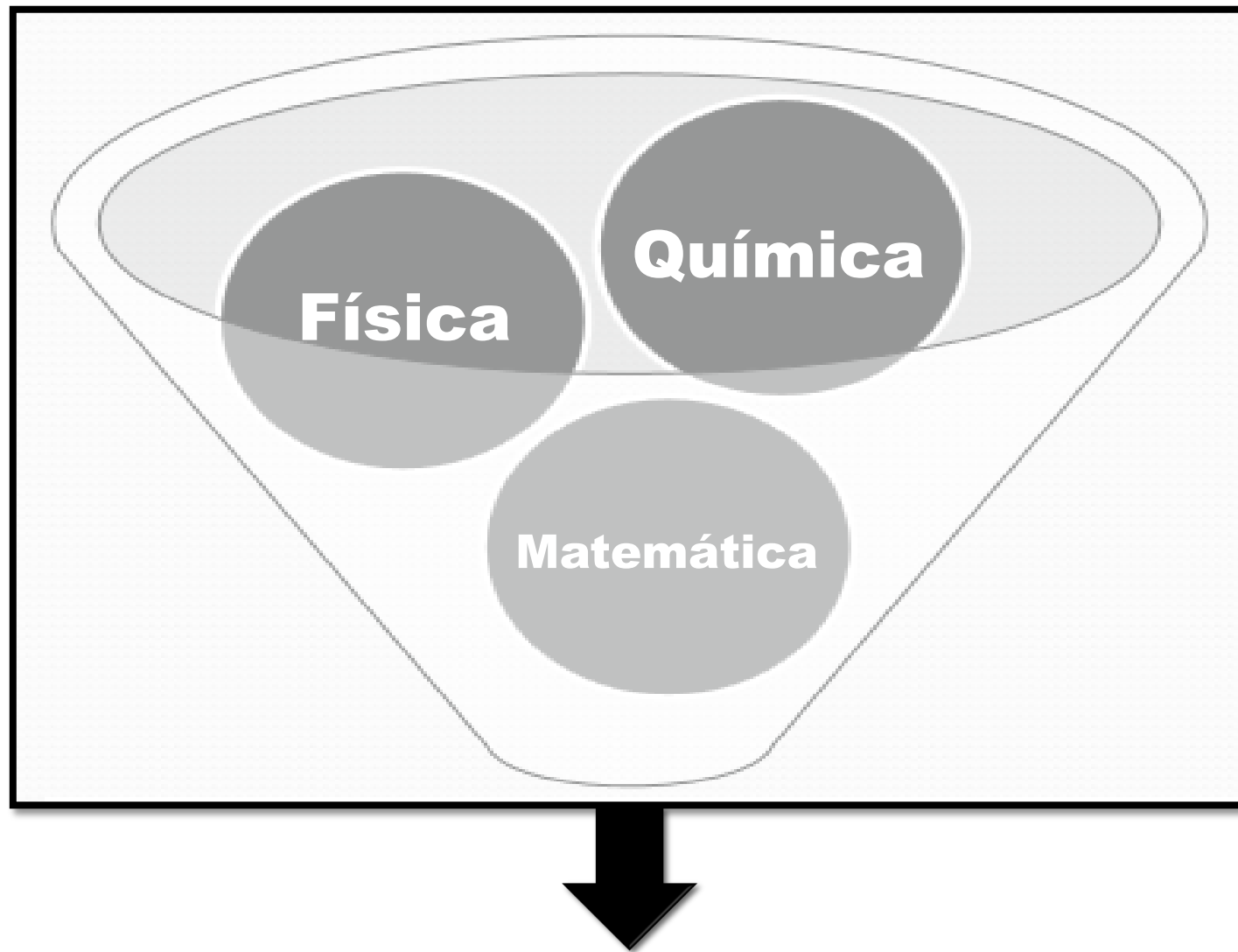


Filamento de Tungsteno quemado

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.**



Permiten el entendimiento de las superficies como las que vamos a explorar en esta actividad.

Pre - Actividad

- Nombra todas las fuerzas e interacciones que puedas.
 - **Ejemplo:** ¿Qué fuerzas están envueltas al sentarte en una silla?
- Si una manzana con 2.5 pulgadas de diámetro ejerce una fuerza de 1 N en tu mano, ¿cuáles son otros ejemplos de fuerzas equivalentes a 1 N? ¿0.1 N? ¿10 N?

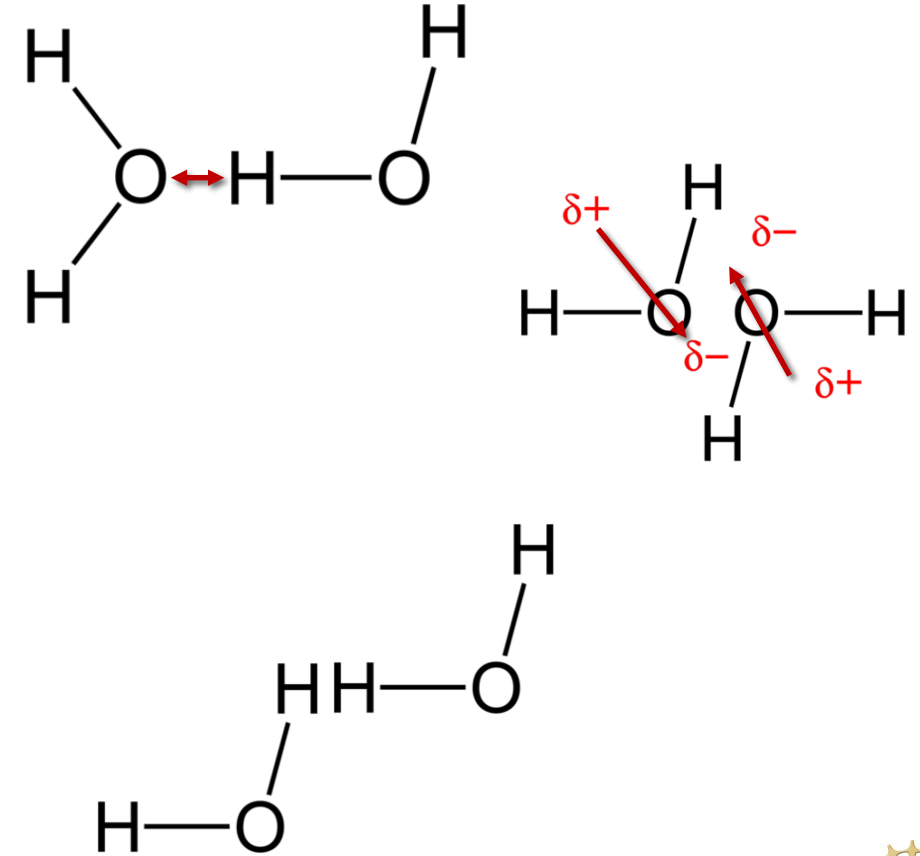


¡Existen fuerzas en todas partes!

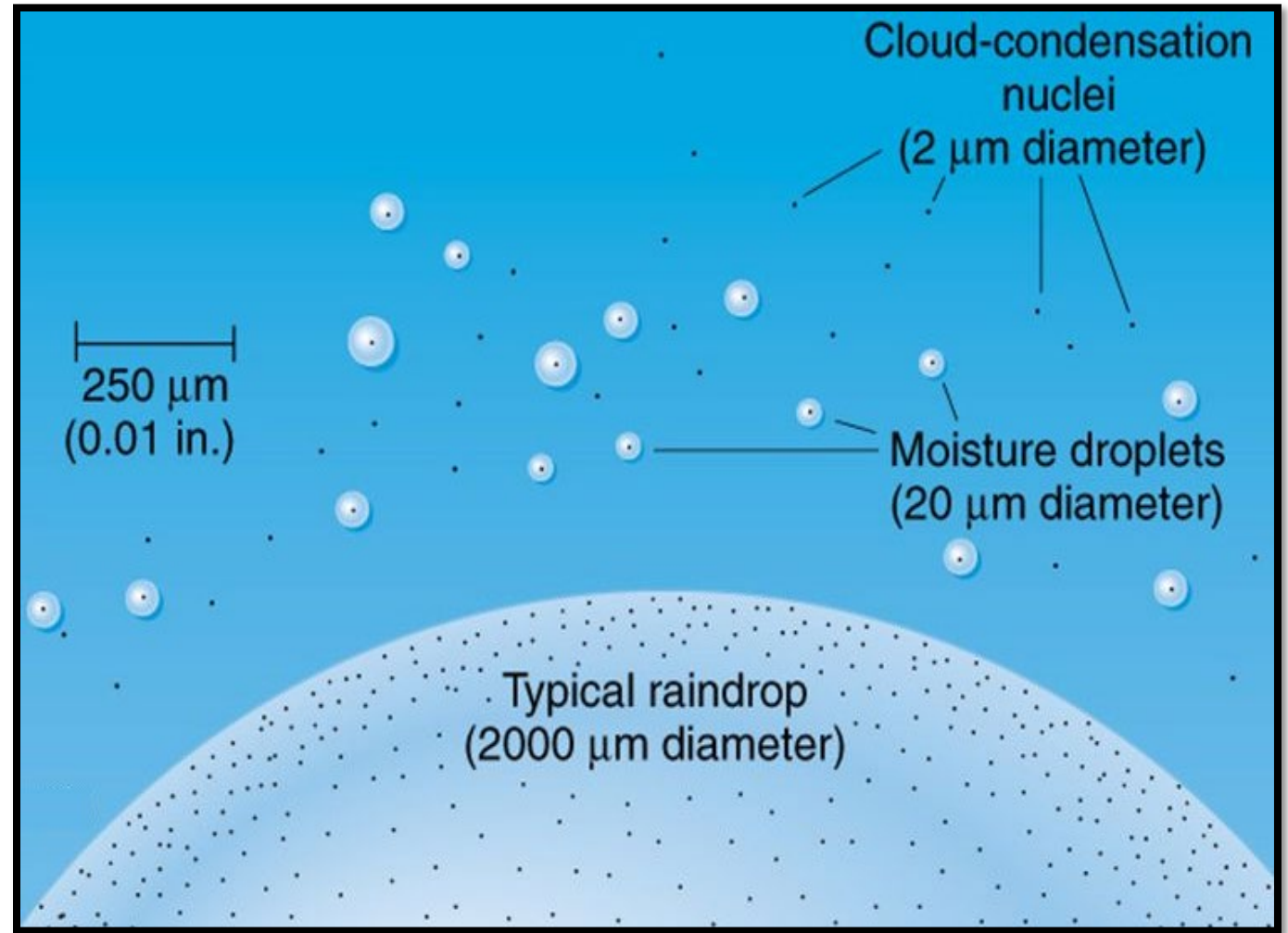
Esta actividad es sobre las fuerzas e interacciones del agua.

El agua interactúa con ella misma a través de tres fuerzas principales:

- **Puentes de hidrógeno:** fuerza relativamente fuerte entre átomos de hidrógeno y oxígeno de diferentes moléculas de agua.
- **Interacciones dipolo-dipolo:** atracción moderadamente fuerte entre moléculas de agua.
- **Fuerzas Van der Waals:** fuerza relativamente débil entre todos los átomos de agua a poca distancia.



- Como resultado, una gota de agua asume una forma esférica cuando otras fuerzas no actúan sobre ella (por ejemplo, una gota de niebla).



¿Todas las superficies responden al agua de la misma forma?

Pensemos sobre tipos comunes de superficies:

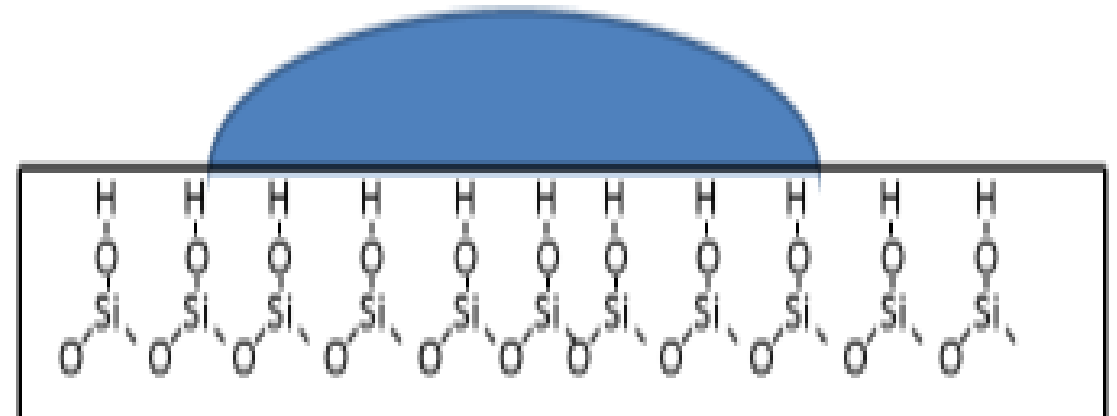
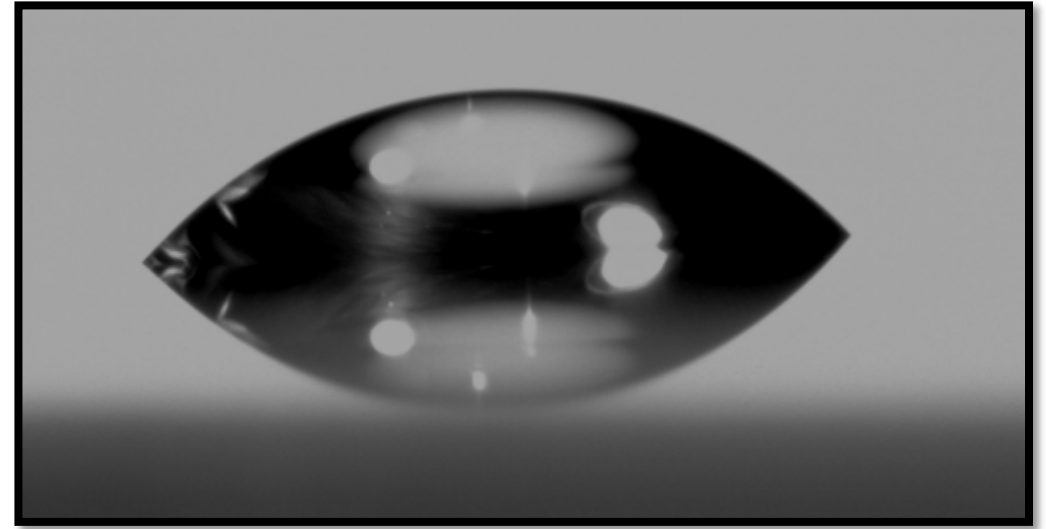
- **Plástico**
- **Piel**
- **Tela**

- Incluso una gota de aceite, cuando no hay fuerzas externas actuando sobre ella, asume una forma esférica como resultado de la atracción de Van der Waals entre las moléculas de aceite.

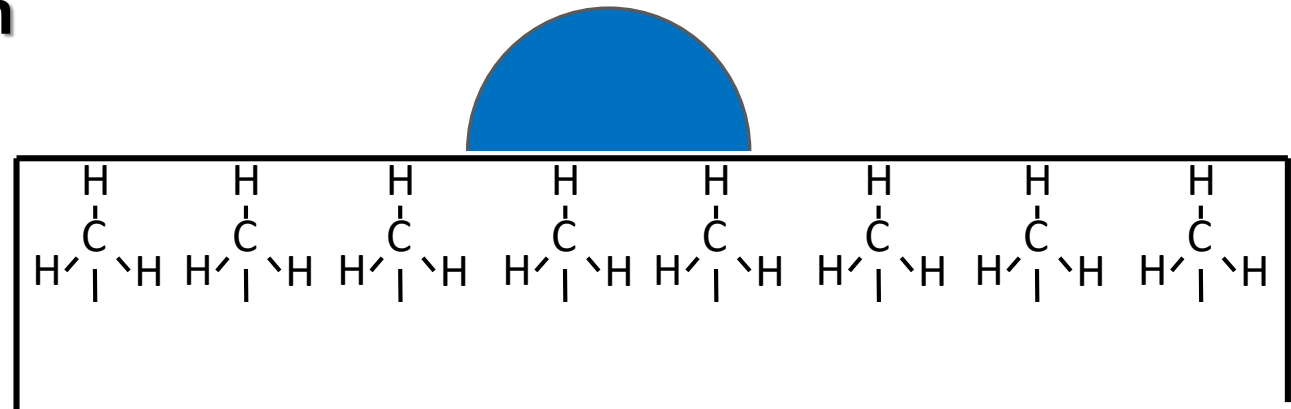


<http://news.povray.org/povray.binaries.images/message/%3Cweb.4eaceb62250f6c61d19b0ec40%40news.povray.org%3E/#%3Cweb.4eaceb62250f6c61d19b0ec40%40news.povray.org%3E>

- Cuando una gota de agua se coloca sobre una superficie como el vidrio, la gota no asume una forma esférica ya que el agua interactúa con la superficie del vidrio a través de las mismas tres fuerzas, compitiendo con las fuerzas que actúan dentro de la gota de agua.
- Este es un ejemplo de una interacción con una superficie hidrofílica.



- Al verter una gota de agua sobre papel de cera no hay enlaces de hidrógeno ni fuerzas dipolares entre el papel y la gota de agua, por lo que las fuerzas de atracción más fuertes dentro de la gota de agua hacen que asuma una forma más esférica.
- La única interacción entre el papel de cera y el agua son las fuerzas de Van der Waals que son relativamente débiles.
- Este es un ejemplo de una interacción con una superficie hidrofóbica.



Podemos observar algunos materiales naturales que parecen ser incluso mejores que el papel de cera al hacer que las gotas de agua asuman forma esférica “bead up”.

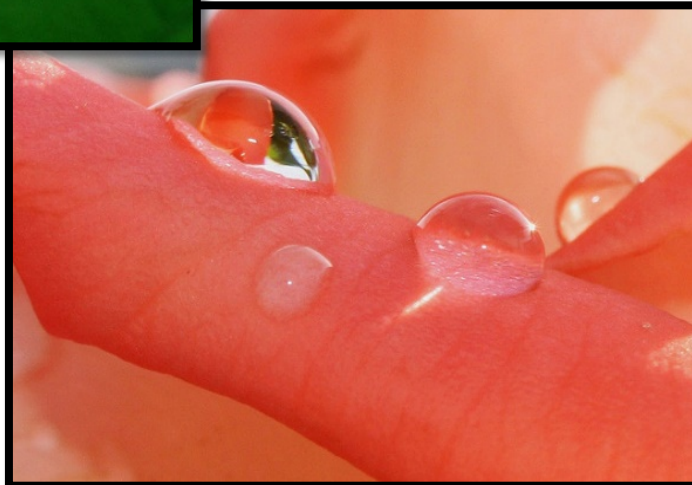


**Lotus
leaves**

**Insect
wings and
shells**

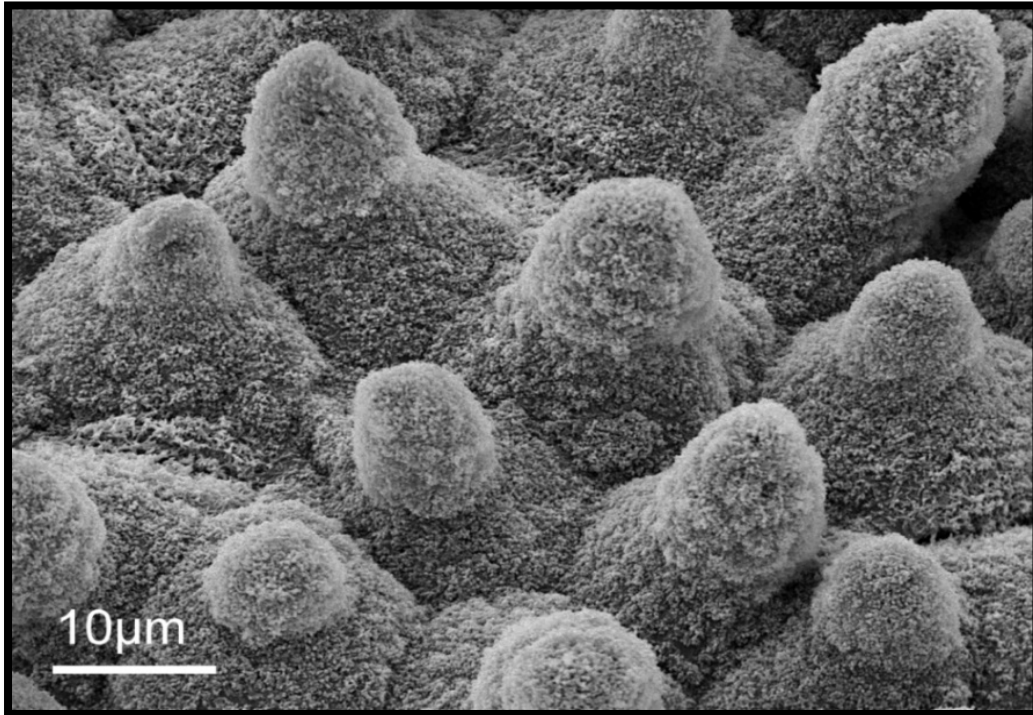


**Rose
petals**

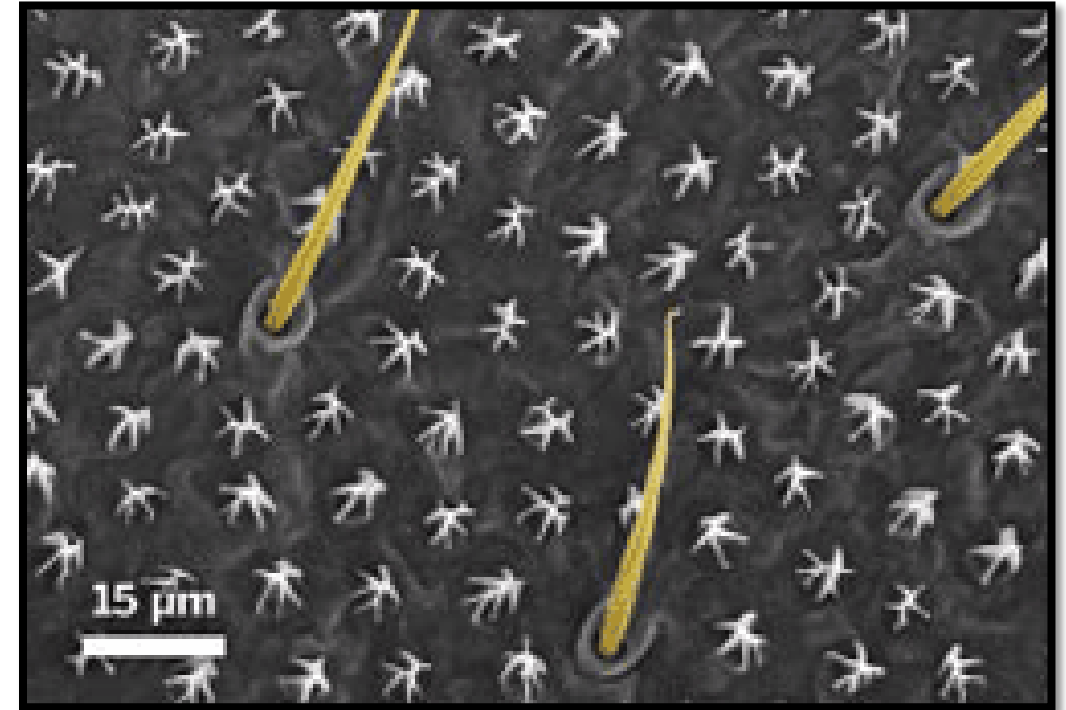


**Rice
leaves**

Cuando se examinan diversos materiales a escala nanométrica se observa una estructura en común en: protuberancias a escala micrométrica que les otorgan propiedades de superficie en la nanoescala.

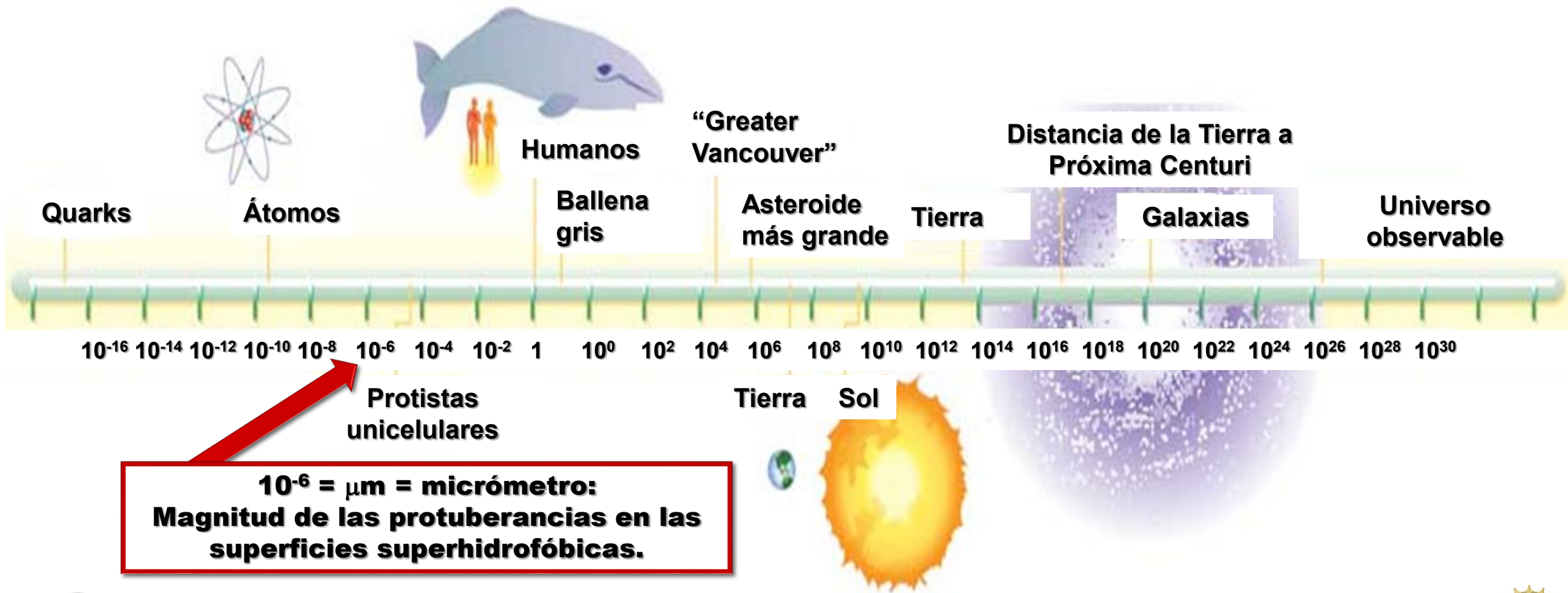


<http://www.beilstein-institut.de/Bozen2010/Proceedings/Koch/Koch.html>



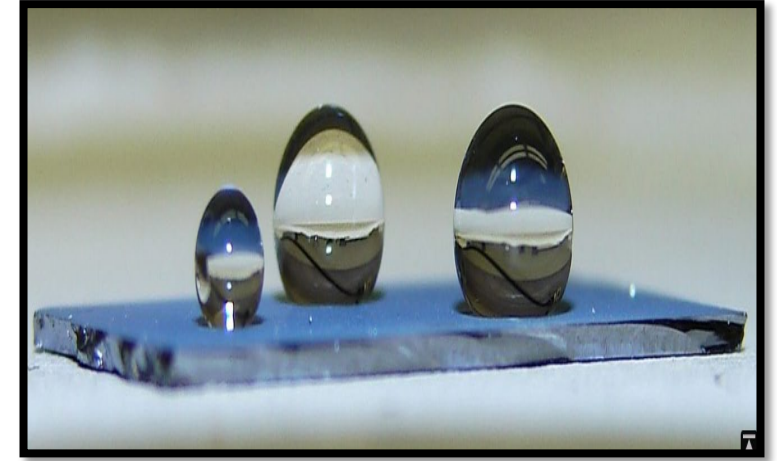
<http://cen.acs.org/articles/88/i5/Tiny-Features-Keep-Termite-Wings.html>

Un sentido de escala....



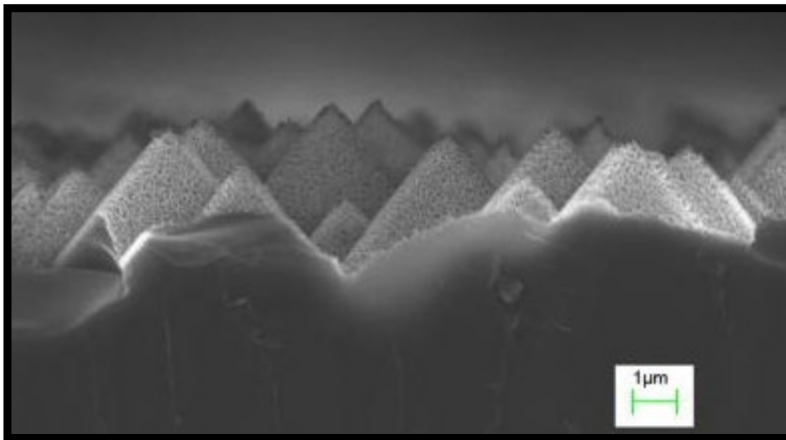
- La predicción resulta ser correcta. El patrón de rugosidad o aspereza en la nanoescala en una superficie con protuberancias a microescala es suficiente para crear superficies que exhiben excelente superhidrofobicidad, incluso cuando las superficies están compuestas de materiales muy diferentes.

Nanotubos de nitruro de boro

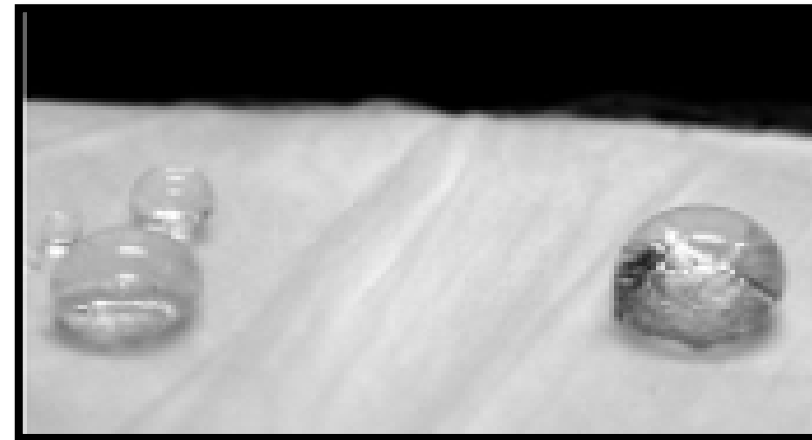


<http://phy.sites.mtu.edu/yap/>

Superficie grabada con silicón



<https://phys.org/news/2009-03-self-cleaning-low-reflectivity-treatment-boosts-efficiency.html>



<http://fiberictech.com/superhydrophobic-pvdf>

Superficie de nanofibras de vidrio

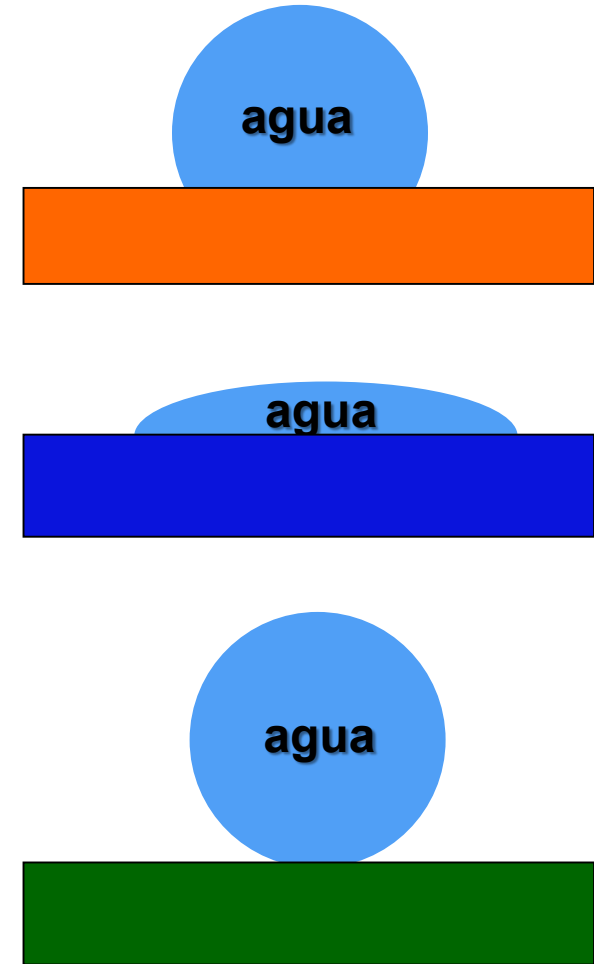
Súper-hidrofobicidad

EXPERIMENTA

OBSERVA

DOCUMENTA

REFLEXIONA



Actividad: Súper-hidrofobicidad

Procedimiento: Actividad 1

- En la hoja de trabajo hay tres recuadros, cada uno se utilizará como las muestras. En la muestra 1 no se requiere preparación alguna. En la muestra 3 aplica la pega en una capa uniforme cubriendo todo el espacio de papel disponible. Vierte sobre la pega la arena cubriendo todo el espacio. No presiones la arena sobre la pega. Retira el exceso de arena en un recipiente. En la muestra 2 aplica la pega en una capa uniforme cubriendo todo el espacio de papel disponible.
- Mientras se secan las muestras, predice lo que ocurrirá cuando se apliquen varias gotas de agua a cada una de las tres superficies.
- Utiliza una pipeta para colocar varias gotas de agua en cada una de las superficies y anota las observaciones en la hoja de trabajo.
- Repite el procedimiento usando otros líquidos (aceite, alcohol, agua salada).

Actividad: Súper-hidrofobicidad

Procedimiento: Actividad 2

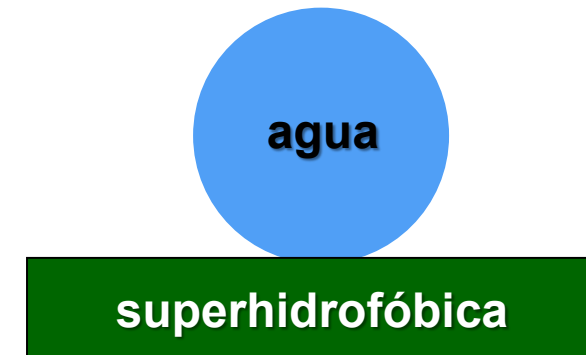
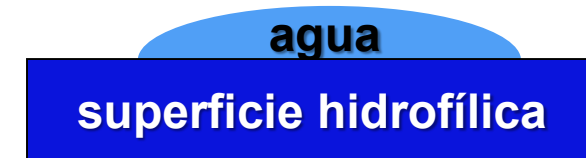
- Retira las gotas de agua de la superficie cubierta de arena delicadamente con papel secante o absorbente.
- Espolvorea una pequeña cantidad de granos de pimienta sobre la superficie de la arena.
- Utilizando la pipeta, coloca una gota de agua sobre la superficie cubierta con arena y pimienta.
- Haz rodar la gota de agua sobre los granos de pimienta y observa la interacción entre ambas sustancias (la pimienta y el agua).
- Desplaza la gota de agua fuera de la superficie cubierta de arena y observa la respuesta o comportamiento de la misma.

Observaciones y discusión de los resultados

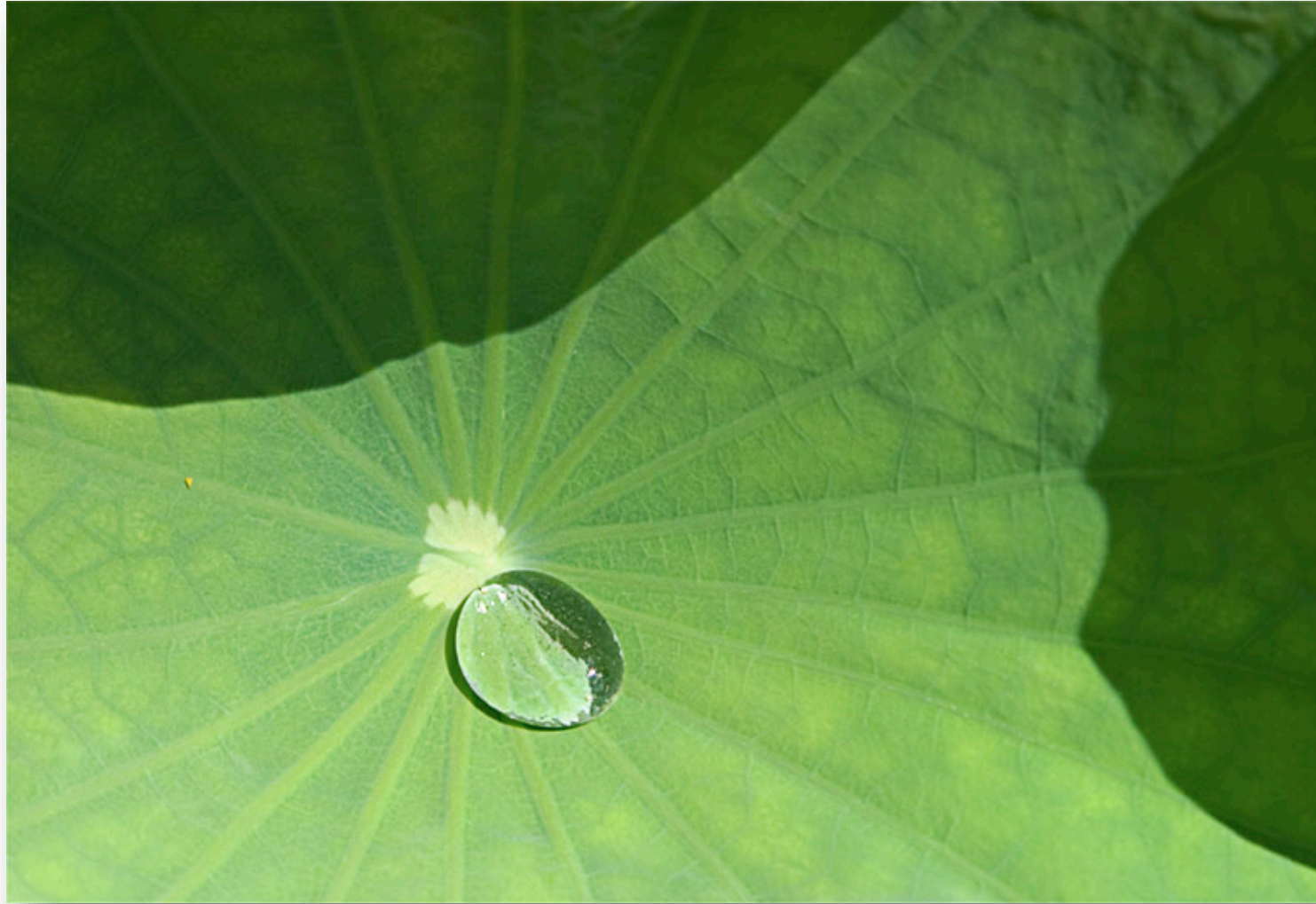
- **Una combinación de la estructura física y química de la superficie hace que el agua forme gotas y rueda fuera de la superficie.**
- **Adicional, las propiedades físicas del agua, las propiedades moleculares del agua y la diferencia entre moléculas polares y no polares son responsables.**
- **La pimienta representa el sucio en el sistema.**
- **Podemos usar las propiedades superhidrofóbicas para producir materiales como prótesis que se puedan limpiar con facilidad, pintura con autolimpieza para casas de estuco, ropa resistente a las manchas, etc.**

Superficies hidrofóbicas, hidrofílicas y superhidrofóbicas

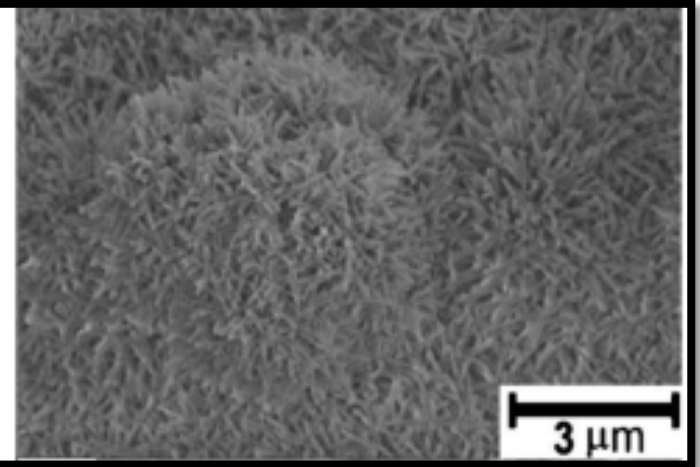
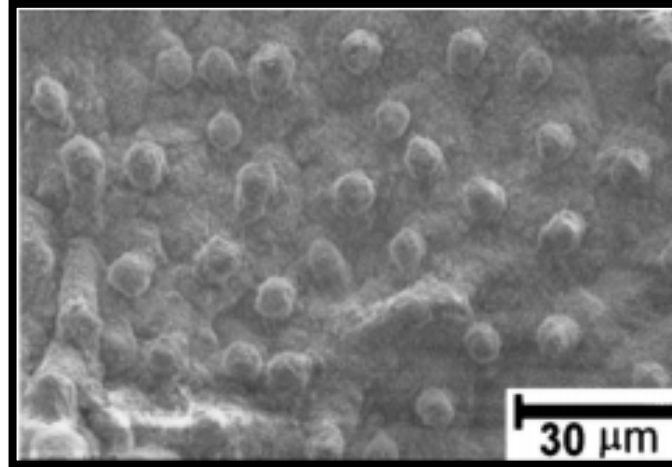
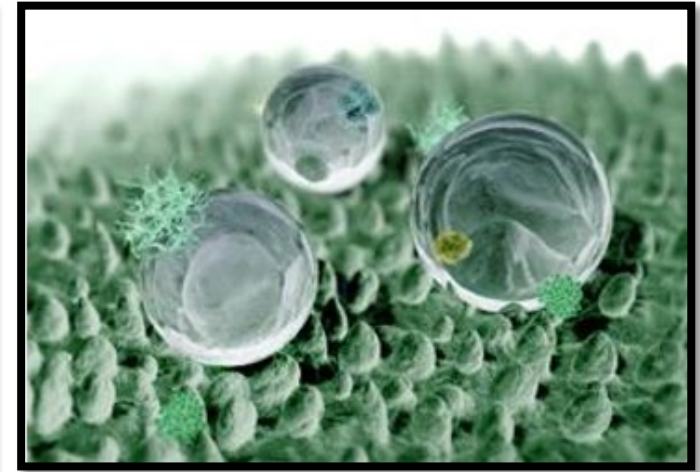
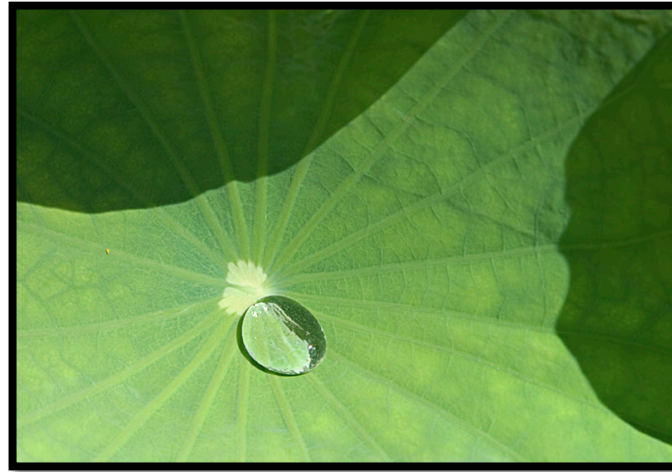
- **Superficie hidrofóbica**: “Superficie con miedo al agua”. El agua trata de minimizar el contacto con la superficie.
- Ejemplos: teflón, superficies aceitosas.
- **Superficie hidrofílica**: “Superficie con amor por el agua”. El agua trata de maximizar el contacto con la superficie.
- Ejemplos: vidrio, superficies de metal oxidado.
- **Superficie superhidrofóbica**: Superficie hidrofóbica con rugosidad/aspereza en la nanoescala.



¿Superficie hidrofóbica o hidrofílica?



Una gota de agua
asume forma
esférica en la hoja de
Loto debido a la
química y su
nanoestructura
hidrofóbica.



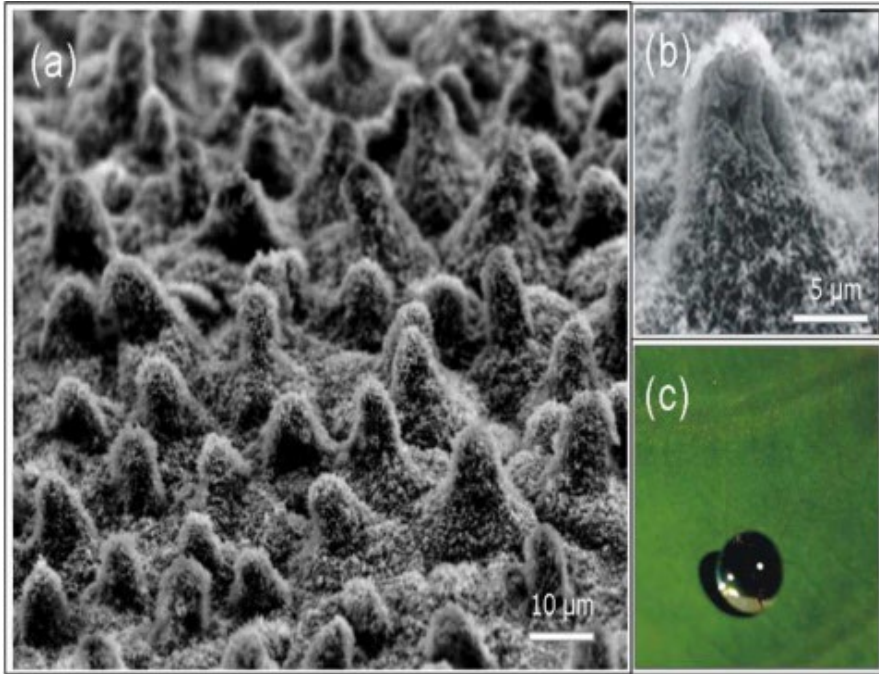
Imágenes del “SEM” de la superficie de una hoja de Loto.

<http://www.pbase.com/yvesr>

Cheng, Y.T. , et. al. *Applied Physics Letters* 2005, 87, 194112

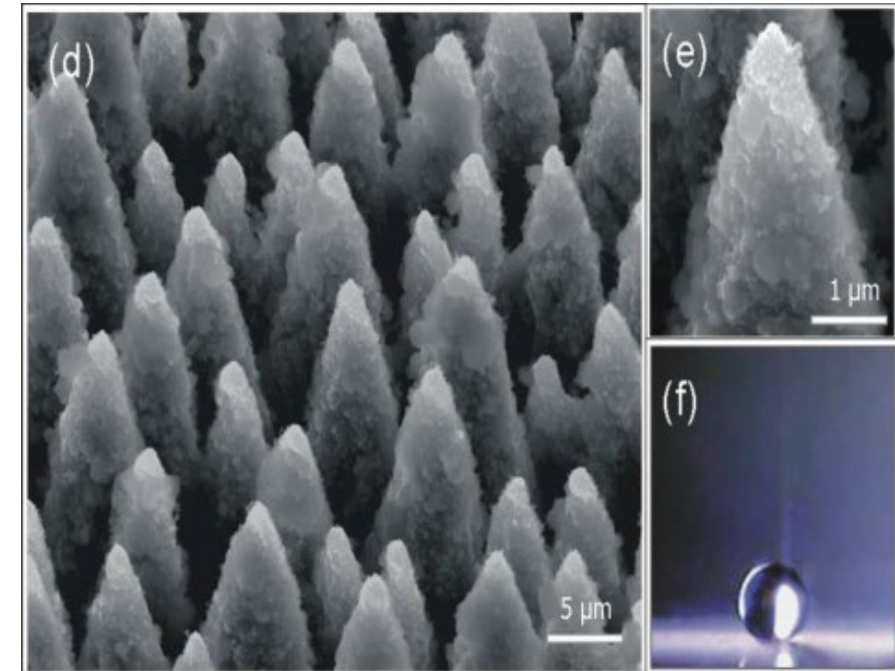
https://www.lawrencehallofscience.org/sites/default/files/pdfs/college_resources/modules/Superhydrophobic/Superhydrophobic_Surfaces.pdf

Imágenes de superficies



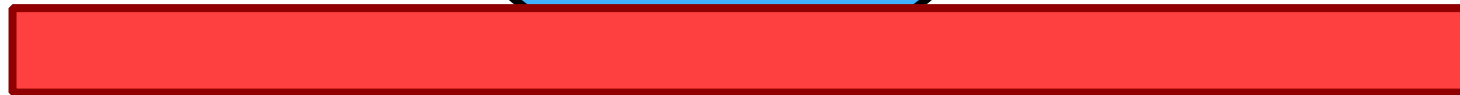
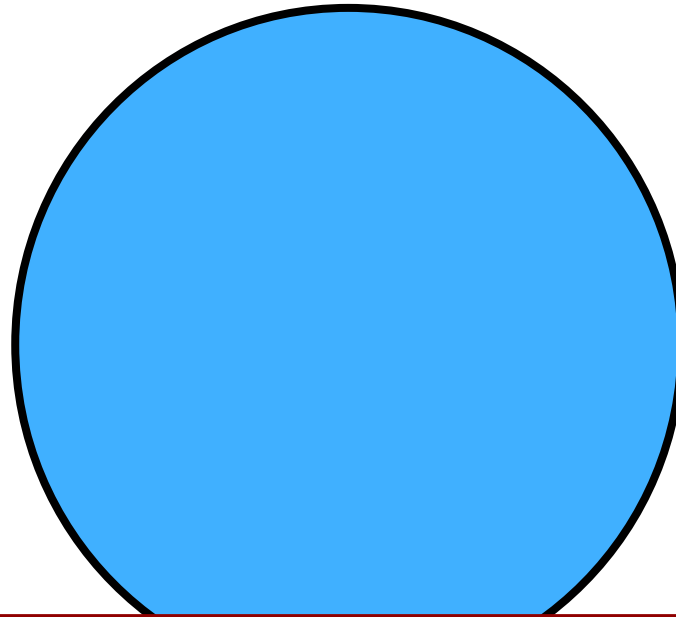
Hoja de Loto

Producto de ingeniería



Fuerzas e Interacciones

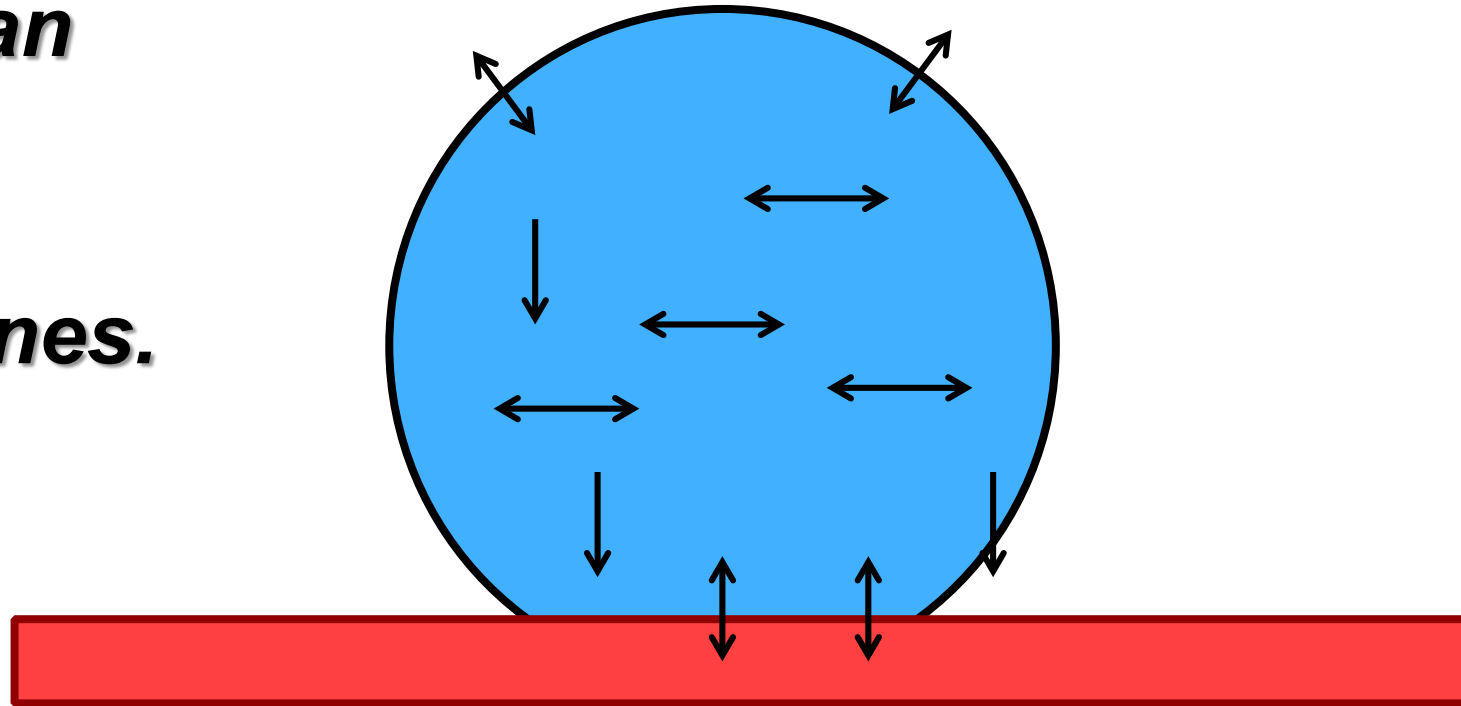
Lo básico...



Fuerzas e Interacciones

Lo básico...

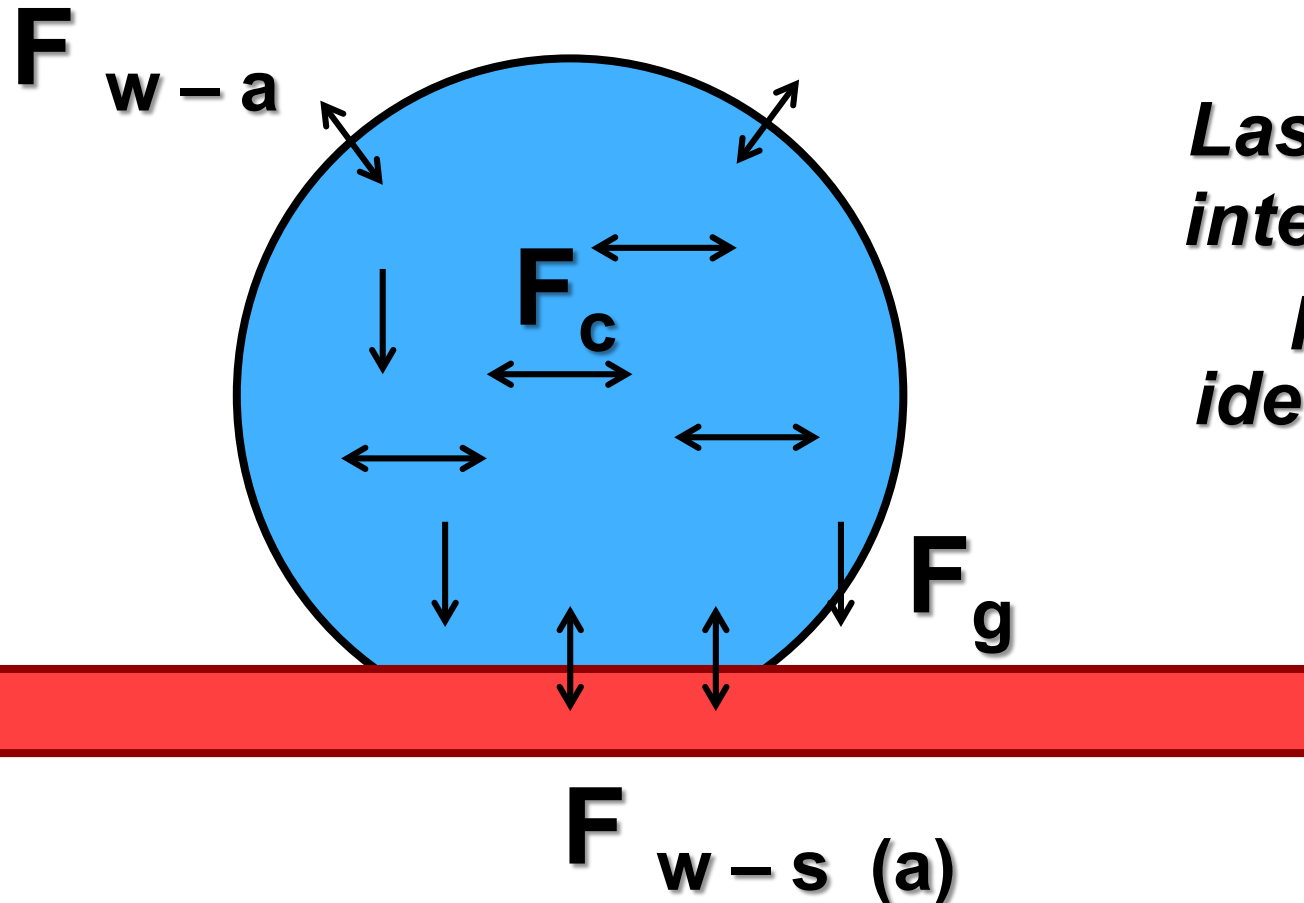
Las flechas representan diferentes fuerzas e interacciones.



Fuerzas e Interacciones

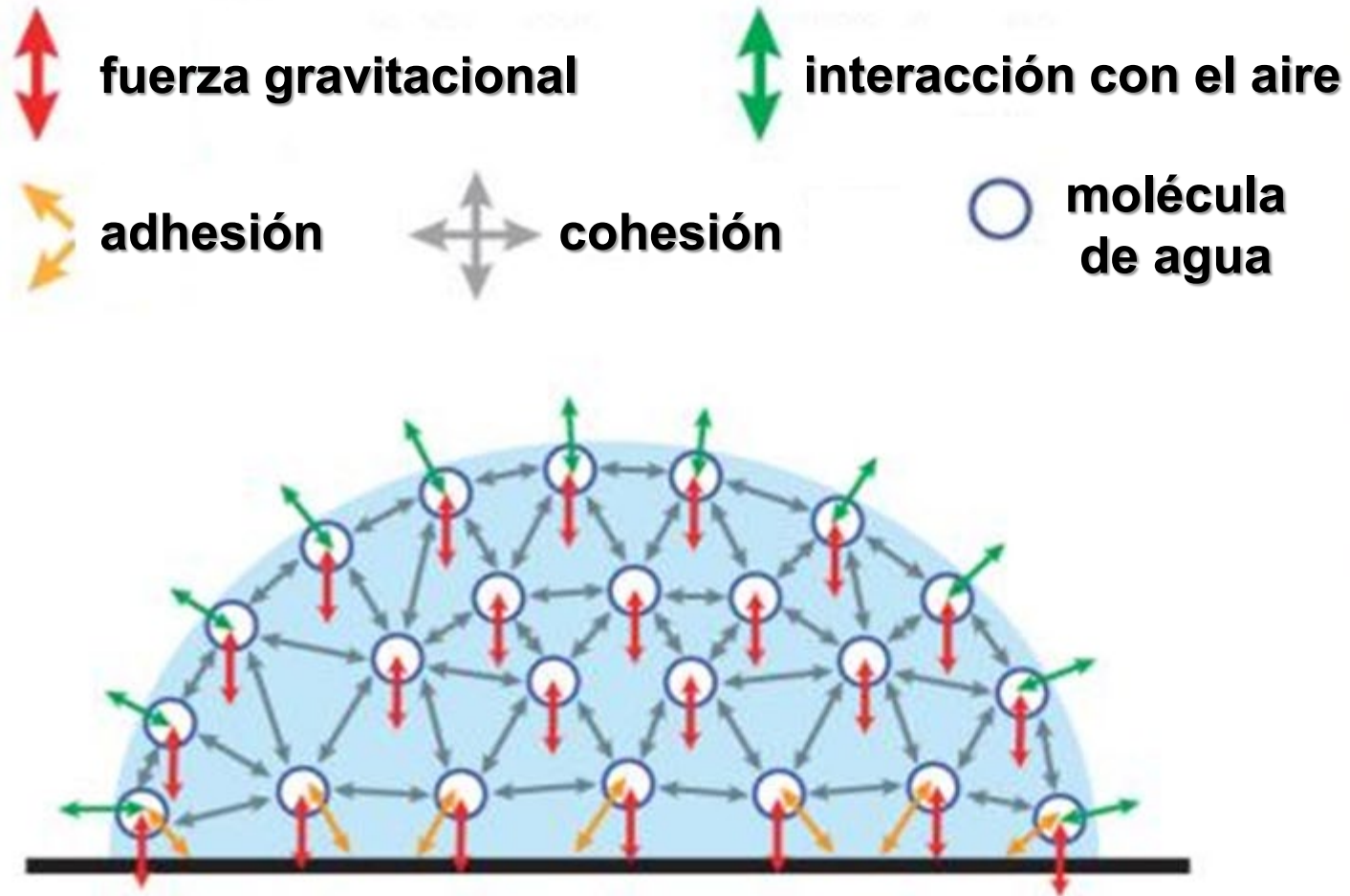
Se pueden escribir ecuaciones de desigualdad para diferentes situaciones:

- *Temperatura ambiente*
- *Temperatura alta/baja*
- *Diferentes fluidos*



Las fuerzas e interacciones pueden identificarse.

Gota de agua sobre una superficie

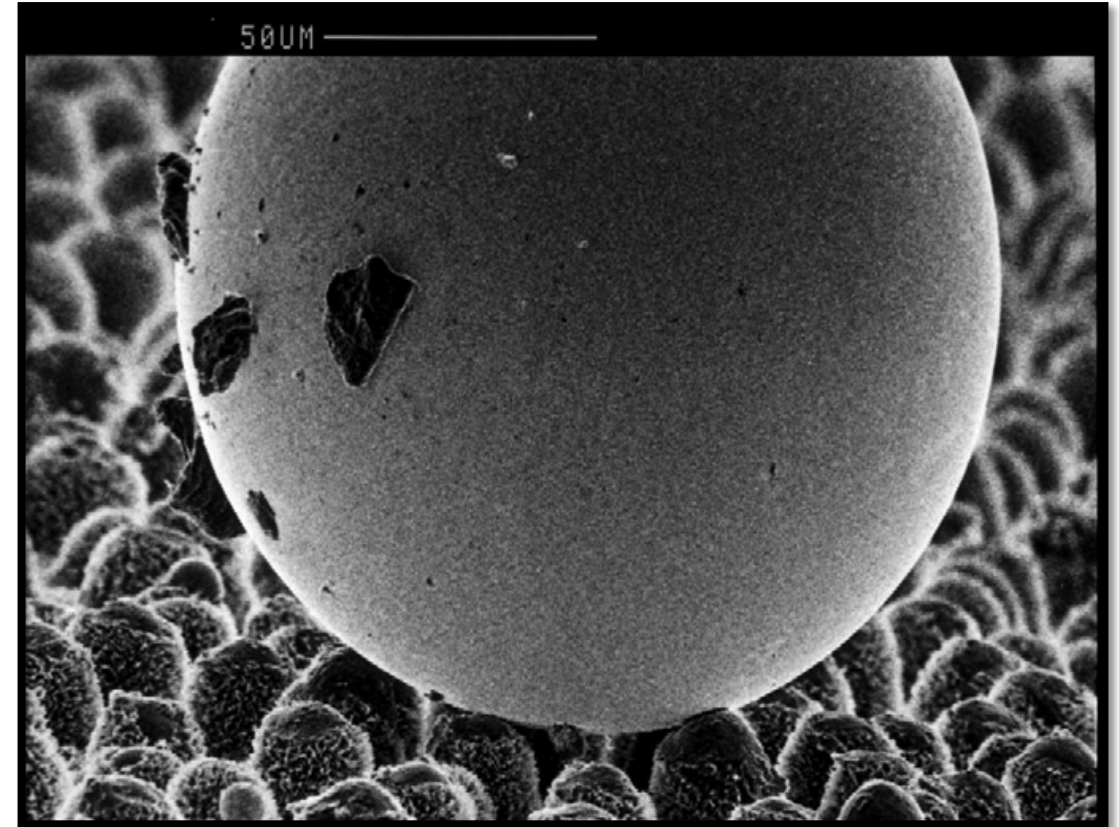


Fuerzas Cohesivas y Adhesivas

- Categorías generales:
 - Cohesión – entre moléculas iguales o similares.
 - Adhesión – entre moléculas diferentes.
- El origen o el componente exhibiendo la propiedad cohesiva o adhesiva puede variar y *puede ser repulsiva o atractiva por naturaleza*.
- Un principio general es que “igual disuelve igual” el cual puede expandirse a “igual interactúa con igual”.

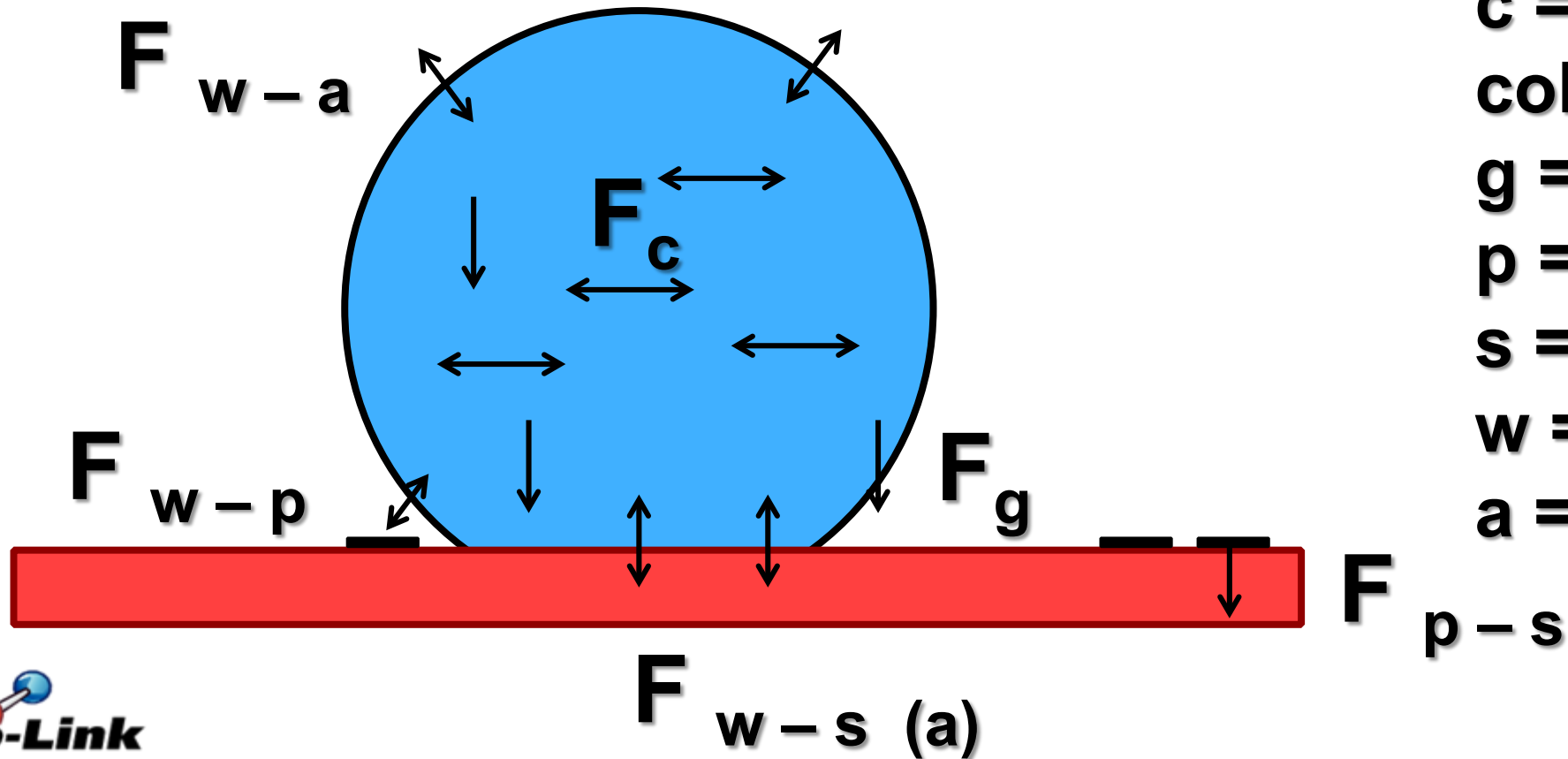
- Aunque la superficie superhidrofóbica no interactúa con el agua, cualquier material adherido a la superficie, como el sucio, interactuará con el agua y se retirará de la superficie superhidrofóbica.
- Esto significa que estas superficies tienden exhibir autolimpieza.
- La hoja de Loto se mantiene notablemente limpia en su entorno.

La siguiente imagen muestra como el sucio interacciona con una gota de agua sobre la hoja de Loto.



Fuerzas e Interacciones

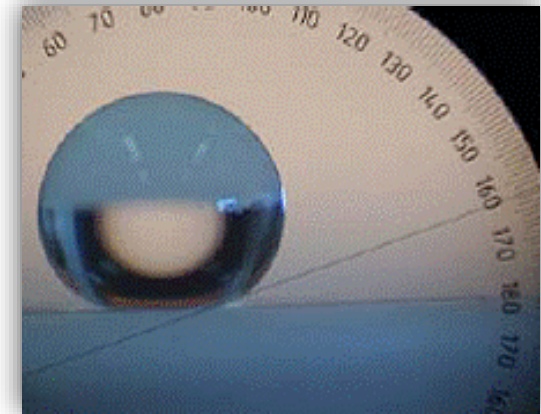
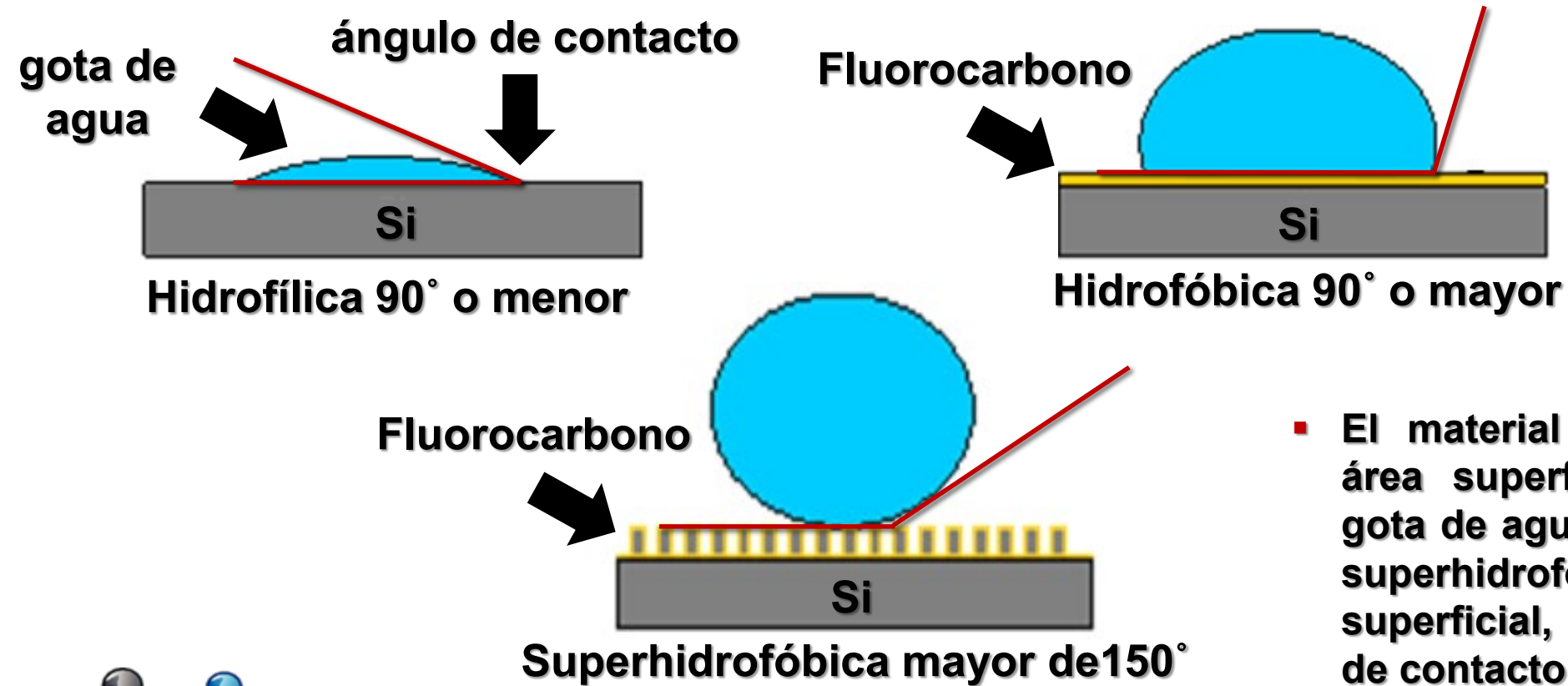
Los materiales pueden cambiarse o ser añadidos a la superficie.



F = fuerza
c = fuerzas cohesivas
g = gravitacional
p = pimienta
s = superficie
w = agua
a = aire

Gnometría

- La definición formal de una superficie superhidrofóbica es una donde el ángulo de contacto entre la superficie y la gota es mayor que 150 grados.



- El material hidrofóbico tiene mucha área superficial de contacto con la gota de agua, mientras que el material superhidrofóbico tiene mayor área superficial, pero bien poca superficie de contacto con el agua.

Un vistazo a la tecnología actual...

El escarabajo Stenocara

(a)



(b)



(c)

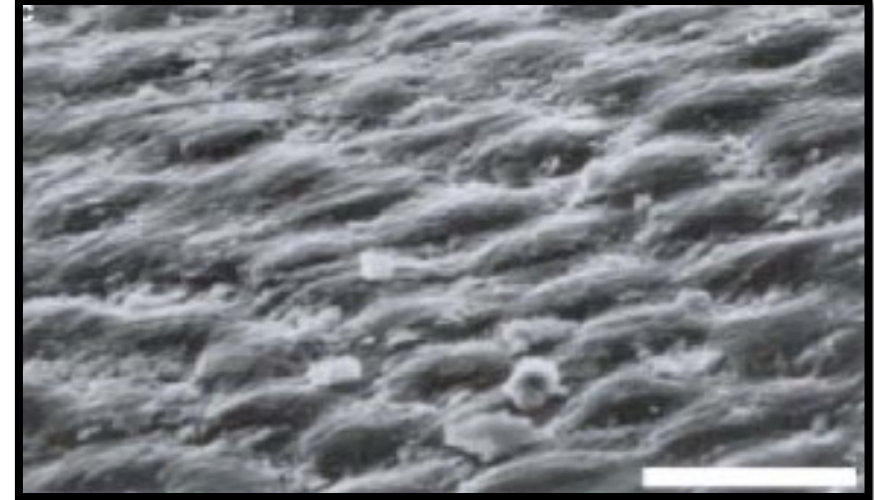


Fig. 5a-c El escarabajo Stenocara (a) las áreas de condensación en sus alas las cuales no tienen cera (b) las áreas en sus alas que tienen cera son superhidrofóbicas (c). Escalas en barra: (a) 10 mm, (b) 0.2 mm, (c) 10 μm . Reimpreso con la autorización de Parker y Lawrence (2001).

Escarabajo del desierto de Namib

- El escarabajo del desierto de Namib (*Stenocera gracilipes*) ha desarrollado una superficie superhidrofóbica en su espalda que le permite recolectar agua del aire del desierto en la mañana.
- El escarabajo pasa la noche debajo de la arena. En la mañana, sube a la parte posterior de la duna la cual es un poco más fresca que el ambiente a su alrededor. El agua puede acumularse en su espalda y canalizarse a su boca.
- El desierto de Namib es uno de los lugares más secos de la Tierra y esta es la única fuente de agua que el escarabajo tiene para sobrevivir.



El escarabajo de Namib se coloca en esa posición para que las gotas de agua que se forman sobre él rueden hasta llegar a su boca.



***Una aplicación
propuesta para
recolectar agua
en ambientes
secos
utilizando
como ejemplo
el escarabajo
de Namib.***

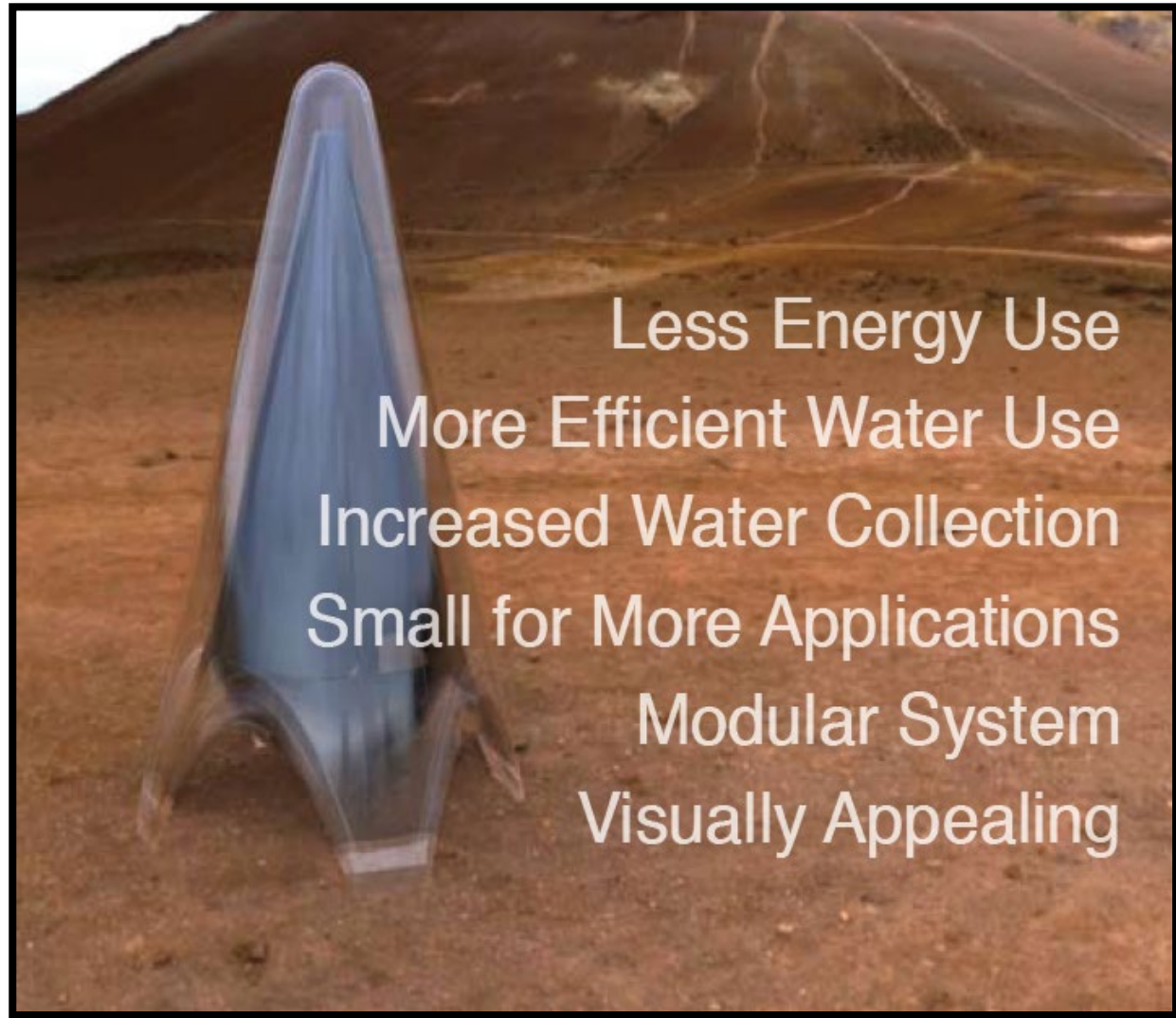
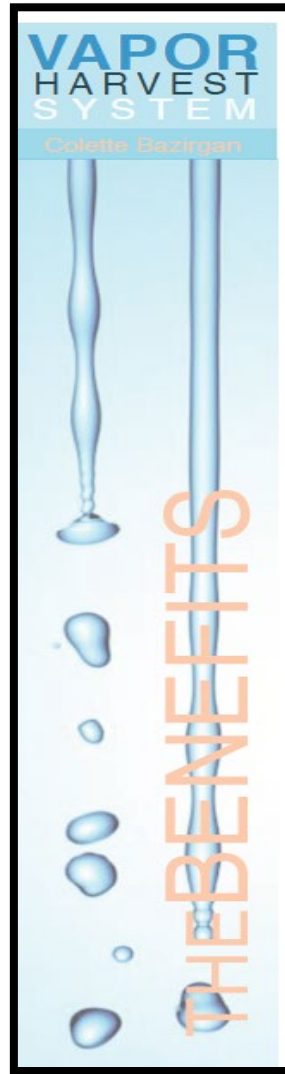




Mención de honorífica: Colette Bazirgan

Proyecto: Sistema de recolección de vapor.

La invención es un sistema de recolección de agua para climas áridos. Una superficie con regiones hidrofílicas e hidrofóbicas extrae la humedad del aire. Mientras se convierte en líquido, un metal nanoestructurado absorbe el agua fresca y la deposita para ser utilizada luego.



http://www.nanotechproject.org/news/archive/nanovation_winners/

“En comparación con los sistemas actuales de recolección de agua y riego, mi diseño tiene muchos beneficios. Al recolectar pasivamente el agua en áreas donde la precipitación es poca o nada, y algunas veces la evaporación roba la poca humedad disponible, tiene el potencial de hacer un mejor uso de las áreas áridas y aumentar su potencial de crecimiento. Podría aumentar el suministro de alimentos sin aumentar la extracción de agua subterránea. Podría permitir que las áreas cultiven más alimentos a nivel local. Además, podría eliminar la necesidad y el gasto de los procesos de desalinización.”