

# Superhidrofobicidad: Un balance entre fuerzas



Center for Nanotechnology Education



Este material está basado en trabajo apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia bajo la Concesión Número 0802323 y 1204918. **Cualquier opinión, hallazgos, conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son las del autor(es) y no necesariamente representan las opiniones de la Fundación Nacional de Ciencias.**



Este trabajo está licenciado por [“Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License”](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

Basado en un trabajo en [www.nano-link.org](http://www.nano-link.org).

# Superhidrofobicidad

## Abstracto

Este módulo demuestra y provee a los estudiantes un entendimiento de las fuerzas presentes en las interacciones hidrofóbicas e hidrofílicas. El balance entre las fuerzas cohesivas y adhesivas tiene como resultado una gota de agua casi esférica sobre una superficie, como una hoja de Loto. Este efecto se llama superhidrofobicidad. Muchos factores, como el tipo de líquido, la superficie y la temperatura, determinan si la combinación de superficie-líquido produce un efecto hidrofóbico. Se motiva a los estudiantes a evaluar todas las fuerzas que actúan sobre el sistema de superficie-líquido y a escribir las desigualdades que apoyan sus observaciones.

## Resultados

- Comprensión de las fuerzas cohesivas y adhesivas.
- Comprensión de las superficies hidrofílicas e hidrofóbicas.
- Dependencia de la interacción de un líquido y las características de la superficie, junto a el efecto observado.

## Prerrequisitos

- Estructura atómica y molecular
- Conceptos de densidad electrónica

## Correlación

### *Conceptos Científicos*

- Enlaces moleculares, específicamente puentes de hidrógeno entre moléculas de agua
- Dependencia de la temperatura o influencia en la fuerza de los enlaces moleculares
- Conceptos de densidad electrónica y modelos moleculares
- Fuerzas relativas de diferentes tipos de enlaces (covalente, iónico, etc.) e interacciones (puentes de hidrógeno, etc.)

### *Conceptos de Nanociencia*

- Estructuras atómicas y moleculares
- Prioridades de fuerzas e interacciones
- El tamaño es importante

## Información de trasfondo

Las interacciones con el agua en una superficie se pueden caracterizar de varias maneras. El tipo exacto de interacción depende de las características de la superficie y las restricciones ambientales, como la temperatura. En general, las superficies se definen con respecto a la respuesta al agua (hidro) y se caracterizan por el ángulo de contacto entre la superficie y la gota de agua.

**Hidrofílico:** tiende a disolverse, mezclarse o humedecerse con agua.

- Hidro (agua) fílico (ama).

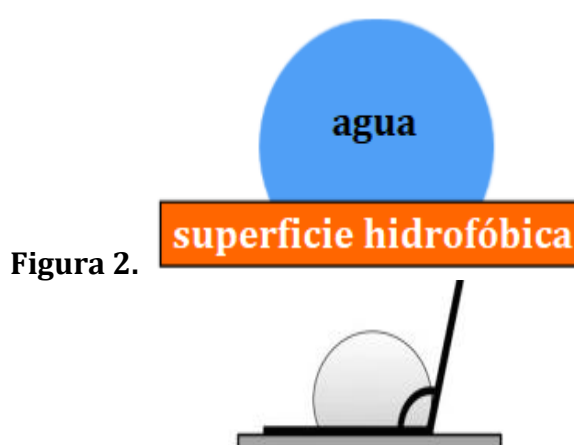
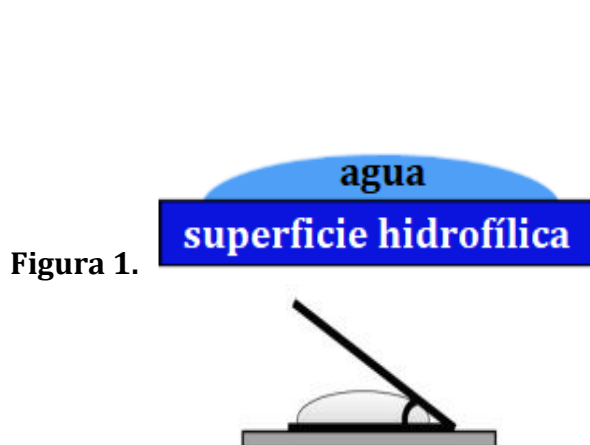
**Hidrofóbico:** tiende a no disolverse, mezclarse o humedecerse con agua.

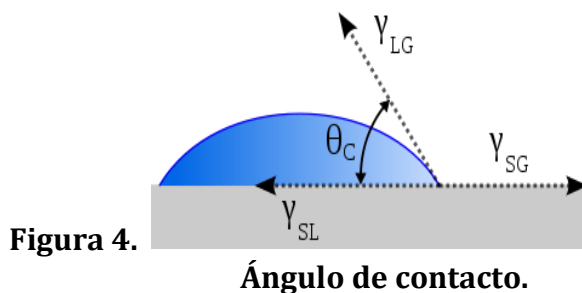
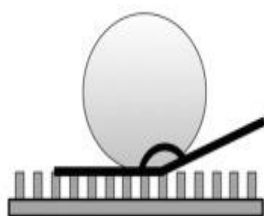
- Hidro (agua) fóbico (miedo).

La interacción que impulsa estos resultados observados es la relación entre fuerzas cohesivas y adhesivas. La fuerza cohesiva es la categoría general de las fuerzas intermoleculares entre moléculas similares (las mismas), que en este caso son las moléculas de agua. Las fuerzas adhesivas son la categoría general de las fuerzas entre moléculas diferentes. En este caso, las fuerzas adhesivas actúan entre el agua y la superficie sobre la que descansa. También hay una fuerza adhesiva entre las moléculas de agua y aire. Tenga en cuenta que las fuerzas cohesivas y/o adhesivas entre las moléculas pueden ser de naturaleza repulsiva o atractiva, dependiendo de la distribución de cargas de las moléculas contribuyentes.

Se dice que una superficie es hidrofóbica cuando las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua son mayores que las fuerzas adhesivas entre el agua y la superficie. En este caso, el agua asume la forma energéticamente eficiente de una esfera (Figura 2).

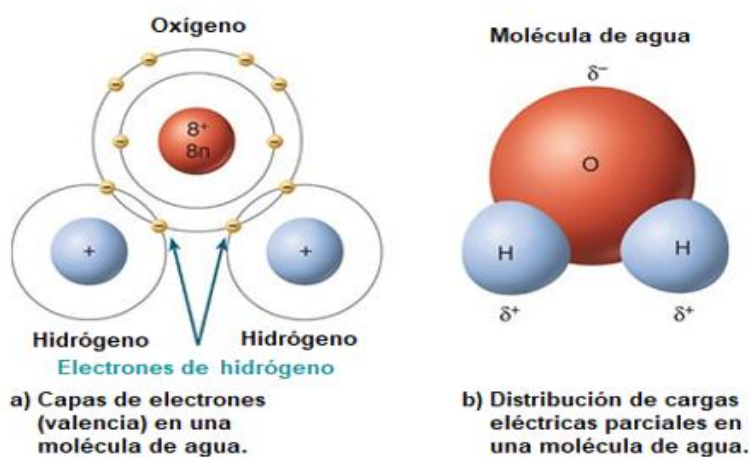
El grado de hidrofobicidad está determinado por el ángulo de contacto (Figura 4), que es el ángulo formado donde la interfaz del líquido se encuentra con la superficie. Si el ángulo de contacto entre el agua y la superficie es de  $90^\circ$  o más, la superficie es hidrofóbica (Figura 2); si está por debajo de  $90^\circ$ , se dice que la superficie es hidrofílica (Figura 1); si el ángulo de contacto excede los  $150^\circ$ , la superficie se considera superhidrofóbica (Figura 3).





La fuerza de cohesión entre las moléculas de agua tiene el nombre específico de "puentes de hidrógeno". Los puentes de hidrógeno y, por lo tanto, la fuerza de cohesión dentro de una gota de agua se debe a la naturaleza polar de la molécula de agua.

**Figura 5. Molécula de agua (polar).**

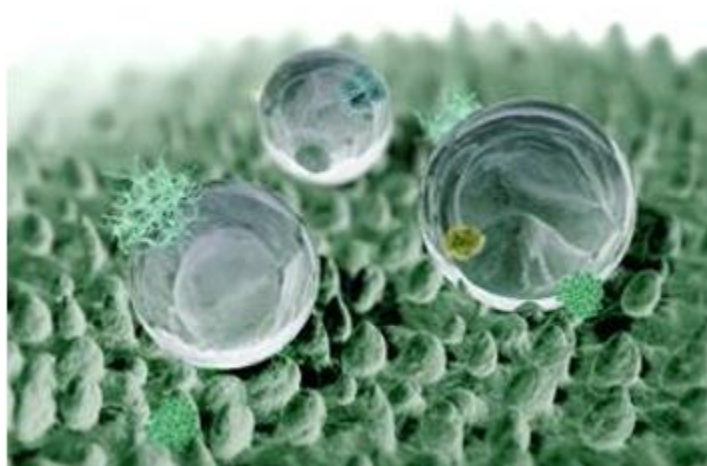


Ref.: [alevelnotes.com](http://alevelnotes.com)

Dentro de la molécula de agua, los electrones de los dos átomos de hidrógeno son más atraídos hacia el núcleo positivo del átomo de oxígeno (que contiene 8 protones) que hacia el único protón en el núcleo del átomo de hidrógeno. Esta atracción de los electrones hacia el átomo de oxígeno da como resultado que los protones positivos en los átomos de hidrógeno estén "expuestos".

Esto significa que la porción de la molécula de agua donde se ubica el átomo de oxígeno tendrá una carga negativa la mayor parte del tiempo, y que la porción de la molécula de agua donde se ubican los átomos de hidrógeno tendrá una carga positiva la mayor parte del tiempo. Al dibujar una molécula de agua, esta distribución de carga no uniforme se designa con la letra griega (minúscula) delta,  $\delta$ , con un símbolo positivo o negativo como superíndice. Por lo tanto, una molécula de agua se define como una molécula polar donde existe una distribución desigual de cargas dentro de la molécula.

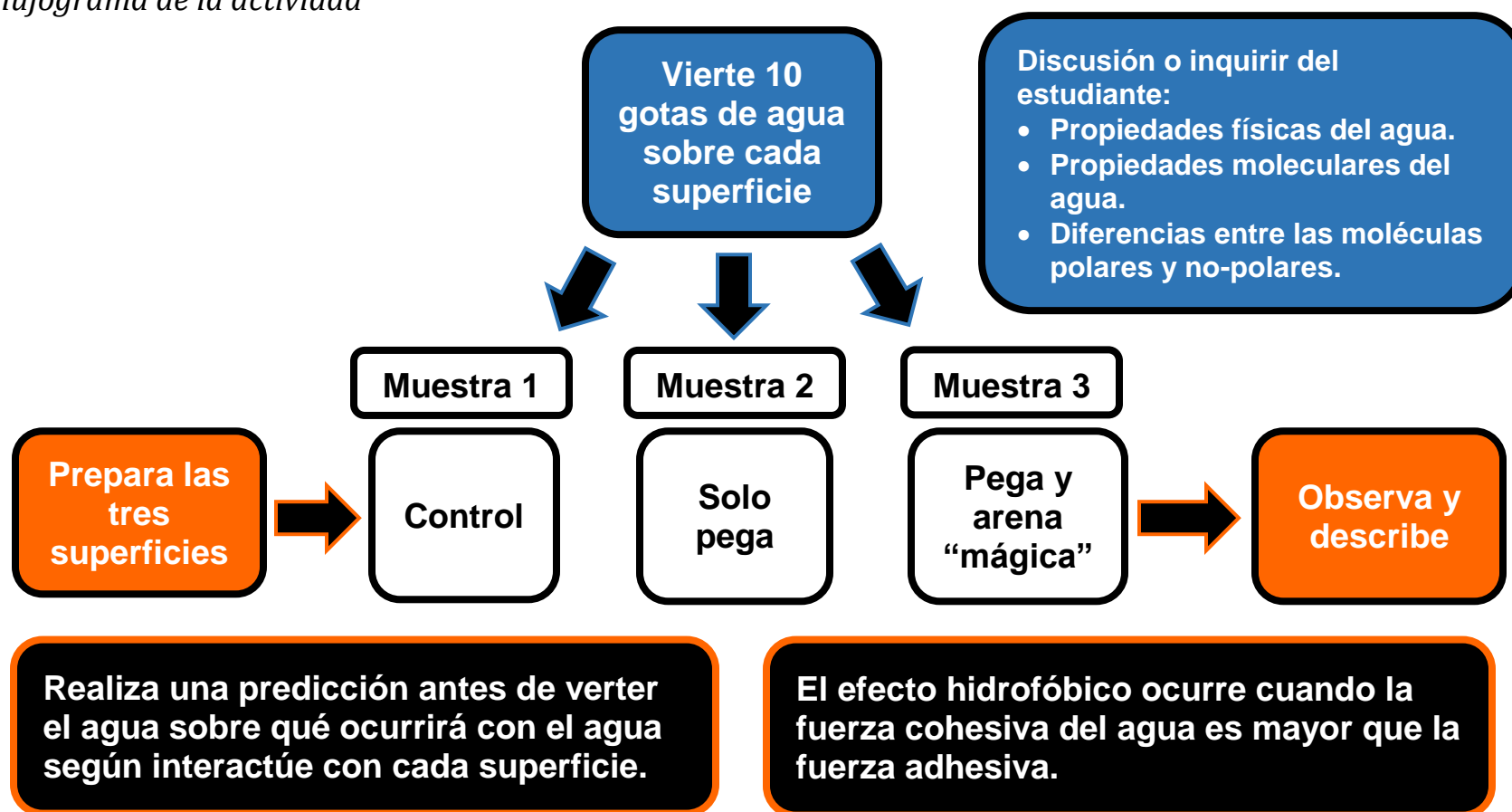
Las superficies superhidrofóbicas son el resultado de una combinación de la estructura física y química de la superficie. Una superficie superhidrofóbica utiliza las estructuras en la nanoescala, así como las propiedades no polares de la cubierta, para crear una superficie que no puede humedecerse con agua. En la arena llamada "Magic Sand" se recubren las nanoestructuras sobre la arena con un polímero para crear una superficie superhidrofóbica.



**Figura 6. Las nanoestructuras sobre una hoja de Loto.**

## Actividad de aprendizaje: Superhidrofobicidad

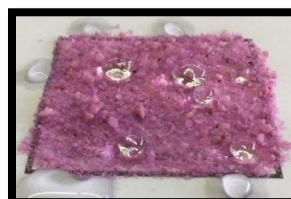
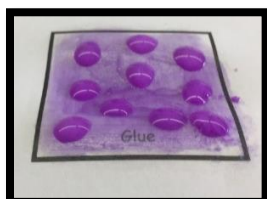
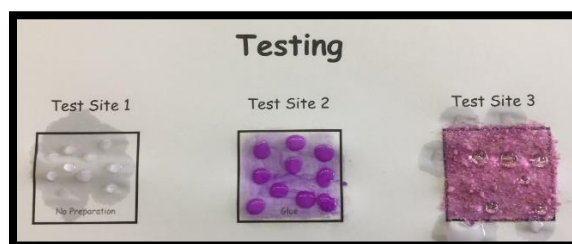
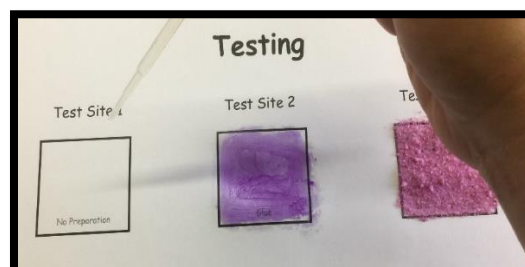
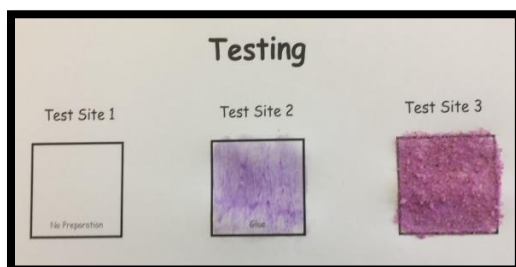
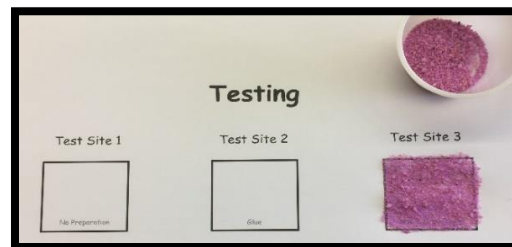
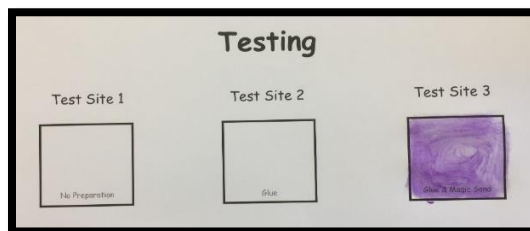
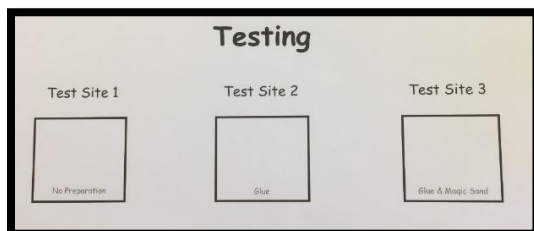
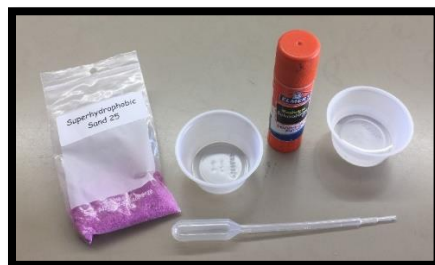
*Flujograma de la actividad*



*Video de la actividad*

- <http://nano-link.org/nano-infusion/magic-sand> (se puede descargar la Actividad de Superhidrofobicidad)

## Imágenes de la actividad





## Actividad de aprendizaje: Superhidrofobicidad

### Materiales

- *Arena tratada químicamente* (“Magic Sand”)
- *Hoja de trabajo para las tres muestras*
- *Pipeta o gotero*
- *Pega* (“glue stick” resistente al agua)
- *Agua*
- *Papel secante o absorbente*
- *Otros líquidos: aceite, jabón, agua salada, agua azucarada, isopropanol, acetona.*

Los materiales escritos en itálicas están incluidos en el “kit”.

### Procedimiento: Actividad 1

1. En la hoja de trabajo hay tres recuadros, cada uno se utilizará para realizar una prueba. 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.
2. Mientras se secan las muestras, predice lo que ocurrirá cuando se apliquen varias gotas de agua a cada una de las tres superficies.
3. Utiliza una pipeta para colocar varias gotas de agua en cada una de las superficies y anota las observaciones en la hoja de trabajo.
4. Repite el procedimiento usando otros líquidos (aceite, alcohol, agua salada).

### Procedimiento: Actividad 2

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



## 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? Considera los ejemplos de la hoja de Loto vs. la piel humana.
- El estudio de las superficies hidrofóbicas envuelve diferentes campos científicos. ¿Cómo lo que trabajaste hoy se aplica en biología, física y química?
- ¿Cuáles son algunas aplicaciones de esta tecnología?

## Usos presentes y aplicaciones futuras

Hay muchas aplicaciones de hidrofobicidad actualmente en el mercado. Los productos como “Rain X”, “Never Wet” y “Oakley Hydrophobic” son cubiertas que se le pueden aplicar a una superficie para crear una capa superhidrofóbica que repele el agua, aceite e incluso el sucio. Las aplicaciones futuras incluyen vehículos con propiedad de autolimpieza donde se utiliza una pintura superhidrofóbica especial para evitar que el agua, los aceites, el polvo y otras partículas se acumulen en la superficie del automóvil. Nissan ya está experimentando con vehículos con propiedad de autolimpieza aplicando un acabado de pintura “Ultra-Ever Dry” en su modelo “Nissan Note Supermini”. Otra aplicación futura es el sistema de recolección de vapor que utiliza una superficie superhidrofóbica e hidrofílica para recolectar agua de la lluvia y el aire circundante. Este dispositivo es ideal en lugares con muy poca lluvia.

## Recursos multimedia

### Videos

- <http://www.youtube.com/watch?v=VgrA5vNryQk> “Clean-n-Clean Side by Side” (0:46).
- <http://www.youtube.com/watch?v=berp-odsKFo&NR=1> “Sandia National Laboratories 4:12 Superhydrophobic coating (2008 R&D 100 winner)”.
- “Nanoprotect”. En esta página se describe un producto disponible que se puede comprar para añadir una aplicación de nanotecnología al vidrio.  
<http://www.nanoprotect.co.uk/nano-for-household.html>
- <http://www.techtimes.com/articles/6076/20140427/nissan-develops-self-cleaning-car-goodbye-carwash-video.htm>
- <http://www.oakley.com/innovation/optical-superiority/hydrophobic>

### Simulaciones

- Ninguna

### Artículos

1. “Scientific American – Self-Cleaning Materials: Lotus Leaf-Inspired Nanotechnology”  
<http://insurftech.com/docs/links/Related-Papers/Article-1-Scientific-American-Self-Cleaning-Materials-Lotus-Effect.pdf>
2. <http://www.colettebazirgan.com/vhs.pdf>

## Reconocimientos

- Contribuyentes – Desarrollado por Tom Deits, PhD anteriormente de “Lansing Community College”; Kristi Jean, PhD de “North Dakota State College of Science” y Deb Newberry de “Dakota County Technical College”. Traducido al español por Rodfal A. Rodríguez y María T. Rivera de Cupey María Montessori School.