

# NANOOZE



**ENTREVISTA CON  
EL NANOCIENTÍFICO  
SETH DARLING  
EL DESCUBRIMIENTO  
DE ADN  
NANOÁRBOLES**



Año Internacional de  
**LA QUÍMICA**  
2011

## ¡Bienvenidos a Nanooze!

Estarás preguntándote, ¿qué es Nanooze? (suena como nanús). Nanooze no es una cosa. Nanooze es un lugar donde podrás informarte de lo más reciente en el campo de la ciencia y la tecnología. ¿De qué cosas te enterarás? Mayormente conocerás sobre los descubrimientos de un mundo demasiado pequeño que no se puede ver a simple vista. Además, aprenderás

sobre la nanotecnología y la fabricación de cosas muy pequeñas como el chip de la computadora. También, conocerás de lo más reciente en el campo de la moda y cosas importantes como lo son las bicicletas o una raqueta de tenis. Nanooze fue creado para niños y jóvenes. Aquí encontrarás artículos sobre qué es la nanotecnología y su importancia en el futuro. Nanooze está en Internet en la dirección electrónica [www.nanooze.org](http://www.nanooze.org), o lo puedes buscar

en Google "Nanooze". En la página encontrarás entrevistas con científicos, las noticias científicas más recientes, juegos educativos y mucho más.

## ¿CÓMO CONSIGO NANOoze PARA MI SALÓN DE CLASES?

Las copias de Nanooze son gratuitas para los maestros. Visita la página [www.nanooze.org](http://www.nanooze.org) para más información, o envía una solicitud de copias a [info@nanooze.org](mailto:info@nanooze.org).

Edición en inglés © 2012: Centro de Tecnología y Ciencia a la Nanoescala de Cornell. Diseñado por Emily Maletz Graphic Design. Un proyecto de la Red Nacional de Infraestructura a la Nanoescala (NNIN), financiado por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF). Versión en español © 2013: Equipo de traducción: Lorenzo E. Ross Rodríguez, Yamaira Sierra-Sastre y Dra. Yajaira Sierra-Sastre.

## Año Internacional de la Química

Todas las cosas están hechas de átomos. Bueno, casi todo. El papel en el que Nanooze está impreso, la tinta, la grapa, tú y tu perro están hechos de átomos. La luz solar no está hecha de átomos, pero las partículas pequeñas de polvo que ves moviéndose en el aire en un rayo de luz, esas partículas de polvo son menos de 100,000 nanómetros en tamaño y están hechas de átomos. En las próximas ediciones, nosotros discutiremos los cuatro conceptos importantes que están descritos a continuación. Primero, todas las cosas están hechas de átomos.

Esta revista está dedicada al Año Internacional de la Química, celebrado alrededor del mundo, en el año 2011 y oficializado por las Naciones Unidas.

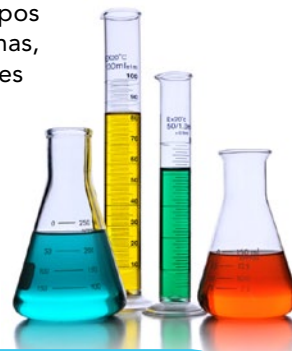


Marie Curie descubrió el elemento polonio

Los eventos fueron organizados por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés).

Un evento importante fue el aniversario número 100 del Premio Nobel otorgado a Madame Marie Curie, una científica muy famosa y una de las pocas personas en ganar dos veces este premio tan prestigioso en dos campos diferentes de las ciencias: en 1903 en física y en 1911 en química.

Madame Curie descubrió los elementos polonio y radio, y es reconocida por la frase "radioactivo". Ella usó isótopos radioactivos para tratar neoplasmas, que algunas veces forman tumores cancerosos. Marie Curie cuenta con unos logros sorprendentes.



Aprender sobre lo "nano" es divertido pero puede ser un poco complicado, por eso es bueno tener en mente estos cuatro datos:

### 1. Todas las cosas están hechas de átomos.

¡Es cierto! Tú, tu perro, tu cepillo dental, tu computadora, todo está completamente hecho de átomos. Cosas como la luz, el sonido y la electricidad no están hechas de átomos pero el Sol, la Tierra y la Luna sí están hechos de átomos. ¡Esos son muchos átomos! Y los átomos son extremadamente pequeños. Por cierto, podrías poner un millón de átomos en la punta de un alfiler.

### 2. En la escala de nanómetros, los átomos están en continuo movimiento.

Aún cuando el agua se congela y se convierte en hielo, las moléculas de agua están moviéndose. ¿Por qué no las vemos moverse? Es imposible

imaginar que cada átomo vibra, son tan pequeños que no se pueden ver con nuestros ojos.

### 3. Las moléculas tienen su propio tamaño y forma.

Los átomos se combinan para crear moléculas de distintas formas y tamaños. Por ejemplo, el agua es una molécula pequeña que está compuesta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno y se llama H<sub>2</sub>O. Todas las moléculas de agua tienen la misma forma debido al ángulo que se forma entre los enlaces de los átomos de hidrógeno con el átomo de oxígeno.

Algunas moléculas pueden estar compuestas de miles y miles de átomos. La insulina es una molécula en nuestros cuerpos que ayuda a controlar la cantidad de azúcar en la sangre.

¡La insulina está hecha de más de mil átomos! Los científicos pueden dibujar la forma de las moléculas, e inclusive construir muchas moléculas en el laboratorio.

### 4. Los materiales a escala nanométrica poseen propiedades inesperadas.

Las propiedades de la materia a escala nanométrica son distintas a las propiedades que exhiben los materiales que observamos a nuestro alrededor. Por ejemplo, la gravedad no cuenta a nivel molecular ya que existen otras fuerzas que son más poderosas que ésta. La estática y la tensión superficial se vuelven muy importantes. Lo más impresionante de la nanotecnología es que podemos hacer que las cosas se comporten de manera inesperada. **¡Las cosas son muy diferentes en el mundo nanométrico!**

# ENTREVISTA

con el Nanocientífico Seth Darling

*¿Cómo fue su niñez? Cuando era niño, ¿qué le interesó de las ciencias?* Siempre quise ser científico. La química fue mi primera área de curiosidad. Pienso que era probablemente una fascinación con la habilidad de convertir una cosa a otra y un deseo de saber cómo hacer explosiones.

*Cuando estaba buscando trabajo, ¿qué le interesó del laboratorio nacional de investigación?* Los laboratorios nacionales tales como Argonne son lugares extraordinarios porque es also parecido a los laboratorios de investigación de la universidad, que están enfocados principalmente en la ciencia básica, y los laboratorios de investigación industrial, que se enfocan en el desarrollo de productos. Eso nos permite ampliar el rango de la investigación, lo cual incluye convertir ideas nuevas en tecnologías innovadoras.

Para mí es perfecto trabajar en un laboratorio del Departamento de Energía porque mi trabajo trata mayormente sobre la energía solar, y es muy divertido trabajar en un ambiente lleno de expertos multidisciplinarios, enfocados en traer soluciones al problema de energía.

*¿Cómo son sus días en el trabajo? ¿Qué clase de ciencia usted hace?* Ningún día es igual. Paso tiempo en el laboratorio realizando experimentos. También redacto y reviso artículos científicos, trabajo en propuestas para fondos de investigación, presento mi trabajo a otros científicos y participo de actividades en escuelas y museos. Pero mi parte favorita consiste en la planificación de experimentos y discusiones sobre ciencia.

Mi investigación ya no tiene que ver solamente con la química o la física, lo cual es una situación común para los nanocientíficos. Ahora mi grupo trabaja en una mezcla de esos campos y la ciencia de materiales, la ingeniería

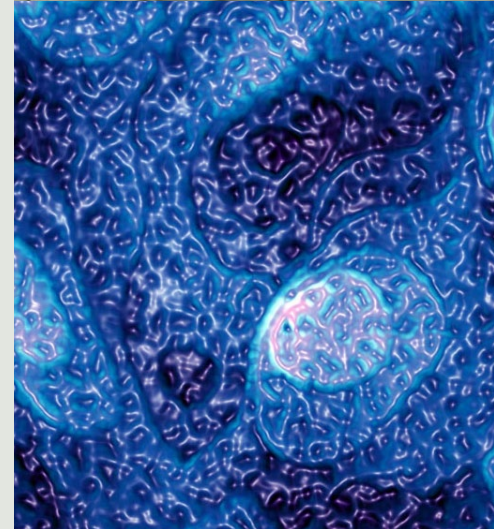
eléctrica y hasta un poco de economía. Nuestro enfoque es la energía solar pero también estudiamos temas como el autoensamblaje (materiales que se organizan entre sí) y la fabricación de patrones a la nanoescala.

*Usted ganó el primer premio de la Fundación Nacional de Ciencias en la competencia llamada Reto de Visualización (Visualization Challenge) con la imagen titulada Mar Picado (Rough Waters). ¿Planificó usted tomar esa imagen o simplemente ocurrió?* Nosotros coleccionamos datos que son la base de esta imagen como parte de un experimento. No teníamos la intención de capturar algo hermoso. La estructura que exhibía la capa molecular lucía genial, por lo tanto hicimos un poco de trabajo para darle a esta imagen un color y apariencia hermosa y ese fue el resultado.

*Usted necesita un instrumento especial llamado microscopio de fuerza atómica. ¿Cómo eso funciona?* Un microscopio de fuerza atómica (AFM) es básicamente un tocadiscos muy especializado. Los tocadiscos son aquellos que usan los DJs para crear efectos de sonido. El AFM funciona en una forma completamente diferente a los microscopios ópticos y es normalmente usado para “ver” cosas demasiado pequeñas que no pueden ser vistas utilizando la luz visible. El AFM utiliza una punta afilada que se mueve sobre una superficie para sentir las estructuras y formas de la misma.

Un láser que rebota desde la parte posterior de la punta es utilizado para medir los pequeños movimientos. El AFM puede ver hasta moléculas individuales si la punta está bastante afilada y no hay muchas vibraciones en el ambiente.

*¿Qué son esas estructuras en la imagen?* En esta imagen hay dos tipos de estructuras. Hay estructuras grandes y redondas y también



## Creando 'Olas'

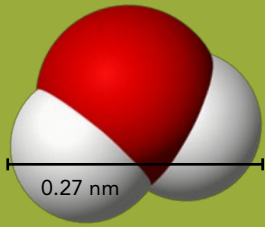
Esta premiada imagen a la nanoescala de Seth, titulada "Rough Waters" (Mar Picado), fue creada en un laboratorio con un microscopio de fuerza atómica.

se pueden observar pequeños hoyuelos. Las estructuras grandes son en realidad diferentes capas de átomos de la superficie de oro que está debajo de la capa de moléculas. Los pequeños hoyuelos son el resultado de la presencia de dos tipos de moléculas de diferentes alturas en la superficie de oro. Esta diferencia en altura es poca, menos de una mil millonésima parte de un metro, pero un AFM puede medirlo con exactitud.

*¿Usted cree que podría convertirse en artista y dejar la vida de un científico?* Definitivamente no hay planes para dejar de ser científico. Me encanta mi trabajo. También, yo no creo que sería un buen artista. Por suerte, de vez en cuando tienes que usar algunas destrezas artísticas a la hora de preparar figuras o imágenes para comunicar tus resultados e ideas. De esa forma, aventuramos un poco con el campo artístico.

¿En qué se parece un tocadiscos a un microscopio de fuerza atómica (AFM)?





### UNA MOLÉCULA DE AGUA

Una molécula de agua tiene una masa molecular de 18 y mide cerca de 0.27 nanómetros de ancho.

# Midiendo el tamaño de una molécula

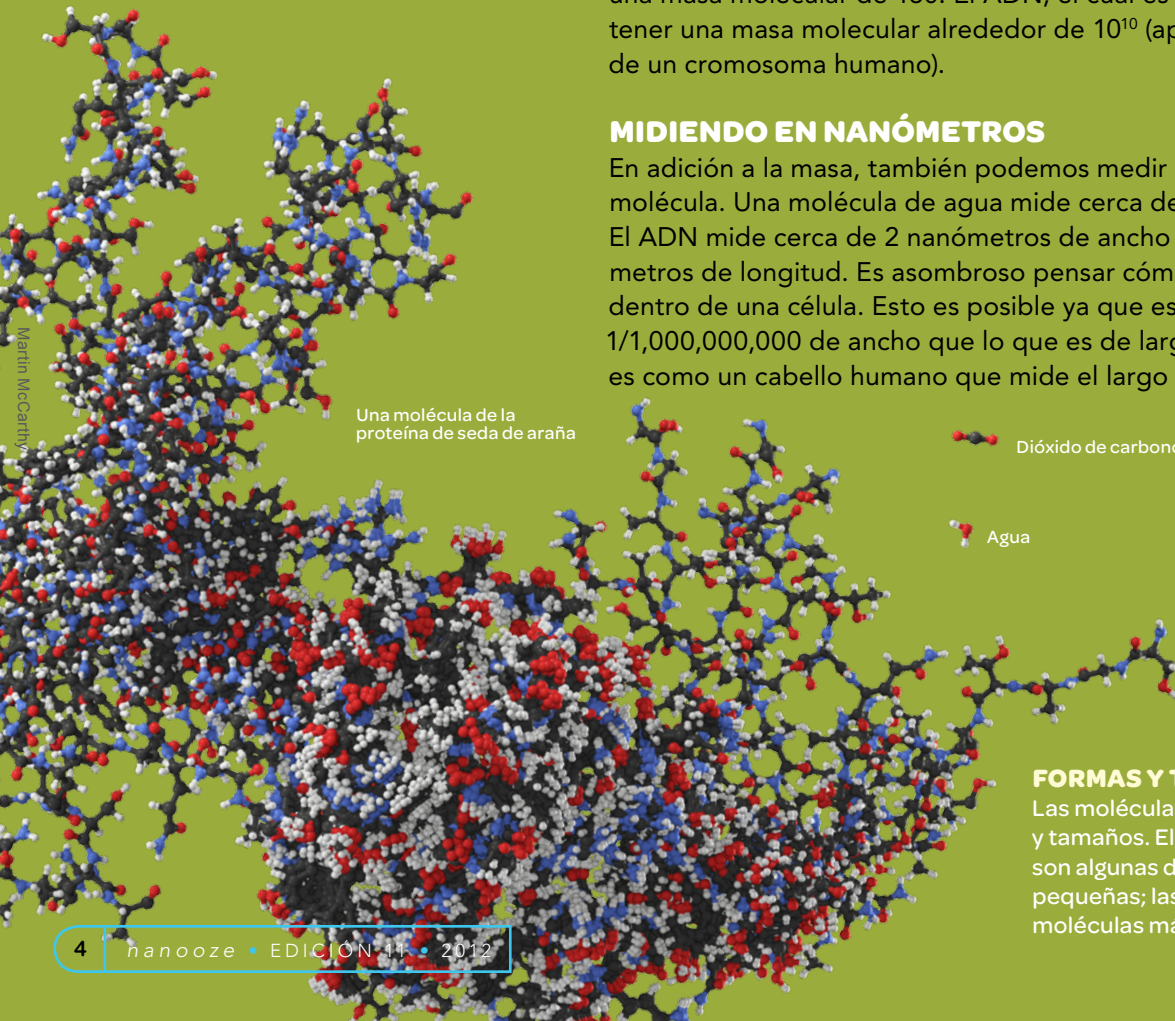
Las moléculas están hechas de átomos y todas las cosas están hechas de átomos. Bueno, casi todo ya que la luz y el sonido no están hechos de átomos. Sin embargo, las cosas que vemos cuando la luz las ilumina están hechas de átomos y nosotros escuchamos sonidos porque las moléculas en el aire transmiten energía acústica de un lugar a otro.

### PESO MOLECULAR

Las moléculas tienen tamaño y diferentes moléculas tienen diferentes tamaños. Al hablar del tamaño de una molécula, la mayoría de los científicos mencionarán su masa molecular. Eso es la masa total de todos los átomos en la molécula. Por ejemplo, el agua que está compuesta por dos átomos de hidrógeno (1 unidad de masa atómica cada uno) y un átomo de oxígeno (16 unidades de masa atómica) tiene una masa molecular de 18 (bueno, 18.01528 para ser exacto). La glucosa tiene una masa molecular de 180. El ADN, el cual es muy largo, puede tener una masa molecular alrededor de  $10^{10}$  (aproximadamente el peso de un cromosoma humano).

### MIDIENDO EN NANÓMETROS

En adición a la masa, también podemos medir cuán grande es una molécula. Una molécula de agua mide cerca de 0.27 nanómetro de ancho. El ADN mide cerca de 2 nanómetros de ancho y puede estirarse hasta metros de longitud. Es asombroso pensar cómo el ADN así de largo cabe dentro de una célula. Esto es posible ya que es muy delgado, cerca de  $1/1,000,000,000$  de ancho que lo que es de largo. Esa razón ancho a largo es como un cabello humano que mide el largo de un campo de fútbol.



Una molécula de la proteína de seda de araña

Dióxido de carbono

Agua

### FORMAS Y TAMAÑOS

Las moléculas tienen diferentes formas y tamaños. El agua y dióxido de carbono son algunas de las moléculas más pequeñas; las proteínas son unas de las moléculas más grandes.

# Cómo las moléculas toman forma

¿Tienen las moléculas forma o sólo son una masa amorfa gelatinosa? Bueno, las moléculas sí tienen forma (hasta las moléculas que componen la gelatina tienen forma). La forma de las moléculas es importante. Algunas moléculas, como las enzimas (que son proteínas), tienen formas que las ayudan hacer su trabajo.

## AMINOÁCIDOS

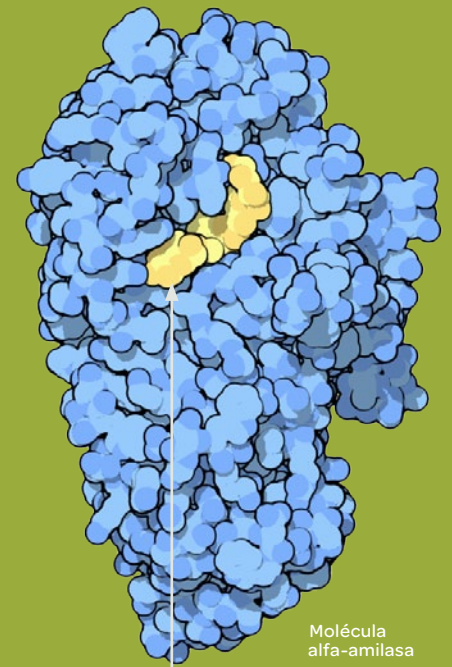
Las proteínas se componen de filamentos largos de aminoácidos. Hay cerca de 20 diferentes aminoácidos que se encuentran comúnmente en la naturaleza y, como las bases en el ADN, la secuencia de aminoácidos es importante. Estos filamentos de aminoácidos se enrollan porque los aminoácidos forman enlaces débiles entre sí. Cada aminoácido interactúa con otros aminoácidos en la proteína para darle una forma específica.

## ENZIMAS Y ALMIDÓN

Las enzimas que rompen el almidón también tienen una forma determinada que las ayuda a cortar moléculas largas de almidón en pedazos pequeños. El almidón es una molécula larga y delgada compuesta de muchas moléculas de glucosa. El almidón mide cerca de 1.4 nanómetros de ancho (poco menos que el ADN), ¡y puede medir más de 10,000 nanómetros de largo!

## NANOSURCOS

La enzima que rompe el almidón, alfa-amilasa, tiene un surco hondo y la molécula de almidón cabe en ese surco. El surco mide tan sólo 3 nanómetros de ancho (esto es 1/30,000 el ancho de un cabello). Una vez el almidón está dentro de ese surco, un grupo especial de aminoácidos trabaja y rompe los enlaces que aguantan la molécula de almidón. Esto funciona gracias a la forma de la enzima, la manera en que aguanta el almidón y la cercanía de esos aminoácidos en la enzima. Si mueves esos aminoácidos especiales por tan sólo unos nanómetros, la enzima dejará de funcionar.



Molécula alfa-amilasa

## EL SITIO ACTIVO DE UNA MOLÉCULA

El surco en la enzima y los tipos de aminoácidos trabajan juntos para formar lo que se llama el "sitio activo".

El sitio activo de cada enzima es diferente, pero cada sitio activo tiene una forma única y un grupo de aminoácidos específicos que lo ayudan a hacer el trabajo.



## CAMBIANDO LA FORMA DE LAS MOLÉCULAS

Toma una proteína y caliéntala; a veces pierde su forma y se convierte en una masa amorfa. Sólo fríe un huevo y las proteínas en la clara del huevo se tornan blancas, lo que indica que las proteínas se han aglomerado al perder su forma. Lo mismo ocurre cuando se prepara queso a partir de la leche; las proteínas en la leche forman aglomerados y el resultado es el queso.

# La forma molecular más famosa

Piensa en la forma de una molécula. ¿Qué imagen viene a tu mente? Probablemente la forma de doble hélice del ADN. Es tan familiar que cuando tú observas una doble hélice inmediatamente piensas en el ADN.

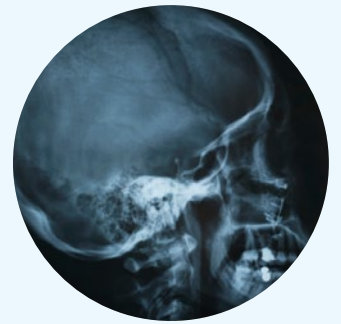
La forma de doble hélice del ADN fue descubierta por Francis Crick y James Watson en 1953.

Ellos ganaron el Premio Nobel por su trabajo, en el cual ayudaron unas cuantas personas, incluyendo a Rosalind Franklin, quien usó rayos-X para descifrar la estructura del ADN. Los rayos-X son muy poderosos y son usados para observar tus dientes o hasta un hueso fracturado ya que éstos pueden penetrar la piel.

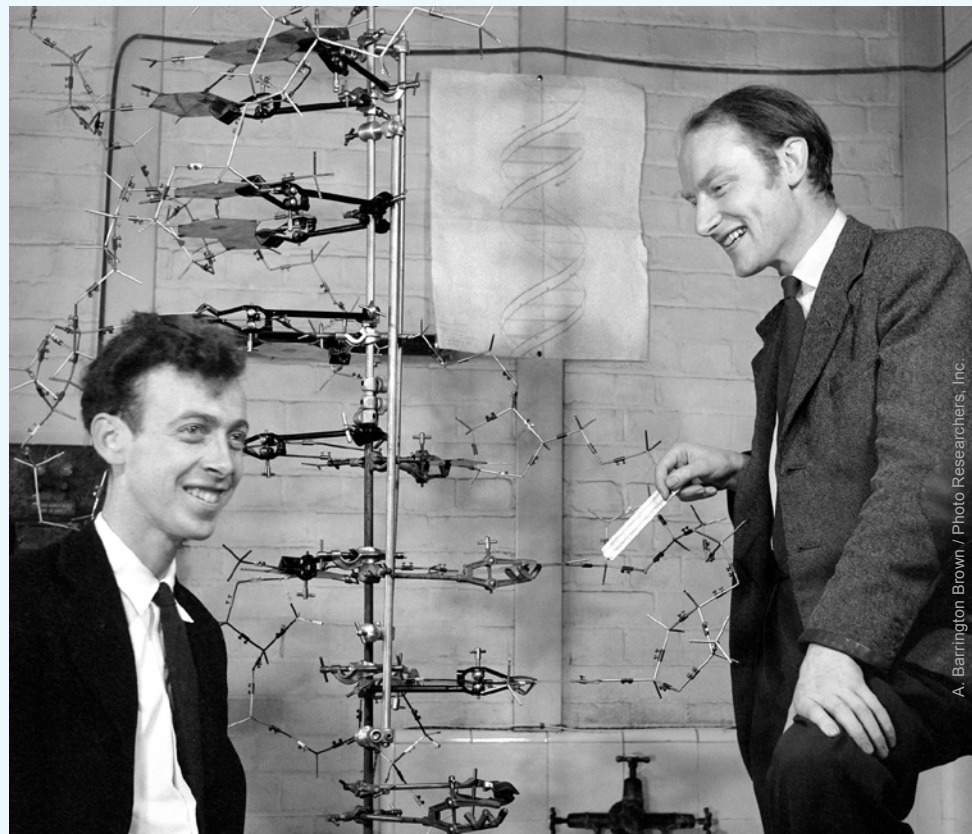
Si las moléculas se cristalizan, entonces su forma puede descifrarse usando rayos-X. Piensa en las bolas de billar golpeándose unas con otras. La bola que tu golpeaste puede que vaya en una dirección y si

eres un buen jugador de billar puedes adivinar a donde irá la bola. El descifrar la forma de una molécula usando rayos-X es casi como eso, ya que también se puede predecir la manera en que los rayos-X rebotan de una molécula. Esto se conoce como difracción de rayos-X. Watson y Crick usaron unos rayos-X que Rosalind Franklin tomó para descubrir la estructura del ADN.

La forma del ADN, como toda molécula, está determinada por los átomos y enlaces entre ellos.



¿Qué tienen que ver un juego de billar y los rayos-X con la forma de las moléculas?



**James Watson (izquierda) y Francis Crick con su modelo de ADN. Ellos publicaron sus hallazgos sobre la estructura de ADN en 1953 y fueron premiados con el Premio Nobel en 1962.**



# “Viendo” las formas de las moléculas

¿Cómo sabemos si una molécula tiene forma? Bueno, hay varias maneras, pero la más directa es usando un microscopio poderoso como el microscopio de fuerza atómica (AFM). Eso es lo que Seth Darling usó para “ver” los materiales cuyas superficies a la nanoescala parecían como olas en el océano.

**El microscopio más poderoso del mundo no ve cosas usando luz.**

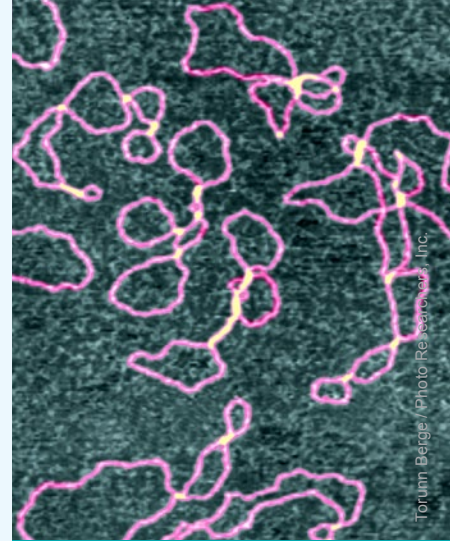
Este microscopio ve cosas sintiendo con una punta afilada en el extremo de algo que parece una aguja. La punta es tan afilada que mide sólo unos átomos de

ancho, por lo tanto al moverse sobre algo pequeño, como una molécula, puede sentir la forma.

Estos microscopios poderosos se llaman microscopios de fuerza atómica (AFM), porque pueden ver cosas sintiendo las fuerzas entre átomos. Así que con un microscopio de fuerza atómica puedes ver cosas tan pequeñas como lo es un filamento de ADN o hasta átomos individuales.

Estos microscopios usan computadoras para convertir la información obtenida al tocar la superficie, en una vista tridimensional del objeto. Así que con el microscopio más poderoso del mundo los científicos pudieron ser capaces de “ver” ADN e informar que tiene forma de doble hélice, tal y como Watson y Crick señalaron hace 50 años atrás. O más reciente, Seth Darling fue capaz de “ver” su material.

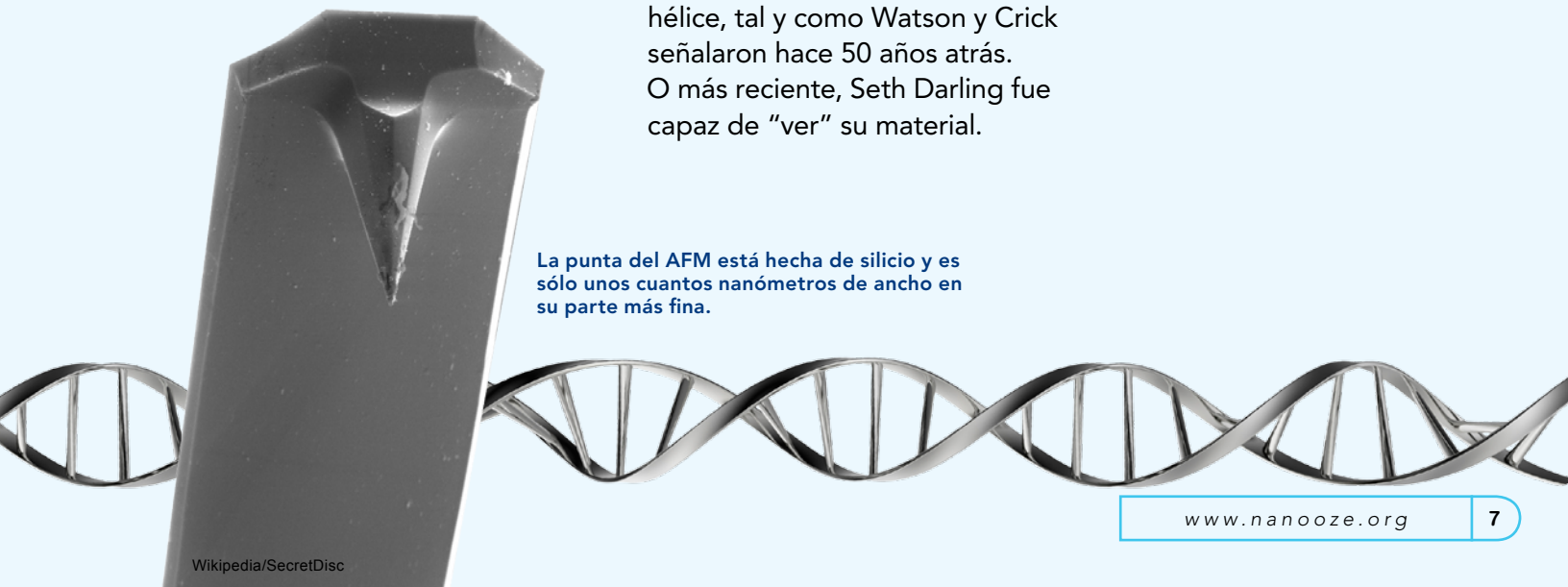
La punta del AFM está hecha de silicio y es sólo unos cuantos nanómetros de ancho en su parte más fina.



**Imagen de plásmidos de ADN capturada por un microscopio de fuerza atómica a una magnificación de 75,000X.**

**Los plásmidos son moléculas de ADN circulares que se encuentran en algunas bacterias y células de levadura.**

**Estos plásmidos codifican para diferentes cosas, incluyendo la resistencia a los antibióticos y, en algunos casos, toxinas que te pueden enfermar.**



# ¿Un bosque pequeño?

¡A veces la ciencia es muy genial!



Esta imagen muestra el resultado inesperado de un experimento— un agregado de nanoestructuras de oro en forma de árboles pequeños.

Jeong-Hyun Cho

¿Se puede predecir todo lo que hacemos en la ciencia? ¡No! ¿Salen siempre las cosas de la forma en que las planificamos? Tampoco. La mayor parte del tiempo la ciencia es sólo eso: planificas y esperas con entusiasmo los resultados del experimento.

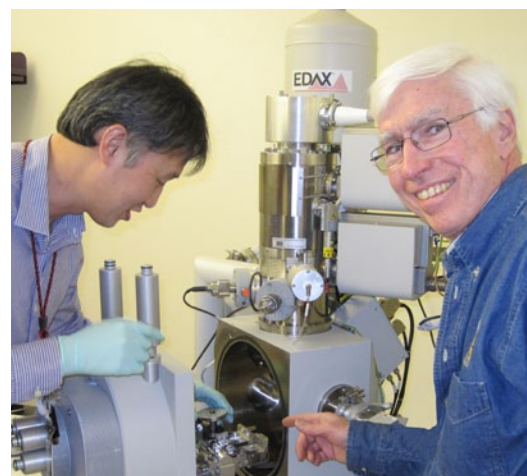
A veces las cosas funcionan de manera inesperada. Toma esta imagen de ejemplo. Parece como un montón de árboles, quizás árboles pequeños o tal vez un bosque pequeño con osos pequeños. Esos arbolitos son nanoalambres de silicio recubiertos con unas gotitas de oro en la parte superior. Los troncos son alrededor de 1.5 nanómetros de ancho.

El oro es usado como un catalizador para “hacer crecer” diferentes tipos de nanoalambres. El oro toma átomos de silicio de moléculas en el estado gaseoso y comienza a construir los alambres hechos de silicio. Este proceso se llama “deposición química en fase de vapor”. A medida que el alambre se hace más largo, el oro es empujado

hacia arriba. Algo así como un árbol en crecimiento, excepto que el árbol crece desde la “semilla” de oro.

¿Son estos nanoárboles verdes con troncos marrones? No exactamente. En la escala nanométrica no hay color ya que los objetos son más pequeños que la longitud de onda de la luz visible. Esta imagen, capturada con un microscopio electrónico muy poderoso, fue coloreada por un científico muy creativo con la esperanza de que pudieras imaginar que eran árboles de tamaño nanométrico.

*“La síntesis de nanomateriales nuevos es como cocinar, sólo tienes que usar herramientas e ingredientes completamente nuevos. Nunca sabrás exactamente qué resultará en el primer intento- pero con la práctica logramos unos platos gourmet bien bonitos”. - Tom Picraux*



## Los científicos detrás de los nanoárboles

Tom Picraux (derecha) y Jeong-Hyun Cho en el Centro de Nanotecnologías Integradas (CINT) del Laboratorio Nacional de Los Alamos. Jeong-Hyun Cho saca la muestra del microscopio electrónico de barrido donde la imagen inesperada de los nanoárboles fue capturada.