

DESDE LA PATAGONIA

LA ODISEA DEL 2001

Un viaje fantástico por la nanociencia y nanotecnología.

por **Rodolfo D. Sánchez**

En 1966 se estrenó la película *Viaje Fantástico* (*Fantastic Voyage*) cuyo argumento se enmarca en el contexto de la Guerra Fría. Las dos potencias en pugna han desarrollado la tecnología necesaria para disminuir los objetos de tamaño, pero solo por una hora. El científico Jan Benes encontró cómo conseguir que la duración de la miniaturización se extienda en el tiempo, pero antes de transmitir su saber sufre un intento de asesinato y como consecuencia queda en coma con un coágulo en el cerebro. Para salvar la vida de Benes, un pequeño submarino oceanográfico nuclear, el *Proteus*, junto a su tripulación y personal médico son reducidos e introducidos en su torrente sanguíneo para destruir el coágulo con rayos láser. Esto debe ocurrir antes que se cumplan los 60 minutos: salvar la vida del científico y conseguir el secreto para que lo reducido en tamaño permanezca así en el tiempo. Probablemente esta película haya sido la primera que introdujo en el cine ideas de la nanotecnología, sin mencionarlas explícitamente. Estas ideas surgirán con fuerza en el ámbito científico y en la sociedad 40 años después.

Pero ¿qué tan pequeñas pueden ser las cosas? Esta pregunta viene de muy atrás en el tiempo, en el siglo V a.C., ya los filósofos griegos Leucipo y Demócrito se habían cuestionado: ¿qué ocurre si dividimos la materia, y a una de estas divisiones la volvemos a partir, y así sucesivamente seguimos las particiones o divisiones? Los griegos concluyeron que se llegaría a algo muy pequeño e indivisible, y a esa parte la llamaron átomo. La humanidad iba a tardar unos 2.300 años para retomar este concepto y de la mano de un químico británico, John Dalton, en la primera década de 1800. Desde allí comenzó una carrera donde se identificaron diferentes clases de átomos, se midieron

sus masas, se pudo saber qué tamaño tienen, cómo se combinan entre sí y se los clasificó según sus propiedades, construyéndose la Tabla Periódica. También aprendimos que son divisibles en partículas subatómicas llamadas electrones, protones y neutrones, pero los átomos son la última parte más chiquita que mantiene su identidad, sus propiedades y que asociándose con otros átomos diferentes forman compuestos (o moléculas) formando todos los materiales que se conocen, los que brindó la naturaleza y un sinnúmero de materiales diseñados y contruidos por la humanidad. Todo este saber explosivo de los últimos 200 años revolucionó la química, la física y la biología. Utilizando estos pequeños ladrillos, como un juego de bloques, se puede llegar a cualquier ser vivo u objeto material inanimado que nos rodea. No solo en este planeta, en todo el universo formando parte de estrellas, planetas y satélites.

A los físicos nos gusta tomar como origen de la nanociencia la famosa charla *There's Plenty of Room at the Bottom* (Hay mucho espacio allá abajo) del carismático Richard Feynman donde, en 1959, planteó la idea de manipular átomos individuales. Pero no utilizó el término nanotecnología. Quién acuñó por primera vez el término nanotecnología fue Norio Taniguchi, un ingeniero japonés, de la Universidad de Tokio. En 1974 publicó un artículo titulado "*On the Basic Concept of Nano-Technology*" (Sobre el concepto básico de la nanotecnología). Taniguchi trabajó en las décadas de 1960 y 1970 con películas delgadas de semiconductores y su fresado utilizando haces de iones, proceso que ayudó a la miniaturización de transistores en electrónica y de los dispositivos electrónicos que hoy usamos a diario. El verdadero boom comunicacional surge a mediados de los '80 de la mano de un ingeniero del MIT, Eric Drexler y su libro de 1986 "*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*" (Motores de creación: La era venidera de la nanotecnología). Influenciado por los avances en el campo de la biología molecular y en el desarrollo en 1981 de la microscopía de túnel de barrido (STM) que permitió "ver y mover átomos". Drexler definió la nanotecnología como la manipulación controlada de estructuras a escala nanométrica (de 1 a 100 nanómetros) para

Rodolfo D. Sánchez¹

Dr. en Física, Director del INN entre 2021 y 2024
sanchezrodolfobariloche@gmail.com

¹ Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), CNEA-CONICET, Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica.

DESDE LA PATAGONIA

fabricar materiales, dispositivos o sistemas funcionales, planteando una revolución industrial a escala atómica, donde la materia se podría programar como *software*.

¿Y qué es un nanómetro?

El nanómetro se simboliza como "nm" y es una medida de longitud. "Nano" es un prefijo del metro, lo mismo que en la palabra milímetro (mm), "mili" y "m" son los prefijos de metro. Un milímetro, es el resultado de dividir un metro en 1.000 partes iguales. Si seguimos "dividiendo" como propusieron los filósofos griegos, el resultado de dividir un milímetro un millón de veces en partes iguales es un nanómetro. Claro que no lo podemos ver con el ojo como vemos las rayitas los milímetros en una regla, ni siquiera con las lupas o con los microscopios ópticos se pueden ver. Necesitamos lupas más potentes como los microscopios electrónicos o los de efecto túnel. Sería muy engorroso escribir en notación decimal 0,000000001 m y probablemente nos equivocaríamos fácilmente al contar los ceros. Esto se simplifica con la notación exponencial 10^{-9} m donde en el exponente (-9) el signo negativo indica que se trata de ceros luego de la coma decimal y el 9 es cantidad de ceros (incluyendo el que está antes de la coma). Pero lo más fácil es usar prefijos y cada vez que nos referimos al nanómetro lo escribimos como "nm" sabiendo que 1 nm equivale a 0,000000001 m, es decir 10^{-9} m). La idea que nos tiene que quedar es que la nanotecnología es la disciplina en la que se trabaja y manipula la materia a escala de los nanómetros. El dominio de la materia a escala nanométrica no solo implica acceder a la miniaturización, sino que, además, permite encontrar nuevas propiedades en los materiales al reducir su tamaño. Por ejemplo, cuando se hacen partículas de un imán a escala nanométrica, el material deja de ser un imán. También, podemos mencionar como otro ejemplo, cuando un metal es fabricado en la nanoescala se convierte en un semiconductor y en algunos casos (como el oro), cambia su color (el oro deja de ser amarillo). Como decía Richard Feynman, hay todo un mundo allá abajo y ciertamente nos abrió a los científicos una puerta a un mundo prácticamente inexplorado.

La aparición del libro de Drexler y el grado de madurez del conocimiento científico y habilidades técnicas, inspiró a científicos, a proponer nuevos temas para tesis doctorales, trabajos científicos y retos tecnológicos. En los años '90, muchos jóvenes argentinos terminamos nuestras tesis doctorales y, siendo épocas de ajuste, se cerraron los ingresos a la carrera de investigador, particularmente de la institución que se encarga

de sostener la producción de conocimiento en todas las áreas, el CONICET. Por eso, esas camadas jóvenes seguimos nuestras carreras en el exterior y algunos tuvimos la posibilidad de realizar posdoctorados en temas de nanociencia y/o nanotecnología. Podemos decir que era uno de los temas "de moda" en la física, la química, la salud, la farmacología, la cosmética y la ingeniería de materiales. Este impulso fue motivando a muchos gobiernos a participar en iniciativas apoyando el área. Una de las más importantes por su volumen de inversión fue la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de EE.UU. en el año 2000.

Volviendo al cine

En 1968 se estrenó la película 2001 Odisea del espacio, de Stanley Kubrick, una película de ciencia ficción que aborda temas como la evolución humana, la tecnología, la inteligencia artificial y la vida extraterrestre. A fines de los '90, se volvió a abrir la carrera de Investigador Científico en CONICET y algunos pudimos volver al país y comenzar nuestras carreras ya con un puesto en planta permanente. El año 2001 en Argentina fue otra odisea, ni la de Kubrick ni la que describe Homero del viaje de Ulises al regresar a Ítaca tras la Guerra de Troya. La ciencia argentina también se vio afectada nuevamente, y ahora por una nueva crisis económica donde aparecieron pseudomonedas, bonos y formas más primitivas de intercambio como el trueque. En ese contexto, los que regresamos a nuestro país y habíamos adquirido algún saber relacionado con la nanociencia, comenzamos a agruparnos. Inicialmente nos reunimos una veintena de investigadores pertenecientes en su mayoría a diferentes Divisiones de la Gerencia de Física del Centro Atómico Bariloche (CAB) en CNEA. Iniciamos reuniones y un recorrido para agruparnos en torno a la temática de Nanociencia y Nanotecnología. Estábamos aportando nuevas líneas de investigación en nuestros laboratorios y tras la idea de generar proyectos comunes, colaboraciones, infraestructura, equipamiento, recursos y actividades relacionadas con la temática. Para formalizar este grupo comenzamos haciendo una reunión para contar nuestras líneas de trabajo e incentivar las conexiones a la cual llamamos "Encuentro de Superficies y Materiales Nanoestructurados" (ver Figura 1). Para su décima edición, estos encuentros empezaron a convertirse en una reunión de carácter nacional y anual, rotando con diferentes centros académicos y geográficos del país donde se realizan actividades de nanociencia.

El contexto mundial de crecimiento de la nanociencia y proliferación de centros de investigación en la te-

DESDE LA PATAGONIA

Imagen: Gentileza del autor.

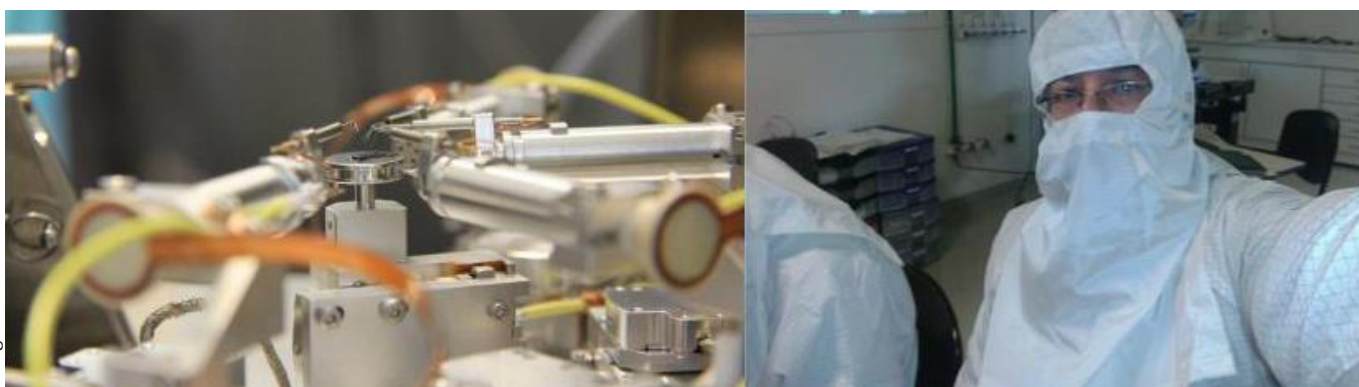


Figura 1. Participantes del “X Encuentro de Superficies y Materiales Nanoestructurados” que se realizó en San Carlos de Bariloche en 2010.

mática era profundamente motivante para que se desarrollara la experiencia en nuestro país. A nivel local, durante el período 2001 a 2010, hubo varios hechos concretos que impactaron para incorporar equipamiento relevante e infraestructura. Entre ellos podemos mencionar el cierre de la Fundación Antorchas y su último llamado a financiar importantes proyectos de investigación, dentro del cual uno en Física. También aparecieron nuevos instrumentos del Estado como los Proyectos de Modernización de Equipamiento (PME), los Proyectos de Áreas de Vacancias (PAV), de Redes y el llamado a un Proyecto de Área Estratégica (PAE) resultando todos ellos aportes imprescindibles. Hoy, instrumentos discontinuados y sin alternativas.

Al ser un gran número de investigadores de CONICET, con lugar de trabajo en la CNEA, estaba latente la idea de crear un instituto de doble pertenencia CNEA-CONICET. En este marco se originó el germen para comenzar el camino de construcción del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) tal como lo conocemos hoy. Sin embargo, este proyecto de doble dependencia debió esperar un tiempo y afianzarse institucionalmente, primero en la CNEA entre 2010 y 2017. De la CNEA se consiguió dar un impulso importante mediante un Proyecto de Inversión para equipamiento y construir una Sala Limpia en Bariloche, inaugurada formalmente en abril de 2012. Esta sala concentra gran parte del equipamiento adquirido,

Imagen: Gentileza del autor.



44 Figura 2. A la izquierda, detalle de la platina del nanomanipulador que va en la cámara del microscopio electrónico de barrido, donde están sus actuadores piezoeléctricos y las cuatro puntas de prueba. A la derecha, en la Sala limpia del INN-CAB, operando el Microscopio SEM y su nanomanipulador.

DESDE LA PATAGONIA

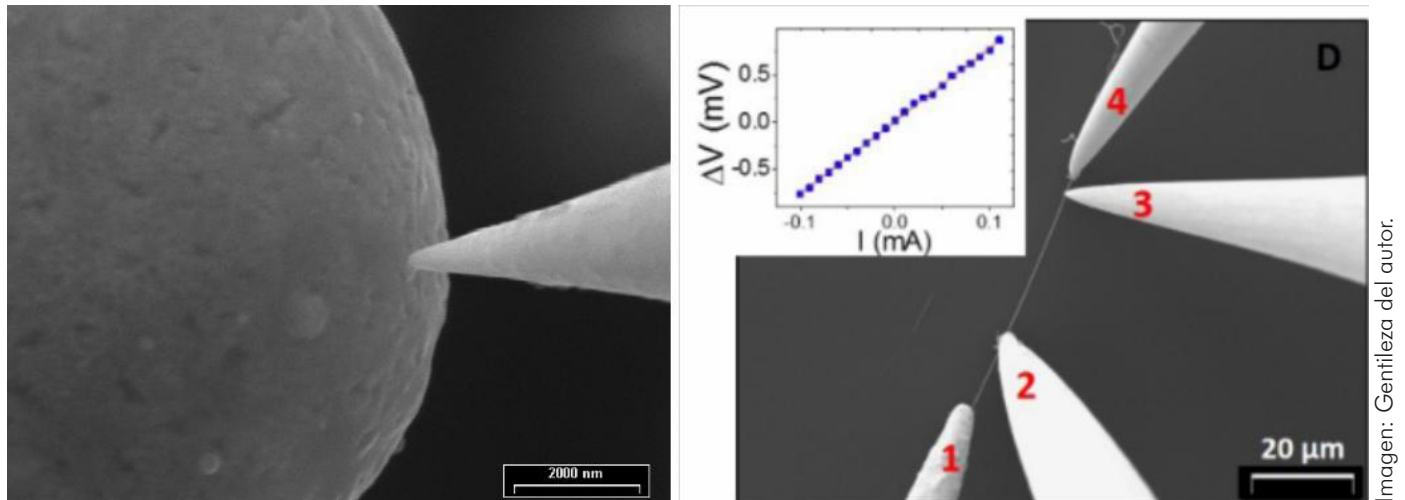


Figura 3. A la izquierda, arrastrando una microesfera de óxido. A la derecha, el contacto con las cuatro puntas de prueba del nanomanipulador sobre un nanohilo de plata. Sobre las puntas número 1 y número 4 pasa la corriente y sobre las puntas 2 y 3 se mide la caída de voltaje eléctrico, graficada en el recuadro.

Imagen: Gentileza del autor.

nuevo equipamiento de fabricación, de caracterización y de química. La transversalidad fundacional del grupo ha permitido la participación y enriquecimiento de los laboratorios tradicionales.

En julio de 2017 se firmó el Acuerdo Específico entre CNEA y CONICET conducente a la creación de la "Unidad Ejecutora Instituto de Nanociencia y Nanotecnología".

En los párrafos anteriores, relaté sucintamente un poco la historia institucional. En lo particular, una de las líneas de trabajo que desarrollamos desde nuestro grupo es la nanomanipulación de objetos y estudio de sus propiedades eléctricas. El nanomanipulador es una herramienta que trabaja dentro de un microscopio electrónico de barrido y que permite colocar nanoestructuras individuales sobre contactos eléctricos o sobre un sensor magnético (por dar un par de ejemplos) y así poder hacer otros experimentos fuera de la sala de preparación.

El nanomanipulador

El nanomanipulador consta de una platina con cuatro pequeños dedos robóticos, basado en piezoeléctricos formando picomotores y/o actuadores de tipo telescópico, los cuales terminan en puntas de tungsteno (ver Figura 2). El movimiento de cada punta se comanda con un joystick. Estas puntas, a través de una sistemática laboriosa deben ser tratadas para evitar la formación de una capa de óxido en su superficie y evitar resistencias espurias, no deseadas en el contacto. Las puntas tienen entre 10 y 50 nanómetros en su

extremo y permiten tocar, desplazar (ver Figura 3) o ubicar objetos sobre un dispositivo. También, apoyando las puntas, por ejemplo, de un nanohilo (ver Figura 3) y con un equipamiento adicional, podemos medir las propiedades eléctricas de un solo objeto. Se pasa una corriente de un determinado valor desde la punta número 1 al nanohilo y sale de este por la punta número 4. Entre las puntas 2 y 3 se mide la diferencia de potencial eléctrico que se genera tras el paso de la corriente. Para diferentes corrientes eléctricas se obtienen diferentes valores de voltaje y en este caso una respuesta lineal (ver recuadro en el gráfico de la Figura 3). El signo de los valores graficados describe el sentido de circulación de la corriente.

Epílogo

Por los vaivenes político-económicos de la Argentina, este camino desde 2001 de la nanotecnología en la Patagonia, no ha sido fácil y hemos atravesado discontinuidades, crisis y algunos momentos muy satisfactorios. Hasta hoy ha sido una verdadera odisea y, aunque los avances no hayan sido como nos hubiera gustado, sin duda los pocos pasos que hemos logrado dar nos muestra que más allá de las metas y logros que se pueden alcanzar, lo importante es poder transitar el camino. Y este ha sido un viaje fantástico.