

La Ciencia, desde Morelos para el mundo

## Entender nos enriquece

Julia Tagüeña

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos  
Centro de Investigación en Energía  
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM

La mecánica cuántica es sin duda la teoría más importante desarrollada en el siglo XX. En ella se basa la mayoría de la tecnología que ha cambiado a nuestra sociedad, como el láser y los chips de las computadoras, y es fundamental para entender el comportamiento de los átomos y las moléculas. Es la base de ramas fundamentales de la ciencia como la física del estado sólido, la física atómica, la física nuclear, la de las partículas elementales, la química cuántica y de la visión molecular de la vida. Sin embargo, es una física muy poco comprendida y poco enseñada. Inclusive, es bastante común que se la utilice equivocadamente en argumentos pseudocientíficos.

En la preparatoria se enseña la mecánica clásica, la que funciona a nivel de objetos grandes, es decir, la mecánica que sirve para hacer puentes y para entender el movimiento de los objetos, por ejemplo las pelotas en los deportes. Esta mecánica es bastante intuitiva porque se relaciona con fenómenos que vemos y muchas veces sentimos. En cambio, en la física del mundo del tamaño de los átomos pasan cosas muy raras, que contradicen nuestra intuición y nuestra experiencia cotidiana. La luz que es una onda se puede comportar como una partícula, un cuanto (quantum) de energía, llamada fotón y el electrón que es una partícula se puede comportar como onda, por la llamada dualidad onda/partícula. Tal vez su principio más difícil de asimilar es el de incertidumbre, que nos dice que no podemos tener toda la información de una partícula: si le medimos su posición perdemos precisión en la medición de su velocidad y viceversa. No podemos conocer totalmente el presente, ni el futuro. Podemos sólo hablar de probabilidades de ocurrencia.

### Podemos usar las aplicaciones de la mecánica cuántica sin comprenderlas o cuestionarlas.

La mecánica cuántica nació al principio del siglo XX y produjo entre los científicos una gran discusión de tipo filosófico, porque cambió dramáticamente el concepto de realidad y el de capacidad de medición. A Einstein, por ejemplo, no le gustaba (aunque fue uno de sus creadores al explicar el efecto fotoeléctrico con argumentos cuánticos) y se dedicó a proponer experimentos pensados para tratar de contradecirla. Nunca lo logró y ya después de muerto, el experimento finalmente realizado de la llamada paradoja Einstein,

Podolsky y Rosen (EPR), volvió a dejar a la mecánica cuántica triunfadora y ahora se conoce como el efecto EPR.

Después de la segunda guerra mundial se tomó un enfoque mucho más pragmático en la enseñanza de la mecánica cuántica en las universidades. En lugar de discutir sus implicaciones filosóficas, los estudiantes aprendieron a manipular sus ecuaciones y a resolver problemas. Aparecieron así sus aplicaciones tecnológicas, que de ninguna manera han terminado, ya que la tan famosa nanotecnología, considerada una de las tecnologías emergentes del siglo XXI, se basa en ella.

Curiosamente hay dos aplicaciones nuevas de la mecánica cuántica que están reviviendo la discusión filosófica por sus implicaciones: una es la teletransportación cuántica y otra la computadora cuántica. Estas aplicaciones, que suenan a ciencia ficción, están desde luego relacionadas. Ya se han logrado teletransportar fotones a través de distancias considerables, lo que cambiará nuestra capacidad de comunicación. Una de las aplicaciones más importantes de las computadoras cuánticas será la criptografía, para mandar (o teletransportar) mensajes secretos que no se puedan descifrar. Unas palabras sobre qué es la teletransportación. Es importante notar que no se teletransporta materia, sino la información de la estructura (por eso es imposible teletransportar un ser humano que tiene una estructura con millones y millones de partículas). El objeto desaparece, cambia su estructura y en su destino aparece otro objeto, con su estructura original. No es una duplicación. Es como una máquina de fax tridimensional que altera al objeto que fotocopia.

Se pensaba que debido al principio de incertidumbre, que nos impide tener toda la información de la estructura, no sería posible teletransportar. Pero en 1993, un grupo de IBM, encabezado por Bennett, propuso que podría lograrse usando el ya mencionado efecto EPR. En este efecto, que Einstein llamó la "tenebrosa acción a distancia", dos partículas en interacción, por más que se separen siguen afectando una a la otra. Este tipo de estado se llama estado enredado ("entanglement" en inglés). Así, si el emisor y el receptor tienen cada uno una partícula en estado enredado (hay que cuidarlas mucho, porque es un estado muy endeble que colapsa fácilmente) se pueden utilizar para teletransportar un mensaje.

El lector en este momento puede decir ¿y para qué tengo yo que saber todo esto?. Desde un punto de vista práctico, podemos usar las aplicaciones de la mecánica cuántica sin comprenderlas o cuestionarlas. Sin embargo, entender mejor a la naturaleza, al mundo que nos rodea, especialmente al que no podemos ver, sin duda nos enriquece. Cuanto más entendemos, somos más libres frente a descripciones incorrectas y más críticos en la búsqueda del conocimiento. Baste esto para buscar entender mecánica cuántica.

## ¿Es simple el agua simple?

(Primera parte)

Humberto Saint-Martin Posada,  
Investigador Titular A, T. C.  
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM

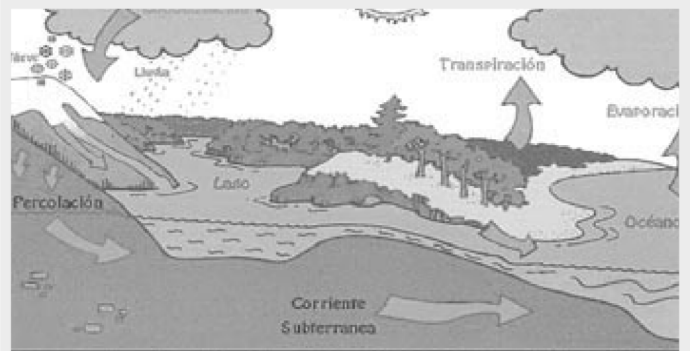
A NUESTROS LECTORES:  
Por un problema de edición, la presente colaboración se publicó la semana pasada sin el crédito correspondiente, por lo cual pedimos disculpas a su autor.

¿Cuándo aparece la vocación científica? Me parece que cuando se descubre que una "evidente verdad" no lo es, cuando se despierta una rebeldía a aceptar repetir lo que "todo el mundo sabe", y se decide poner en duda los "conocimientos establecidos". De hace ya cuatro décadas, de mis lecciones en la primaria "Proceres de la Independencia" basadas en los libros de texto gratuitos sobre Ciencias Naturales recuerdo dos de esas verdades que estaban en franca contradicción con mi experiencia cotidiana: una era que el agua era de color "blanco" y la otra que los limones eran de color "amarillo limón". Luego de una discusión con mi maestra, ella aceptó que el agua era "incolora"; en cuanto a los limones, me sorprendió el enterarme que además del fruto que yo consumía en casa, de evidente color verde, existía otro fruto, que en México llamamos "limón real" o "limón europeo", que nunca había visto, pero que sí tenía ese color amarillo al que le da su nombre. Pasaron muchos años antes de que yo tuviera en mis manos uno de esos limones reales.

En cuanto al agua, mi fascinación por ella creció al estudiar el "ciclo natural del agua" que, como todos los que hayan estudiado la primaria saben, comprende los estados sólido, líquido y gaseoso; es más, en la propia casa se tiene experiencia de esos estados de equilibrio, e incluso de las transiciones entre ellos: por ejemplo, cuando nos duchamos con agua caliente notamos la formación de una neblina en el cuarto de baño, que es el vapor de agua; además esta neblina se "pega" a los espejos, dejando una capa delgada que bien puede evaporarse de nuevo, o bien dar lugar a la condensación, la agregación para formar gotas que resbalan por la superficie del espejo. En otra zona importante de la casa, en la cocina,

dentro del congelador, ocurre el proceso de solidificación del agua, la formación del hielo, que se vuelve casi indispensable en las bebidas durante la época de calor. Estos fenómenos tan cotidianos, casi vulgares, no parecerían dignos de captar la atención de nadie; sin embargo, un momento de reflexión nos puede llevar a cambiar de opinión al preguntarnos si conocemos alguna otra sustancia que se pueda observar cotidianamente en los tres estados de agregación. Quizás algún trabajador de una fundición o algún herrero pueda decir otra cosa, pero para la mayoría de la gente la respuesta es negativa; así de especial es el agua. Tanto que durante mucho tiempo se consideró que el hielo, el agua y el vapor eran sustancias distintas. Aún ahora usamos esas palabras, en vez de referirnos a ellas como el sólido, el líquido y el gas de agua.

Cuando yo era ya un poco mayor mi grupo de primaria fue invitado a la secundaria federal No. 91, de la cual luego yo sería alumno. En esa ocasión el maestro de física nos había preparado un experimento para mostrarnos cómo aumentaba el volumen del líquido al aumentar la temperatura. Es decir, la misma masa de agua ocupa más espacio a mayor temperatura; o sea que su densidad se hace menor, por lo cual el agua más caliente "flota" sobre el agua más fría. Este comportamiento es común a todas las sustancias, por ejemplo el aire: un globo aerostático se eleva por tener en su interior aire más caliente que el del exterior. Hasta aquí, todo parece ser de nuevo cotidiano, simple y hasta aburrido... Pero ¿acaso el hielo no está hecho de agua y se encuentra a menor temperatura que el líquido? El problema con esta pregunta es que ¿el hielo flota en el agua? Y esto nos lleva a otra pregunta ¿existe alguna otra sustancia cuyo sólido flote en su propio líquido? Aunque la respuesta es positiva, el número de materiales con esta característica es muy reducido; así que el agua volvía a mostrarme un comportamiento muy peculiar, que de nuevo llamó mi atención. ¡Vaya!, esa peculiaridad es de gran importancia para los organismos acuáticos en lugares con inviernos fríos: si el hielo no flotara, toda el agua de un estanque o de un lago acabaría congelándose; en cambio, la capa de hielo flotante aísla al líquido del aire frío y ayuda a mantener una temperatura cercana a 40 C, suficientemente alta para que los organismos



acuáticos permanezcan vivos.

Quiero terminar esta primera contribución al diario diciendo que luego de cuarenta años de esa primera fascinación que me ocasionó la sustancia agua, sigo estudiando el tema de sus estados de agregación, que no deja de asombrarme, sino que incrementa mi interés por entenderlos. También me parece que vale la pena señalar que las peculiaridades del agua han estimulado la imaginación de muchas otras personas; a tal grado que varias de las conclusiones a las que han llegado son falsas, por ejemplo la de que el agua conserve una cierta "memoria", bien de las sustancias que tuvo disueltas, o incluso de los estímulos sonoros y hasta escritos a los que se le haya sujetado. Abundaré sobre estas falsas conclusiones en una siguiente contribución.

*Humberto Saint-Martin Posada, Investigador Titular A, T. C. Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México  
Apartado Postal 48-3, 62251 Cuernavaca, Morelos, México*

*El Dr. Saint-Martin (n. 1960) es físico (UNAM, 1983) y doctor en Investigación Biomédica Básica (UNAM, 1992). Realizó una estancia posdoctoral en Neerlanda (U. de Groningen, 1993). Actualmente es Investigador Titular en el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), en el nivel 2. Cuenta con veinte publicaciones en revistas internacionales con arbitraje, que en conjunto han sido citadas más de doscientas veces. Ha dirigido una tesis de doctorado y dos de licenciatura. Ha impartido cursos desde el nivel medio superior hasta el de doctorado desde 1985, y ha participado en el diseño o la modificación de nueve cursos, incluyendo el plan del área de Biofísica del Doctorado de la Facultad de Ciencias de la UAEM. Es miembro de la Academia de Ciencias de Morelos y de la American Chemical*

**La Unión**  
**PROMOCIÓN**

**La Unión de Morelos y Warner Home Video**  
Te regalan una copia de la cinta  
**"Fuimos Marshalls"**



Sólo tienes que ser de los **primeros 5** en enviar un correo electrónico a:  
[unionpromociones@yahoo.com.mx](mailto:unionpromociones@yahoo.com.mx)  
donde nos pidas el video y listo.

Se uno de los primeros y no te pierdas de la oportunidad de ser un ganador.

Aplican restricciones.

**La Unión de Morelos te da más.**

# TRIBUNA PÚBLICA



**La Unión De Morelos**  
**Ricardo Estrada**



**El Sol de Cuernavaca**  
**Emilio González**



**La Jornada**  
**León García Soler**

**Líderes de Opinión**  
Los directores de los periódicos más leídos del Estado

**Domingo 22 de julio**

Producción y Dirección  
**Alexis Pola**



**Galavisión**  
**CANAL 11**  
**12.00AM**



**CABLEMAS**  
**CANAL 7**  
**12.00AM**



**canal TRES**  
**CANAL 3**  
**6.00 PM**