

# EL MUNDO CUÁNTICO, TAN REAL COMO LO VISIBLE

Elizabeth América Flores Frías, Edna Vázquez Vélez, Horacio Martínez Valencia

Elizabeth América Flores Frías es Ingeniera Química egresada de la FCQel de la Universidad Autónoma de Morelos (UAEMor). Posteriormente, cursó la Maestría y Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la UAEMor. Actualmente, se encuentra haciendo su posdoctorado en el Instituto de Ciencias Físicas de UNAM desarrollando síntesis de inhibidores de corrosión mediante plasma.

Edna Vázquez Vélez estudió la licenciatura, maestría y doctorado en Química en la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó un postdoctorado en el Centro Nacional de la Investigación Científica en Yves Sur-Yvette, Francia y actualmente trabaja en el Laboratorio de Espectroscopia del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM. Horacio Martínez Valencia estudió la licenciatura, maestría y doctorado en Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente, es Investigador Titular "C" del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM y es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

### El nivel atómico

No todo lo que observamos es realmente como lo percibimos ni todo lo que no vemos a simple vista es como lo imaginamos. Vivimos en un mundo rodeado de materia tangible, pero más allá de lo que nuestros sentidos puedan percibir, cuando nos preguntamos de qué está hecha la realidad, nos transportamos al mundo cuántico, lo que quiere decir a un nivel atómico y subatómico. Mientras a escala macroscópica, en la que todo lo que conocemos es cotidiano, a escala microscópica todo es totalmente desconocido a nuestro ojo humano, imposible de observar a simple vista. Para ello se necesitan aparatos como microscopios electrónicos de gran aumento. Recordemos nuestras clases de física en que estudiamos que los átomos son tan pequeños que ni siquiera pueden ser observados con sistemas ópticos puesto que un átomo es tan pequeño que se podría alinear 10 millones de átomos en un milímetro. Comprender los fenómenos que ocurren a escala microscópica nos lleva a entender lo que se percibe a escala macroscópica.

Un fragmento de materia, por ejemplo, una roca, por muy pequeña que sea, está compuesta de un enorme número de átomos separados entre sí y en continuo movimiento. El comportamiento de los átomos individuales no se parece a nada de lo que se conoce en el mundo macroscópico. En esa pequeña roca o fragmen-

to de materia la distancia entre átomos es enorme si se compara con el tamaño de estos, pero a su vez los átomos son enormes si se comparan con sus propios núcleos, donde está concentrada el 99,99% de la masa. Por ejemplo, el agua aparenta ser una sustancia relativamente simple; sin embargo, tras esta primera impresión, se esconde un importante grado de complejidad. En el mundo cotidiano observamos que es un líquido transparente y sabemos que tiene propiedades que no se hallan en otros líquidos, pero si pudiéramos ver a escalas microscópicas veríamos que está formada por moléculas, cada una de las cuales tiene dos átomos de hidrogeno unidos a un átomo de oxígeno, y apreciaríamos su geometría en forma de V con un ángulo de 104.5° entre los enlaces O-H.

Si pudiéramos juntar muchas moléculas de nitrógeno formaríamos parte de la atmósfera y con un cóctel de hierro, oxígeno, silicio y magnesio, formaríamos el suelo que pisamos. Todo lo que observamos a escala macroscópica es resultado del tipo de átomos y moléculas que los forman y de sus proporciones y combinaciones. [1]

### El electrón, la primera partícula subatómica descubierta.

Antes del 30 de abril de 1897 se pensaba que no había nada más pequeño que un átomo. Sin embargo, el descubrimiento del electrón por Joseph John Thomson revolucionó la comprensión científica de la materia y abrió el camino a la física de partículas. Hoy sabemos que cada átomo posee una nube de electrones orbitando alrededor del núcleo, en el cual se encuentran protones y neutrones en similar proporción. Los protones y neutrones están formados por quarks, por lo cual no son considerados como partículas elementales, a diferencia del electrón. Toda la materia con la que interactuamos cotidianamente, todo lo que vemos a nuestro alrededor,

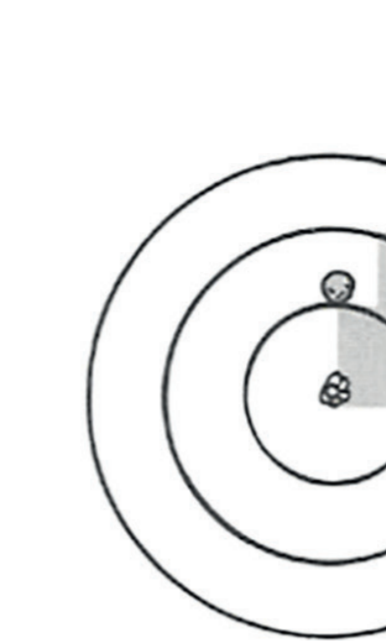


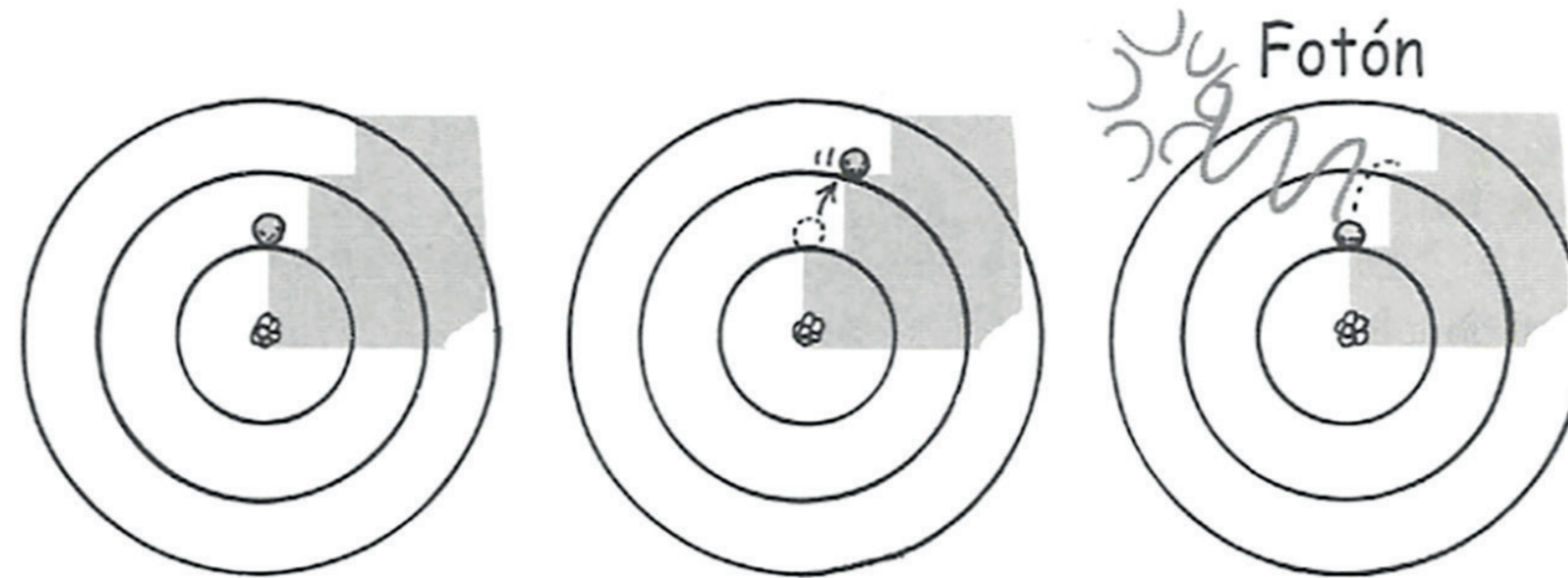
FIGURA 2. EMISIÓN de un fotón WWW.REPHIP.UNR.EDU.AR

nosotros mismos, está hecho de electrones, protones y neutrones en diferentes arreglos. [2] Figura 1. Composición de la materia

El electrón es una partícula con carga eléctrica negativa mientras que el protón tiene carga positiva y el neutrón carga nula. Todas las partículas también pueden comportarse como onda; las partículas son ondas y las ondas son partículas (lo que se conoce como dualidad onda-partícula). Tal vez suene confuso. Hay muchos experimentos que prueban esta dualidad donde a veces el comportamiento es ondulatorio y otras de partícula.

¿Alguna vez te has preguntado si realmente has tocado la materia? Hoy sabemos que los electrones juegan un papel muy importante ya que son los protagonistas de las principales reacciones químicas y de las propiedades de la materia, esto se debe a que los electrones son la parte más externa, ligera y nebulosa de los átomos. Anteriormente escribimos que los espacios

entre los núcleos atómicos son inmensos en comparación al tamaño del núcleo, el cual está rodeado por una nube de electrones, la cual es la parte más externa del átomo, por lo cual es la que interacciona con otros átomos y sus electrones, generando repulsión o atracción entre ellos. Esto es lo que impide que los objetos se atraviesen unos a otros. Entonces, cuando tocamos un objeto los electrones de la mano y del objeto se repelen. Esa fuerza de repulsión se genera a escalas cuánticas pero la sensación de tacto es producto de dicha repulsión. Entonces, ¿por qué podemos aplicar ciertas cosas en nuestra piel, por qué nos ensuciamos al tocar lo que hay a nuestro alrededor? Esto puede ocurrir por una adhesión química a través del contacto entre las moléculas de la piel y otros cuerpos. Este es el mecanismo de adhesión más fuerte, en el cual las uniones se producen entre grupos funcionales de la piel y átomos o moléculas de la superficie del otro cuerpo. [3] Nosotros estamos acostumbrados a percibir los objetos a través de los cinco sentidos y por medio de estímulos que pueden ser visuales, auditivos, gustativos, olfativos y táctiles, y que tienen muchas más categorías dentro de sí mismos, volviendo el proceso de percibir algo muy complejo, específico y detallado. Dado que los objetos absorben y reflejan la luz, sólo podemos ver objetos que reflejan la luz hacia nuestros ojos. El color que percibimos depende de las longitudes de onda de la luz que se refleja. Cuando todos los colores del espectro visible se reflejan por igual por un objeto, percibimos al mismo como blanco.



### Algo sobre la luz

La luz es un tipo de radiación que se propaga en forma de ondas y puede desplazarse en el vacío a altísimas velocidades (casi 300.000 km/s), y a través de sustancias transparentes, descendiendo entonces su velocidad en función de la densidad del medio. Consiste en campos eléctricos y magnéticos que oscilan en dirección perpendicular a la dirección de propagación. Aunque la luz es radiación electromagnética, también está formada por cuantos de energía llamada "fotones", ya que la luz puede comportarse como onda y partícula a la vez, de manera análoga al electrón, con la diferencia que el fotón es una partícula

sin masa, aunque pueda transportar energía. Las dos partículas están relacionadas, ya que los fotones son emitidos por electrones mientras transitan de niveles de energía relativamente altos a otros niveles más bajos (ver figura 2).

La luz visible no es la única radiación electromagnética conocida. La radiación electromagnética puede manifestarse como ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos x y rayos gamma, y formando lo que conocemos como el espectro electromagnético. Cada onda electromagnética posee una longitud de onda característica. Por ejemplo,

las ondas radio poseen longitudes de onda en un intervalo de 1 a 10 m, a diferencia de los rayos gamma, que poseen longitudes de onda muy pequeñas, menores a 10-10 m (una diezmilésima de millonésima de metro). Los seres humanos solo percibimos un pequeño intervalo del espectro electromagnético llamado espectro visible. Gracias a esa capacidad humana podemos apreciar el mundo como lo hacemos.

En la Figura 3 podemos observar a detalle ese pequeño intervalo de luz visible, el cual va desde longitudes de onda de 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo) (un nanómetro (nm) es un milésimo de millonésimo de metro).

¿Por qué el ojo humano es sensible precisamente a este pequeño rango del espectro electromagnético? Las ondas que tienen menor frecuencia que la luz visible (por ejemplo, las ondas de radio), tienen mayor longitud de onda. Ello les permite difractarse, abandonar la propagación en línea recta y rodear así objetos. Gracias a esto tenemos cobertura en el móvil, aunque estemos dentro de casa. Las ondas de mayor frecuencia que la luz tienen una longitud de onda tan pequeña y una energía tan alta que pueden atravesar la materia. Por ejemplo, los rayos X atraviesan algunos materiales como la carne humana, aunque no los huesos. Entonces en esa franja del espectro que va desde

el violeta hasta el rojo, la luz interacciona de tal manera que se refleja o absorbe con la materia y nos permite ver los objetos, sus formas, su posición, y el color que tiene. [4] De hecho, la luz visible coincide con una ventana de transparencia de la atmósfera.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de observar a niveles microscópicos observaríamos partículas, no los objetos macroscópicos que éstas forman. Nuestra visión es limitada, pues sólo podemos ver en una franja angosta del aspecto visible. Una limitación similar es aplicable al sonido. Sólo podemos escuchar un intervalo limitado de frecuencias. Del mundo, solo percibimos con nuestros sentidos un porcentaje muy pequeño de los fenómenos. El resto lo conocemos a través de nuestros instrumentos y de la experimentación científica. ¡Fascinante los fenómenos a escala microscópica!

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

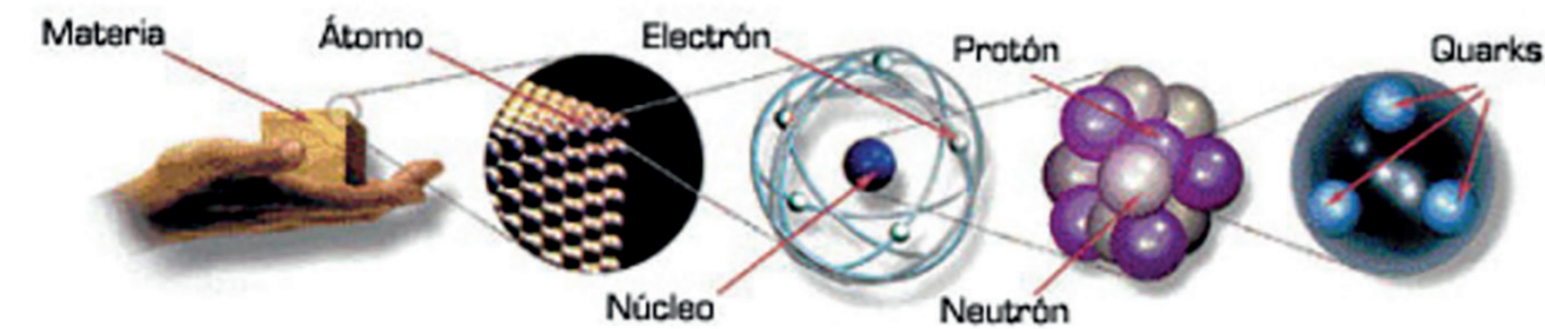


FIGURA 1. COMPOSICIÓN de la materia https://www.uv.es/quiral/toni.html

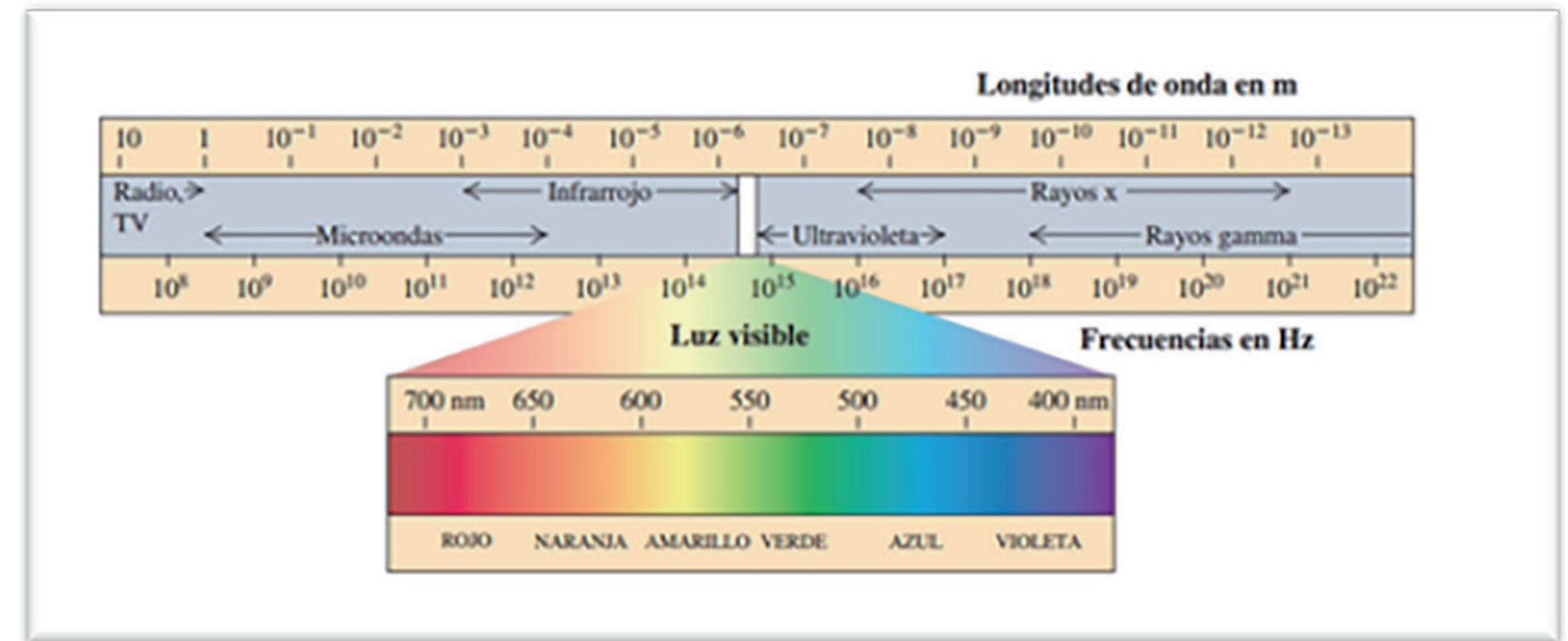


FIGURA 3. ESPECTRO electromagnético. https://sites.google.com/site/ondaselecmag/espectro-electromagnetico

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS. Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx. ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx

[1] https://www.universoeugeniabalcels.com/pdf/Los\_objetos\_y\_los\_serres\_vivos\_ES.pdf  
[2] https://www.uv.es/quiral/toni.html  
[3] https://www.mipatente.com/atomos-nada-toca-nada/  
[4] https://www-optica.inaoep.mx/~jjbaezr/pdefes

LECTURAS RECOMENDADAS  
Misterios de la mecánica cuántica: el Nobel de Física 2022  
https://acmor.org/publicaciones/misterios-de-la-mec-nica-cu-ntica-el-nobel-de-fisica-2022  
Entrelazados  
https://acmor.org/publicaciones/entrelazados

La tabla de las partículas elementales  
https://acmor.org/articulos-antiores/la-tabla-de-part-culas-elementales

