La Molécula de agua y el efecto microondas

Prof. Víctor J. García[1], Prof. Hernán Galindo, Br. Teobaldo Torres, Br. Eduardo de J. Rondón,

Universidad de Los Andes, Departamento de Física, la Hechicera, Mérida 5101, Venezuela.

E-mail: [1]vgarcia@ciens.ula.ve Telf: 58 274 2401341

RESUMEN

En este trabajo explicamos la interacción entre la radiación electromagnética, específicamente las microondas y la molécula del agua, enfatizando las contribuciones del enlace de hidrógeno. Para ayudarnos en está explicación realizamos los siguientes experimentos: 1) Introducimos dentro del horno de microondas un número de caramelos "Marshmallows" y observamos como el tiempo de cocción depende de la cantidad de agua que estos contienen. 2) Introducimos en el microondas un vaso con agua y un vaso con agua salada, y después de 40 segundos observamos que la temperatura del agua salada es menor que la del agua sin sal. 3) Introducimos en el microondas un vaso con agua y un vaso conteniendo cubos de hielo, y después de 40 segundos observamos que la temperatura del vaso con agua se ha incrementado, mientras que los cubos de hielo no muestran ninguna evidencia de haberse calentado. Los resultados muestran que las microondas solamente afectan a los cuerpos que contengan cierta cantidad de agua y que los enlaces de hidrógeno son importantes en este proceso de generación de calor.

MARCO TEÓRICO

El agua es una molécula constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En la molécula de agua los átomos están unidos covalentemente, lo que explica su extremada baja conductividad eléctrica, debido a que no hay electrones libres.

Radiación electromagnética

Cuando una partícula cargada oscila, se genera un campo eléctrico. Este campo eléctrico genera a su vez un campo magnético oscilante. En la medida que la partícula continua en movimiento, la generación de campos eléctricos y magnéticos origina una onda electromagnética. Las siguientes definiciones son esenciales para entender una onda electromagnética:

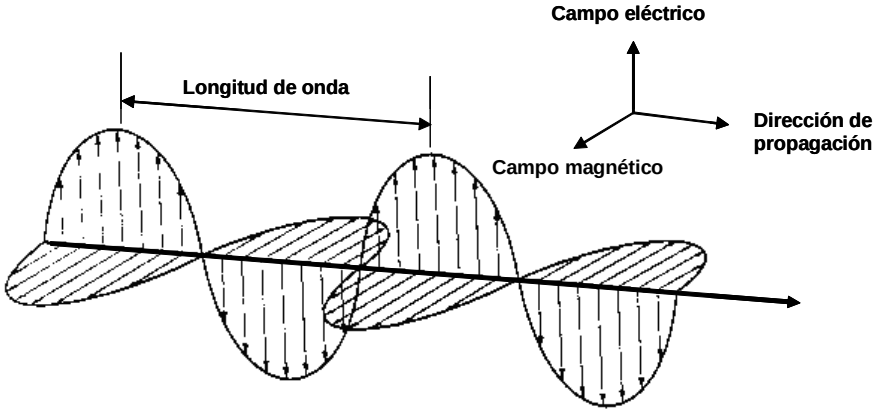

Figura 1. Onda electromagnética.

a) *Una onda* es la propagación espacio temporal de un estado vibratorio en un medio; b) su *frecuencia* es el número de oscilaciones por unidad de tiempo; c) *su periodo* es la duración de una oscilación completa. El periodo (en segundo) es el valor recíproco de la

frecuencia; d) *la longitud de onda* es la distancia entre dos puntos consecutivos de igual fase o entre dos crestas de la onda y e) su velocidad es de = c = $3x10^8$ m/s

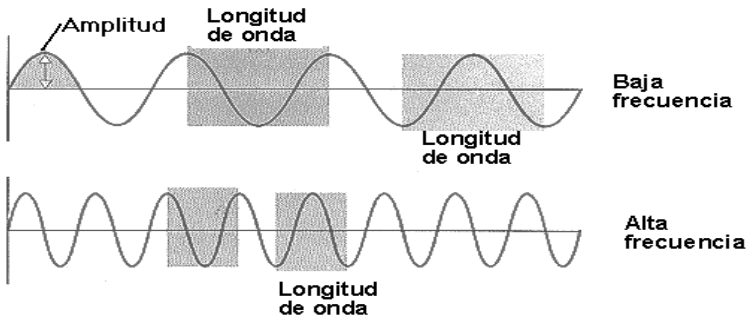

Figura 2. Definiciones esenciales para entender una onda electromagnética.

Cuando usted escucha la radio, mira la TV, o cocina su cena en un microondas usted esta usando ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas se diferencian entre ellas por su longitud de onda, de hecho las ondas electromagnéticas se arreglan en un continuo llamado espectro electromagnético.

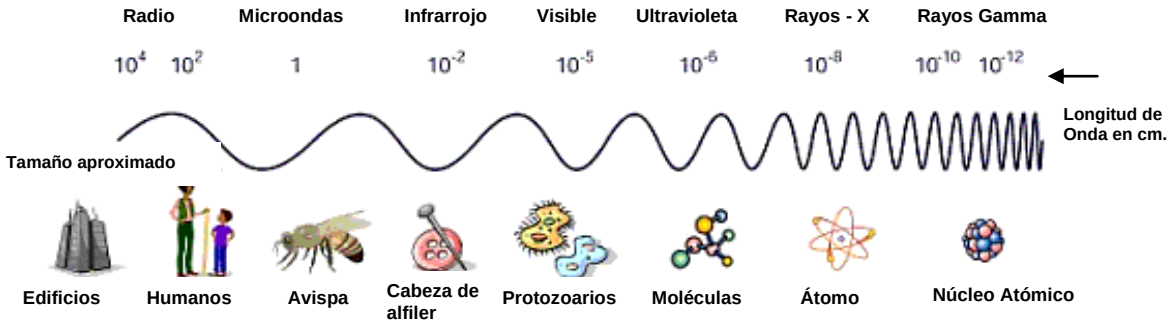

Figura 3. Espectro electromagnético y tamaño relativo de longitudes de onda

MARCO EXPERIMENTAL

***Experiencia 1*:** "Marshmallows dentro del horno de microondas"
Introducimos cierto número de marshmallows dentro del horno de micro-ondas asegurándonos que contengan diferentes cantidades de agua; encendemos el horno y después de cierto tiempo algunos marshmallows se cocinan más rápido que otros.

Figura 4. Constitución del Marshmallows

¿Por que ocurre esto?
Algunos marshmallows se cocinan más rápido que otros dependiendo de la cantidad de agua que contengan; así, los que contienen más agua se cocinan más rápido.
¿Por qué depende de la cantidad de agua?
Por el efecto que tienen las microondas en el agua. La respuesta de esta pregunta se dará con la ayuda de la experiencia 2.

Experiencia 2: *"*Vaso con agua"
Ahora introducimos dentro del horno de microondas un vaso con agua, encendemos el horno y después de cierto tiempo observamos que el agua se calienta.
¿Por qué se calienta el agua?
El horno microondas; genera ondas electromagnéticas llamadas microondas. Las microondas hacen que las moléculas de agua se muevan o al menos traten de seguir el campo de fuerzas eléctricas. Este movimiento genera fricción entre las moléculas y la fricción entre moléculas genera calor, lo cual hace que la temperatura del agua incremente. Este efecto es ilustrado en la siguiente figura.

Movimiento	Fricción	Calor

Figura 5. Ilustración del efecto microondas en la molécula del agua

¿Por qué la molécula del agua rota o trata de seguir el movimiento del campo de fuerza eléctrico de las microondas?

La moléculas de agua aunque tiene una carga total neutra (igual números de protones que de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones lo que la convierte en una *moléculas polar*, alrededor del oxígeno se concentra una densidad de carga negativa, mientras que los núcleos de hidrógeno quedan desnudos desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan por tanto una densidad de carga positiva.

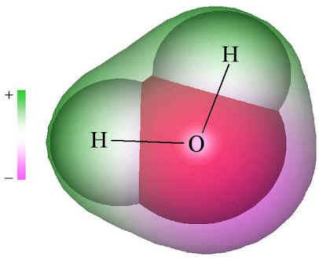

Figura 6. Distribución de cargas en una molécula de agua

La atracción electrostática entre moléculas de agua adyacentes da como resultado la formación de un enlace o puente de hidrógeno.

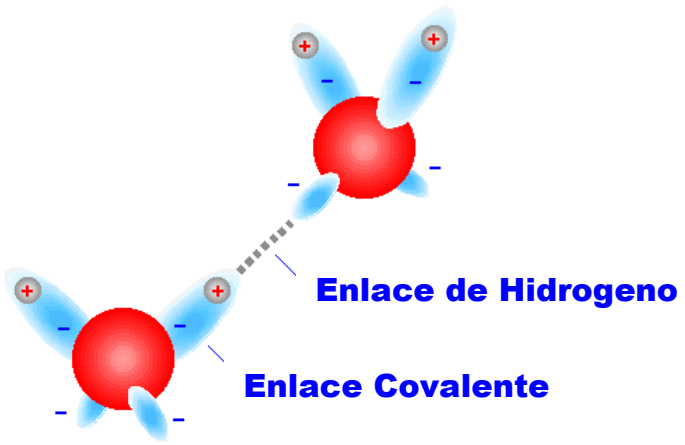

Figura 7. Enlace de hidrogeno.

Las microondas, como otros tipos de radiación electromagnética consisten de campos de fuerzas eléctricas y magnéticas. Con las microondas la fuerza del campo eléctrico varia hacia arriba y hacia abajo en cuanto pasa el tiempo.

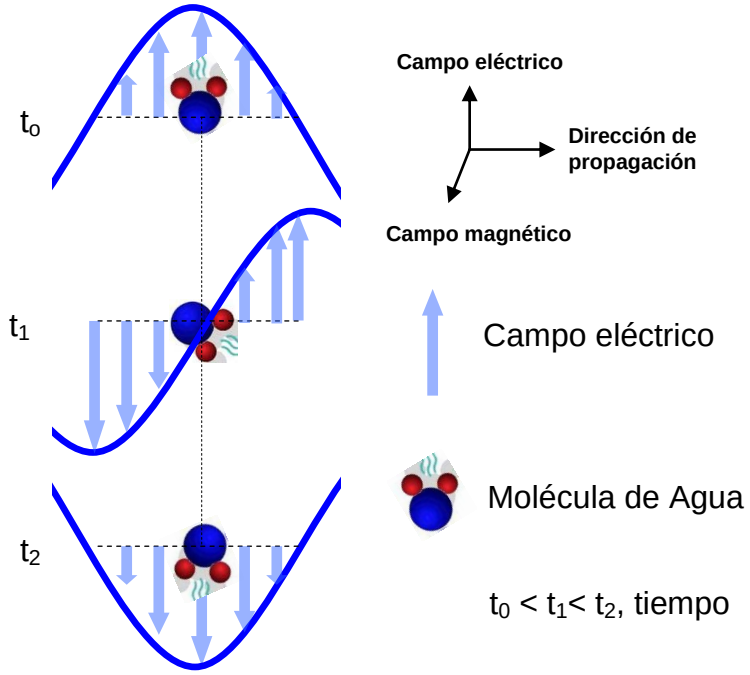

Figura 7. Interacción de una onda electromagnética con una molécula de agua

La molécula de agua continuamente intenta reorientarse siguiendo el campo eléctrico oscilante de una onda electromagnética. Dependiendo de la frecuencia la molécula puede moverse simultáneamente con el campo eléctrico, retrasada con respecto al campo, o permanecer aparentemente sin sentir la presencia del campo eléctrico.

Cuando las moléculas se mueven en retraso con respecto al campo eléctrico, la interacción entre las moléculas y el campo eléctrico conduce a una perdida de energía por calentamiento, la magnitud de esta perdida depende del tiempo de retraso del movimiento de la molécula. En el agua la facilidad del movimiento depende de la rigidez de la red de moléculas de agua enlazadas por puentes de hidrógeno, así como del número de enlaces de hidrógeno. A medida que la temperatura aumenta, la rigidez de la red de

moléculas de agua y el número de enlaces de hidrógeno decrece y el agua absorbe menos microondas. El aumento de temperatura decrece la dificultad para el movimiento de las moléculas, permitiendo de esta manera que las moléculas de agua oscilen a alta frecuencia; también esto reduce la fuerza de resistencia a la rotación, reduciendo la fricción.

Una gran parte de la absorción de microondas por la molécula de agua ocurre a una frecuencia de ~ 2.45 GHz, la cual es generada por muchos hornos comerciales de microondas.

El tiempo de calentamiento = calor especifico x incremento de temperatura x el peso / potencia de entrada.

¿Qué ocurre cuando introducimos un vaso de agua y un vaso con agua salada?

Después de 40 segundos observamos que la temperatura del agua salada es menor que la del agua sin sal. La sal al igual que el incremento de temperatura reduce la tendencia de las moléculas de agua agruparse (a formar enlaces de hidrógeno). Así, las moléculas pueden responder instantáneamente y moverse con el potencial cambiante produciendo calor por fricción. Aunque se produce calor por fricción éste es en menor cantidad que el que se produce cuando las moléculas de agua están agrupadas por puentes de hidrógeno.

Experiencia 3: "cubo de hielo"
Ahora introducimos un cubo de hielo dentro del horno de microonda; encendemos el horno y el cubo de hielo no se derrite *¿por qué?*

El hielo tienen menor densidad que el agua liquida (densidad del hielo (h1) 0.931 gm/cm^3, densidad del agua 1.00 gm/cm^3) y además, la estructura ***cristalina*** del agua sólida fija las moléculas en su lugar y así no pueden cambiar de orientación (no rotan).

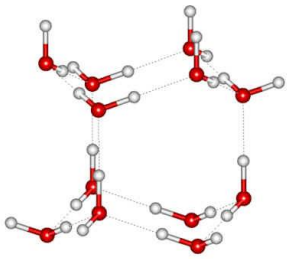

Figura 8. Estructura de hielo (h1) formando hexágonos.

En tanto el horno de microondas no calienta bien los alimentos congelados. Es necesario tener agua liquida para que el calentamiento ocurra. Eventualmente la capa exterior de agua de la comida se derrite y esa agua liquida se usa para calentar el resto de la comida congelada. El botón de descongelación (defrost) específicamente se usa para este propósito. Las microondas están encendidas por un corto período de tiempo, luego se apagan por otro período de tiempo. Mientras las microondas están encendidas el agua liquida se calienta. Mientras las microondas están apagadas las partes congeladas se calientan por conducción de calor desde el agua liquida.