

# PRONTUARIO DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Ramón Ordiales Plaza

La radiación electromagnética abarca un amplio abanico de fenómenos de distinta naturaleza que a pesar de formar parte de la vida diaria y la experiencia cotidiana raramente son comprendidos por la población en general. El desconocimiento de este fenómeno por parte de la población altera su percepción de peligro, bien sea con reacciones de pánico innecesarios ante irradiaciones inócuas o al contrario, subestimando el riesgo de una determinada actividad cotidiana. Por lo general, los medios enfatizan aquellas prácticas peligrosas (como la exposición prolongada al sol) pero la incompreensión general del electromagnetismo puede crear sobreprotección innecesaria, pánico injustificado e incluso la exposición a nuevos riesgos por evitar, precisamente, peligros inexistentes.

## ¿Cómo entendemos la palabra radiación?

La palabra radiación es un típico concepto de “aprendizaje por intuición”. A falta de una definición comprensible vamos haciéndonos una idea, normalmente equivocada y difusa, que suele interferir a la hora de sustituir dicha idea preconcebida por la correcta. Los conceptos aprendidos por intuición suelen tener cierta carga emocional que dificulta más aun su rectificación o sustitución por las definiciones correctas. El componente emocional presente en la sociedad de la palabra “radiación” es claramente negativo. La palabra radiación evoca a Hiroshima, Chernobil, Cáncer... (cuando realmente se trata de radioactividad) y, sin embargo, no está en absoluto unida a palabras como luz, calor o fuego.

La connotación negativa de la palabra radiación la “adjetiviza” negativamente predisponiendo a su rechazo:

Así hablamos de que “el móvil emite radiación microondas” pero nunca de “Mi equipo de música capta una emisora de radiación FM”. Decimos que “el horno calienta el alimento con radiación de microondas” pero nunca “la chimenea de mi casa me calienta gracias a la radiación infrarroja”. Es decir, en la palabra radiación se confunden fenómenos de distinta naturaleza: “La radiación del microondas calienta el alimento” con “La radiación emitida por la bomba de Hiroshima mató a cientos de personas”. (Uno es un fenómeno electromagnético y el otro es un fenómeno radioactivo).

Peor es que el aprendizaje por intuición ha diferenciado fenómenos que realmente son de la misma naturaleza. Así nunca decimos la bombilla emite radiación sino que emite luz, otorgando a ésta última palabra un significado emocional neutro (aunque realmente también se trata de radiación electromagnética). También resulta neutra la palabra “rayo” que sería equivalente a radiación.

Por todo ello antes de adentrarnos en el concepto de la radiación electromagnética propiamente dicha, veamos en que consiste la propia palabra “radiación”.



Señales como ésta, en las inmediaciones de una antena de telefonía pueden crear un pánico infundado (Archivo)

## ¿Cuál es la definición de radiación?

Según la RAE:

(Del lat. *radiatio*, *-onis*).

1. f. Fís. Acción y efecto de irradiar. (*Despedir rayos de luz, calor u otra energía.*)
2. f. Fís. Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio.
3. f. Fís. Forma de propagarse la energía o las partículas.

Bien, según esta definición (poco afortunada) podríamos decir estas obviedades:

- El altavoz irradia sonido. Habría radiación sonora.
- El mar irradia olas. Habría radiación marina
- Las nubes irradian partículas de agua al suelo. Habría radiación meteorológica.
- La bombilla irradia luz. Habría radiación lumínica.
- Yo irradío calor. Hay radiación calorífica.

En definitiva, la palabra radiación por si sola carece de un significado concreto y esto ha permitido deformar su definición intuitiva empapándola de una connotación negativa. Al contrario que la palabra energía, que de tener un significado concreto, la población ha ampliado su rango de definición hasta ser una palabra comodín que sirve para casi todo.

## ¿Entonces, qué debo entender por radiación?

Al carecer de un significado concreto, la palabra radiación sería amplísima, y por tanto no tiene sentido hablar de radiación sin especificar su tipo, es decir, lo que se irradia.

Así podríamos dividir la radiación en tres tipos fundamentales:

- a) Aquella que es fruto de la transmisión de energía (por ejemplo mecánica) a través de un medio. **Normalmente no se denomina con el nombre de radiación.**

Por ejemplo, un altavoz, las olas del mar, las ondas sísmicas. Todas ellas transmiten energía mecánica pero nunca nos referimos a ellas como radiación.

- b) Aquella que es producto de la emisión de partículas subatómicas sin incluir a aquellas partículas responsables de la interacción de alguna fuerza fundamental (gluones). **Normalmente nos referimos a ellas con el nombre de la partícula responsable de la radiación:**

Así hablamos de radiación alfa, beta, gamma, si la radiación está formada por partículas alfa, beta o gamma respectivamente.

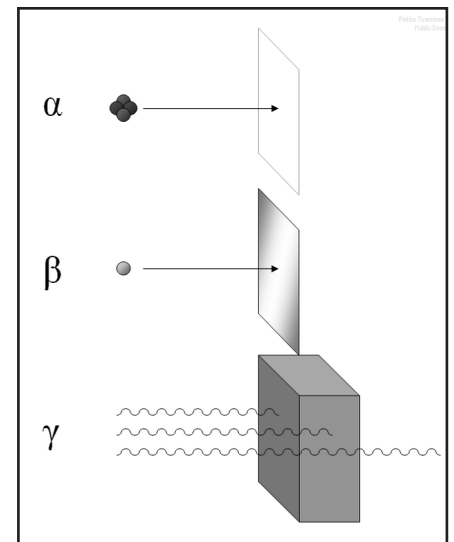
- c) **Pero también las nombramos referentes a su origen:**

Así cuando proceden del núcleo atómico hablamos de radiación nuclear, aunque tengamos otra palabra para ello: **Radioactividad.**

**Cuando se emiten partículas responsables de la interacción de alguna fuerza fundamental.** En este caso, casi siempre nos referimos a la radiación electromagnética, es decir, a la emisión de fotones que son los responsables de la interacción electromagnética. Las características del fotón hacen que claramente podamos observar en la vida diaria fenómenos explicados tanto



El sonido es un fenómeno ondulatorio consistente en la irradiación de una deformación mecánica a través de un medio elástico. A pesar de entrar en la definición de radiación nunca nos referimos al sonido como tal. En la foto, un abejorro atrapado en el agua permite observar las ondulaciones producto del aleteo de sus alas y la interferencia que generan. [Archivo]



La radiactividad es un tipo muy concreto de radiación ionizante cuyo origen está en el núcleo atómico. Al contrario de lo que la gente piensa es un fenómeno natural y no es un producto del ser humano. De los tres tipos de radiaciones representadas (Alfa, beta, gamma) solamente la radiación gamma corresponde a una radiación electromagnética, que nunca es generada en los procesos industriales o tecnológicos habituales. [Autor]

por su naturaleza corpuscular como ondulatoria. No solemos referirnos a la gravedad como radiación gravitatoria y las otras fuerzas fundamentales (nuclear fuerte y nuclear débil) no interactúan a escala humana.

### **¿Qué no se suele entender por radiación?**

- En aquellas radiaciones o emisiones claramente direccionales, solemos hablar de rayo en vez de radiación:

Así decimos rayo de luz, rayo cósmico o rayos x.

- Aquel intercambio de energía claramente onmidireccional y que no se suele asociar a la interacción de una partícula concreta o a un fenómeno ondulatorio.

Así nunca decimos radiación eléctrica, radiación magnética o radiación gravitatoria sino campo magnético, campo eléctrico o campo gravitatorio.

- Cuando las partículas son de tamaño supraatómico.

Nunca decimos radiación de lluvia, nieve o meteoritos.

- Cuando la partícula o la energía viaja obligatoriamente a través de un medio encauzada.

Nunca decimos radiación sonora. En caso de partículas solemos emplear “flujo” para indicar encauzamiento.

- Cuando se trata de un haz de partículas que tienen una masa considerable y aportan energía cinética.

En dicho caso, se emplea la palabra “bombardeo”.

### **¿Tienen características comunes los diversos tipos de radiación?**

Aparte de la definición de radiación no podemos atribuir de ningún modo características comunes y menos positivas o negativas en términos humanos a los numerosos tipos de radiación.

### **¿Qué es la luz?**

La luz es radiación electromagnética.

### **¿Qué es la radio?**

La radio es radiación electromagnética.

### **¿Qué tipo de radiación emite un horno microondas?**

Un horno microondas emite radiación electromagnética

### **¿Qué tipo de radiación emite una antena de telefonía móvil?**

Una antena de telefonía móvil y un móvil emiten radiación electromagnética.

### **¿Cómo me calienta una chimenea en invierno?**

Casi exclusivamente por emisión de radiación electromagnética.

### **¿Cómo me calientan las tostadas del desayuno?**

Casi exclusivamente por emisión de radiación electromagnética (infrarrojo).

### **¿Estamos diciendo que la luz que ilumina mi habitación, mi emisora de radio favorita, el móvil, el horno microondas que calienta el desayuno y la tostadora que calienta mi tostada... todo es el mismo fenómeno?**

Efectivamente, todo es radiación electromagnética. Es decir, la radio, las microondas, el móvil, la farola y hasta la tostadora funcionan de la misma forma, emiten lo mismo y son de la misma naturaleza electromagnética.

### **¿Y de qué está compuesta dicha radiación electromagnética?**

La radiación electromagnética está formada por una emisión de un tipo de partícula responsable de transmitir una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza llamada precisamente interacción electromagnética. Dicha partícula se denomina fotón.

### **¿Qué características propias tiene un fotón?**

El fotón es una partícula sin masa y sin carga eléctrica, es decir, es bastante etérea. La ausencia de masa hace que viaje en el vacío a la velocidad de la luz y no se encuentre nunca en reposo. La ausencia de transporte de carga hace que sea no-ionizante, es decir, no puede por sí misma alterar el equilibrio de carga eléctrica por donde pase. Cada fotón se caracteriza por su energía que es directa y biunívocamente proporcional a su frecuencia también denominada “color”.

### **¿Cómo va a ser todo una partícula si oigo hablar de ondas? (Ondas de radio, microondas, etc.)**

Uno de los debates más encendidos de la física ha sido precisamente la naturaleza ondulatoria o corpuscular de la luz. El resultado, aunque escape a nuestro sentido común, es que en la naturaleza todas las partículas se comportan como partículas y como ondas.

Es lo que se denomina dualidad onda-corpúsculo exhibiendo propiedades tanto de onda como de partícula.

Así algunos fenómenos de la radiación podrán ser

entendidos si pensamos en la radiación como si fueran ondulaciones y otros fenómenos tendremos que concebirlos como si fueran partículas discretas.

La realidad profunda es que son ambas cosas, por eso lo llamamos dualidad y ésta se extiende a todas las partículas e incluso átomos.

**Sin embargo, mi experiencia cotidiana es completamente distinta para cada elemento mencionado. ¿Cómo es posible y en qué se basa dicha radiación electromagnética?**

Bien, está claro que cuesta creer que todo sea una misma cosa.

Si pensamos en términos de onda. La radiación electromagnética está formada por una ondulación que cuando se propaga en el vacío lo hace siempre a la misma velocidad (la velocidad de la luz) y cuya principal característica diferencial es la distancia entre las crestas de cada ondulación.

Esa distancia puede medirse con respecto al tiempo y entonces hablaríamos de la frecuencia de la onda

Si, por el contrario, medimos la distancia que separa ambas crestas hablaremos de longitud de onda.

Ambas expresiones por separado nos proporcionan la misma información sobre la onda. Teniendo en cuenta que a mayor frecuencia, menos espacio hay entre crestas y viceversa, cuanto mayor es la longitud de onda, menor es la frecuencia.

Al igual que ocurren con otras ondas, como las olas del mar o el sonido, una longitud de onda larga hace que la onda se abra más a todas las direcciones y sortee mejor los obstáculos sin alterarse.

A medida que la longitud de onda se acorta (aumenta la frecuencia) la onda tiende a ser más direccional (a abrirse menos en abanico) y a ser más propensa a rebotar ante obstáculos.

Con la radiación electromagnética pasa eso. A medida que modificamos su frecuencia, se va cambiando el modo de interaccionar con la materia llegando a pensar que dos radiaciones electromagnéticas de frecuencia muy distinta son realmente dos fenómenos físicos distintos.

Además, esas ondas son a su vez partículas (a veces denominamos a la partícula un “paquete de ondas”) y por tanto en ciertas circunstancias se comportarán como tales. Esto hace que la radiación electromagnética presente propiedades típicas de las ondas, como la interferencia

La serie de fotografías de la derecha corresponde al resultado del llamado “experimento de la doble rendija”, realizado originalmente por el físico Thomas Young.

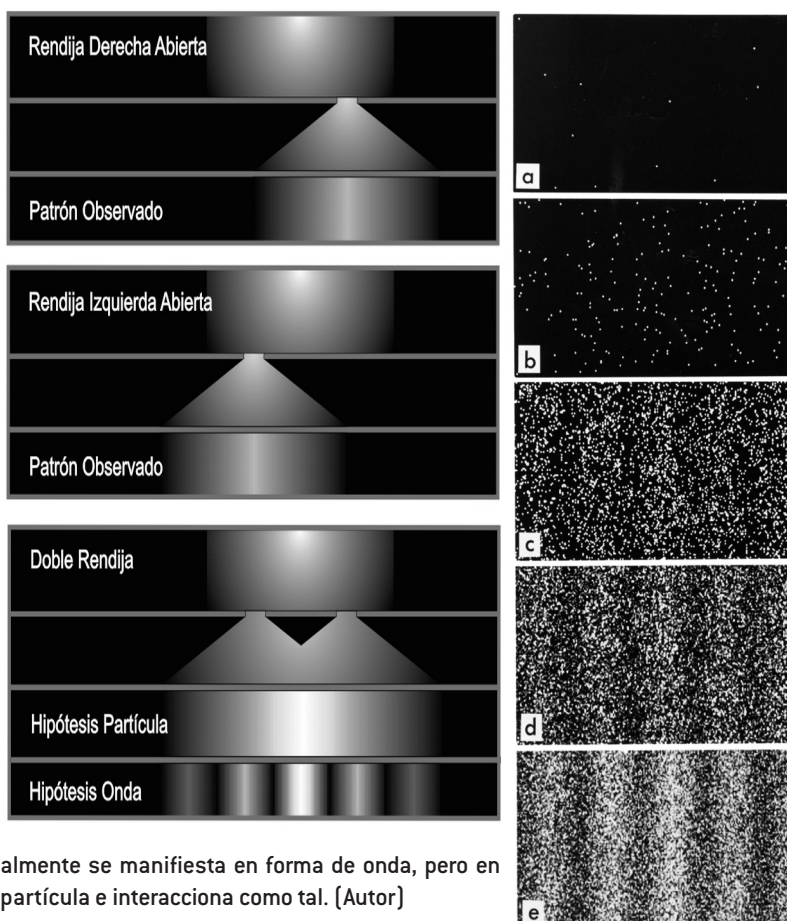
El experimento consiste en emitir una partícula contra una barrera que contiene dos finas rendijas separadas a una distancia “d” y observar el modo de traspasar dichas barreras tras impactar contra una segunda placa.

Si lo emitido se tratase simplemente de partículas se observarían dos distribuciones superpuestas (aditivas) detrás de cada ranura. Si por el contrario, se tratase de una onda, la onda entraría por las dos rendijas a la vez interfiriéndose mutuamente.

Del resultado del experimento de la derecha, se pueden ir observando los impactos tras pasar la barrera y como van generando un patrón de interferencia. Lo anti-intuitivo del resultado es que para que se produzca dicho patrón cada partícula individual ha debido distribuir su paso por entre las dos rendijas, algo que es contraintuitivo. Por tanto, la partícula se comporta como una onda.

Si, ponemos un detector de partículas en cada rendija, para comprobar por donde pasa, el experimentador está forzando con la medición a que las partículas se comporten como tales y el patrón de interferencias desaparece automáticamente

Con la radiación electromagnética pasa lo mismo, normalmente se manifiesta en forma de onda, pero en determinadas circunstancias exhibe comportamiento de partícula e interacciona como tal. (Autor)





y propiedades típicas de las partículas como la colisión. Este comportamiento es extensible al conjunto de partículas subatómicas y es un pilar fundamental de la física cuántica.

### ¿Cómo clasificamos entonces a la radiación electromagnética?

La clasificamos exclusivamente atendiendo a su frecuencia (o a su longitud de onda).

Es lo que se denomina *espectro electromagnético*.

### ¿Qué significa cada columna de la tabla?

Como se ha dicho, la radiación electromagnética depende exclusivamente de un valor numérico (escalar) y sólo un valor numérico determina sus propiedades.

Las tres columnas, longitud de onda, frecuencia y energía sirven igualmente para determinar cierta radiación porque

podemos pasar biunívocamente de un valor a otro.

Es decir, cierta radiación tendrá siempre la misma longitud de onda, la misma energía y la misma frecuencia, pudiendo calcular cualquier valor a partir de cualquiera de los otros dos.

En primer lugar, tenemos una primera clasificación:

La radiación se divide en radiación no ionizante y radiación indirectamente ionizante.

Dicha clasificación aparece estrictamente diferenciada por una barra horizontal gruesa.

Después tenemos diversos rangos de frecuencia, clasificados ampliamente como “radio, microondas, luz”

Finalmente, tenemos rangos más finos de frecuencias con un nombre característico.

	Denominación	Long. de Onda	Frecuencia	Energía
Radio	Radio Onda Muy Larga	> 10Km	< 30kHz	< 1 <sup>-10</sup> eV
	Radio Onda Larga	650m-10Km	30-650kHz	1,24 <sup>-10</sup> - 1,9 <sup>-9</sup> eV
	Radio de Onda Media (AM)	180-650m	650kHz-1,7MHz	1,9 <sup>-9</sup> - 6,9 <sup>-9</sup> eV
	Radio de Onda Corta	10-180m	1,7-30MHz	6,9 <sup>-9</sup> - 1,24 <sup>-7</sup> eV
	Muy Alta Frecuencia Radio (VHF)	1-10m	30-300MHz	1,24 <sup>-7</sup> - 1,24 <sup>-6</sup> eV
	Ultra Alta Frecuencia Radio (UHF)	30cm-1m	300MHz-1GHz	1,24e <sup>-6</sup> -4,14 <sup>-6</sup> eV
Microondas	Microondas	1mm-30cm	1GHz-300GHz	4,14 <sup>-6</sup> - 0,001 eV
Luz Infrarroja	Infrarrojo Lejano	50µm-1mm	300GHz-6THZ	0,001 - 0,02 eV
	Infrarrojo Medio	2.5-50µm	6THZ-120THZ	0,02 - 0,5 eV
	Infrarrojo Cercano	780nm-2.5µm	120THZ-384THZ	0,5 - 1,6 eV
Luz Visible	Rojo	625-740nm	384THZ-480THZ	1,6 - 2 eV
	Naranja	590-625nm	480THZ-508THZ	2 - 2,1 eV
	Amarillo	565-590nm	508THZ-531THZ	2,1 - 2,2 eV
	Verde	520-565nm	531THZ-577THZ	2,2 - 2,4 eV
	Celeste	500-520nm	577THZ-600THZ	2,4 - 2,5 eV
	Azul	450-500nm	600THZ-666THZ	2,5 - 2,7 eV
	Añil	430-450nm	666THZ-698THZ	2,7 - 2,9 eV
	Violeta	380-430nm	698THZ-790THZ	2,9 - 3,3 eV
Luz Ultravioleta	Ultravioleta Cercano (UVA)	315-380nm	790THZ-952THZ	3,3 - 4 eV
Radiación Indirectamente Ionizante	Ultravioleta Medio (UVB)	280-315nm	952THZ-1PHZ	4 - 4,4 eV
	Ultravioleta Extremo	10-280nm	1PHZ-30PHZ	4,4 - 124 eV
	Rayos X	10pm-10nm	30PHZ-30EHZ	124 - 124 MeV
	Rayos Gamma	<10pm	>30EHZ	> 124 MeV

## ¿Qué significa la palabra Hz de la columna frecuencia?

Hz es la unidad de medida de la frecuencia. Su nombre real es Herzio o Ciclo y equivale a  $\text{sg}^{-1}$  o lo que es lo mismo, la inversa del segundo.

Así una señal de 50 Hz significa que en un segundo la onda ha ondulado 50 veces.

## ¿Qué significa la eV de la columna energía?

Cada tipo de radiación electromagnética interactúa transmitiendo una determinada energía y sólo una.

La energía se suele medir en julios. Pero como la energía asociada a cada tipo de radiación electromagnética es tan débil, se emplea otra unidad de energía llamada eV (electronvoltio).

$$1\text{eV} = 1,602176462 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Como se puede ver, la radiación electromagnética habitual tiene muy poca energía asociada.

## ¿Cómo es posible que la radiación proporcione siempre la misma energía independientemente de su intensidad?

Como hemos dicho la radiación electromagnética está compuesta por partículas llamadas fotones, cada fotón tiene una energía que está determinada sólo y exclusivamente por su frecuencia.

La forma de calcular la energía de la radiación electromagnética es la siguiente:

$$E=hf$$

Donde E es la energía, f es la frecuencia y h es una constante llamada Constante de Planck

$$h=6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sg}$$

Esto significa que la radiación electromagnética está compuesta por “paquetes de ondas” cada uno de ellos con una energía caracterizada por la frecuencia de la radiación.

Pero además, uno y sólo uno de esos paquetes puede interactuar con una y sólo una de las partículas de materia con la que interactuone.

Además, la energía de la radiación electromagnética es tan débil que solamente suele interactuar con los electrones de la materia.

Es decir, cada fotón procedente de una radiación electromagnética sólo podrá en el mejor de los casos ejercer algún efecto significativo sobre algún electrón de la materia con la que interactuone, ya que los electrones tienen una masa muy pequeña en comparación con los otros componentes de la materia.

## ¿Cómo es exactamente la forma de interactuar un fotón con la materia?

Normalmente, a energías menores de 1eV los fotones no tienen ninguna capacidad de interacción con las partículas elementales.

En este sentido, la radiación electromagnética no puede alterar significativamente la materia.

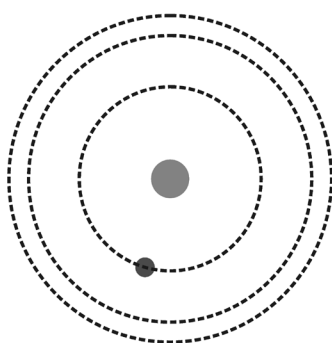
Su efecto principal y único es el incremento de la temperatura del material con el que interactúa.

Esto es debido a que el fotón al interactuar con la materia es como si “chocara” con ella, es decir, su energía pasa a la materia en forma de incremento de Energía Cinética.

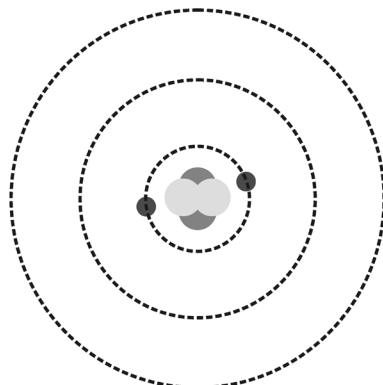
La temperatura es función de la energía cinética media de las partículas de un determinado material, luego, la principal forma de interacción de la radiación electromagnética con la materia es la transmisión de calor.

● Protón ● Electrón ○ Neutrón - - - - Nivel de energía

Hidrógeno



Helio



Cada átomo tiene una serie de orbitales atómicos posibles para cada electrón. Cada orbital corresponde a un nivel de energía exacto permitido.

Los átomos absorben o emiten fotones [radiación electromagnética] con la energía correspondiente al salto de un orbital a otro, es decir, emiten luz a unas determinadas frecuencias y no a otras.

En astronomía, esta característica permite saber de qué material están hechas las estrellas analizando la luz que nos llega. [Autor]

A partir de cierto instante, el fotón cuando choca es capaz de hacer saltar un electrón de su órbita atómica a una órbita superior.

Esta forma tampoco implica una alteración fundamental del átomo. Los electrones normalmente saltan de una órbita a otra por diversos factores.

Cuando el electrón de un átomo salta de una órbita de mayor energía a otra de menos energía genera un fotón. Es decir, son los saltos de orbitales atómicos la forma usual de generar radiación electromagnética.

Cuando un átomo recibe un fotón con exactamente la misma energía que necesita para que uno de sus electrones pase a un nivel de mayor energía, el fotón queda completamente absorbido. Es justo la operación contraria.

Cuando hay una diferencia positiva de energía, que no corresponde a ningún nivel permitido en el átomo, la diferencia se emite en forma de otro fotón de energía inferior.

### ¿Qué ocurre cuando un electrón recibe a un fotón muy energético?

Cuando un electrón recibe a un fotón muy energético (del orden de varios eV), la energía obtenida por el electrón puede ser tan fuerte que escape del átomo.

En ese caso decimos que el átomo ha quedado indirectamente ionizado. Pues ha perdido un elemento de carga eléctrica a pesar de que ha interactuado con una partícula no cargada eléctricamente.

Si éste fenómeno se produce en un material que tiene facilidad para mover sus electrones, como por ejemplo un metal, dicha pérdida será fácilmente reemplazada por otro electrón.

Si se produce en un electrón responsable de algún enlace molecular, la molécula puede dañarse.

### ¿A partir de cuando la radiación electromagnética puede ser ionizante?

La radiación electromagnética es ionizante a partir de la frecuencia del Ultravioleta Medio. Hasta entonces, la radiación electromagnética no ioniza de ningún modo la materia.

### ¿Se podría ionizar la materia a menor frecuencia que el ultravioleta, quizás por simple estadística aplicando una intensidad excesiva?

¡Definitivamente no! La ionización no es una cuestión estadística ni aumenta progresivamente la capacidad de ionización según se incrementa la frecuencia.

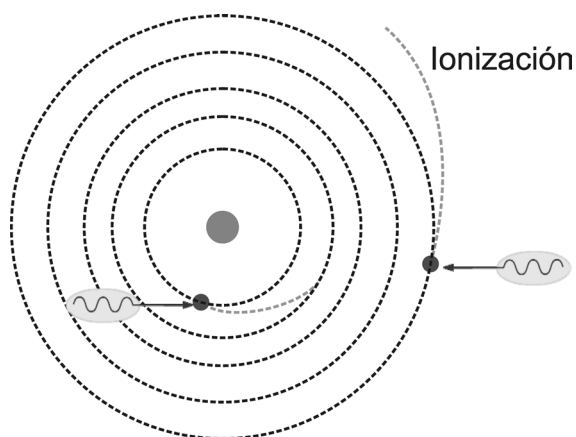
La ionización se produce a partir de un umbral de frecuencia de forma abrupta y éste umbral es una barrera de energía perfectamente definida, aunque varía según el material.

La cuestión de si la intensidad de la radiación favorecería por simple estadística la aparición de alguna ionización casual puede comprenderse como falsa si atendemos al siguiente símil:

La barrera de potencial necesaria para arrancar un electrón a un átomo se asemejaría a la distancia de, pongamos, la costa portuguesa con la de EEUU.

La energía de un fotón típico sería equivalente a la fuerza con que lanzaría un luso una piedra contra EEUU.

Por muchos miles de portugueses que intentaran lanzar piedras contra EEUU ni una sola piedra tocaría la costa, ya que individualmente es imposible que una sola piedra alcance la otra orilla.



Cuando un fotón interacciona con un átomo, mueve el electrón a niveles más energéticos. Estos niveles son limitados y precisos en cuanto a la energía que absorben o desprenden.

Cuando un electrón se encuentra en el nivel energético más bajo no le es posible de ninguna forma emitir un fotón. Igualmente cuando se encuentra en el nivel energético más alto, no absorberá más fotones, pues no puede emplear dicha energía para subir un nivel.

Sin embargo, si el fotón incidente es particularmente energético, puede empujar al electrón fuera de la estructura atómica cambiando el equilibrio de cargas existente en el átomo, esto es, ionizándose. [Autor]

En el caso de los fotones pasa lo mismo, cada fotón actúa de forma individual, por muchos millones de fotones que se lanzaran contra un determinado material, si la energía de cada fotón individual no alcanza a arrancar un solo electrón, el material no será ionizado independientemente de su intensidad.

### **¿Cómo se denomina a esta característica y como se ha medido?**

Esta característica se denomina efecto fotoeléctrico.

Albert Einstein fue el primero en explicar correctamente el fenómeno que ya había sido observado con antelación.

En el experimento que pone de relieve el efecto fotoeléctrico, se sitúan dos placas en el vacío. La corriente no puede circular porque los electrones de una placa no tienen suficiente energía para escapar del metal y salir disparados hacia la otra placa.

Cuando se iluminaba la placa con luz ultravioleta, los electrones eran arrancados de la placa y viajaban hasta la otra placa produciendo de forma brusca una corriente eléctrica.

Cuando se iluminaba con una frecuencia menor que cierta frecuencia umbral, no había circulación de corriente por mucho que se incrementara la intensidad de la misma. Los fotones no tenían suficiente energía para arrancar electrones al metal.

### **¿Cada materia se ioniza con la misma frecuencia?**

No, cada materia tiene un umbral de ionización distinto, por lo que habrá materiales que se ionicen a una frecuencia menor que otra.

Sin embargo, es precisa mucha energía para conseguir eso, por lo que prácticamente no hay materiales que se ionicen por debajo de 1 eV.

Los metales puros son los que más facilidad tienen para mover los electrones, por lo que se ionizarán a una menor frecuencia, el resto de materiales suelen ser más estables.

Por tanto, la luz visible, el ultravioleta y el ultravioleta cercano pueden ionizar ciertos materiales.

Sin embargo, la luz visible es tan ubicua que los materiales ionizables por dicha radiación suelen reaccionar espontáneamente y no se suelen encontrar en la naturaleza.

Las microondas y las ondas de radio no son capaces en absoluto de ionizar ningún material.

### **¿Cómo afecta a la salud la radiación indirectamente ionizante?**

La radiación ultravioleta a partir de 300nm, que coincide con el ultravioleta medio, tiene capacidad de romper o alterar los enlaces químicos de las moléculas que forman el cuerpo.

Esto es especialmente grave en el caso del ADN, ya que la radiación ultravioleta tiene capacidad de dañar directamente el ADN.

### **¿Es la radiación ultravioleta la principal forma de dañar el ADN?**

No, el ADN está siendo continuamente dañado y reparado por los propios mecanismos celulares por diversas agresiones de las que el ultravioleta representa una mínima parte.

Las principales causas son endógenas, principalmente por las reacciones oxidativas que el propio organismo produce a consecuencia de su propio metabolismo.

Entre las causas exógenas, las principales son los tóxicos. Productos químicos que se acoplan al ADN alterándolo como, por ejemplo, los compuestos aromáticos.

### **¿Qué relación hay entre el cáncer y el daño en el ADN?**

El cáncer es producto de una condición de error permanente en el ADN.

Para que se produzca un cáncer, el daño no ha debido ser muy severo ni muy ligero.

Si el daño ha sido ligero, los propios mecanismos celulares detectarían el daño y lo repararían.

Si el daño fuera masivo, simplemente la célula no podría funcionar y moriría sin dañar al resto del organismo.

Por tanto, el cáncer responde a un daño intermedio aunque no todo daño intermedio de una célula tiene que desembocar en un cáncer.

### **¿Cómo afecta al cuerpo humano la radiación no ionizante?**

La radiación no ionizante cuando ésta es absorbida por los tejidos humanos tiene como único efecto un incremento de la temperatura.

### **¿Cuánto se incrementa la temperatura del cuerpo cuando llamamos por el móvil?**

La cantidad de energía total transmitida por un teléfono móvil a un cuerpo es tan débil que ni siquiera alcanza una centésima de grado



## ¿Hay alguna fuente de energía no ionizante que produzca más calor?

Si, una simple chimenea.

La chimenea transmite su calor a nuestro cuerpo a través de radiación infrarroja, ya que el aire caliente se pierde por el tiro.

Por tanto, cuando nos acercamos a una chimenea nuestra piel está recibiendo muchísima energía procedente de la radiación infrarroja producto de la combustión. Ésta radiación es la que calienta nuestros tejidos.

Además los fotones individuales de la radiación infrarroja son muchísimos más energéticos que los microondas.

## ¿Significa esto que las chimeneas pueden ser peligrosas?

En absoluto.

El único peligro de una chimenea es quemarse, pero la quemadura térmica produce daños masivos en la célula (incluyendo el ADN), tan masivos que dichas células quemadas son inviables por sus daños. (Para cuando han dañado al ADN ya está dañado el resto de la célula). Por tanto, los efectos nocivos de una chimenea no van más allá de una típica quemadura.

## ¿Y porqué hay tantas medidas de seguridad en los hornos microondas?

Los hornos microondas emiten con una intensidad mil veces mayor que cualquier móvil ya que su uso, precisamente, es generar calor. Y en caso de exposición accidental generarían quemaduras en partes del cuerpo que generalmente están protegidas contra quemaduras accidentales, como pueden ser las corneas.

## ¿Puede la radiación no ionizante generar dolor de cabeza?

La radiación no ionizante tiene como único efecto, el llamado “efecto térmico”.

Cualquier otro efecto que se le quiera atribuir a las radiaciones no ionizantes carece de un mecanismo de acción físico y, por tanto, tiene muchas posibilidades de ser falso.

## ¿Puede existir gente especialmente sensible a las radiaciones?

Para que una persona pudiera “sentir” la presencia de radiaciones electromagnéticas necesitaría tener un órgano del cuerpo capacitado para ello.

Los ojos son precisamente detectores de radiación electromagnética en el espectro de la luz visible.

El cuerpo humano no tiene ningún otro tipo de detector directo, aunque si indirectos como los sensores táctiles de temperatura, incapaces de discriminar el origen concreto de la fuente de calor. (Radiación o contacto).

## ¿Qué cuerpos emiten radiaciones electromagnéticas?

Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética. Todos. Y la radiación que emiten es función exclusiva de su temperatura.



Una chimenea es uno de los primeros generadores de radiación electromagnética fabricados por el hombre. La chimenea genera gran cantidad de calor que es irradiada a través de dicha radiación. El aire caliente se escapa por el tiro, por lo que la única forma de calentarse es a través de la radiación infrarroja producida por la leña encendida.



El secador de pelo tiene un consumo de cerca de 2000 W y su potente motor eléctrico es fuente de radiación electromagnética de baja frecuencia y es el motivo por el que suele producir interferencias.

Muchos electrodomésticos tienen motores potentes que producen interferencias que suelen apreciarse cuando intentamos escuchar emisoras de radio. Entre éstos se encuentran las máquinas de afeitar, aspiradoras, batidoras de cocina, taladros, molinillos...

La mayoría de las veces las interferencias son producto de los contactos eléctricos del motor (escobillas) que producen chispazos por su conexión y desconexión durante la rotación del motor. [Archivo]

O dicho de otro modo, todo cuerpo va irradiando su energía calorífica en forma de radiación electromagnética, y ésta depende en exclusiva de la temperatura a la que se encuentra dicho cuerpo.

Así, una de las principales formas de crear una emisión de radiación electromagnética por parte del hombre ha sido la de quemar voluntariamente sustancias para proveerse de luz visible y calor (radiación infrarroja).

### **Cambiando de asunto, ¿Que características diferenciales tienen las radiaciones de frecuencias bajas?**

A baja frecuencia, la radiación electromagnética se comporta más como una onda y deja de apreciarse sus efectos como partícula. Las emisiones se vuelven menos direccionales, es decir, tienden a propagarse en todas direcciones y sortean mejor los obstáculos pequeños.

Por todo ello, a baja frecuencia ya dejamos de pensar en ellos como en un grupo de fotones sino como una onda eléctrica y otra magnética que viajan sin necesidad de un medio.

Finalmente, si la onda llega a 0 Hz lo que obtenemos es un campo eléctrico simple.

### **¿Cómo se generan los campos electromagnéticos de baja frecuencia por parte del ser humano?**

Como hemos dicho anteriormente, los campos de alta frecuencia se suelen generar calentando un cuerpo a alta temperatura (ésta es la forma de conseguir la luz de una bombilla).

Pero para frecuencias inferiores al infrarrojo la estrategia ya no puede ser la de calentar un cuerpo.

Para frecuencias inferiores, la radiación electromagnética se forma al generar una corriente eléctrica (campo eléctrico) variable en el tiempo (con determinada frecuencia) y facilitar que ésta escape (a través de una antena)

De forma involuntaria cualquier cable que transmita una corriente variable en el tiempo perderá parte de su energía en forma de radiación electromagnética.

### **¿Por qué se produce de ésta manera radiación electromagnética?**

Cuando una carga (por ej. un electrón) se mueve con cierta velocidad en vez de estar inmóvil, se produce un campo magnético perpendicular al sentido del movimiento.

El que una carga se mueva es porque hay un campo eléctrico, y este movimiento produce un campo magnético perpendicular. Y el fenómeno contrario también se produce a la vez.

Por tanto, la radiación electromagnética viaja a través del vacío porque no necesita ningún medio de propagación.

La radiación electromagnética está formada por un campo eléctrico que genera un campo magnético que a su vez vuelve a generar un campo eléctrico y así indefinidamente.

En el caso de un circuito eléctrico es la intensidad de corriente que atraviesa la sección de un conductor la que determina la intensidad del campo magnético generado.

Si un conductor es atravesado por una corriente eléctrica de intensidad variable, puede perder energía en forma de radiación electromagnética, y ésta pérdida es función exclusiva de la intensidad eléctrica y su frecuencia de cambio.

### **Resumiendo, ¿Cómo pierde energía un conductor?**

Las pérdidas de energía a través de un conductor eléctrico obedecen a dos causas. Pérdidas debidas a la resistencia eléctrica del material que son emitidas en forma de calor según la Ley de Joule y pérdidas en forma de radiación electromagnética que es función del campo magnético generado según la Ley de Ampere.

### **¿Entonces los hogares al usar corriente alterna generan radiaciones?**

Efectivamente, los aparatos eléctricos del hogar, especialmente los que más consumen, como las aspiradoras o los secadores de pelo emiten gran cantidad de emisiones electromagnéticas.

### **¿Tal vez tendríamos menor radiación si usáramos corriente continua?**

No necesariamente, los dispositivos del hogar que más radiación emitirían seguirían siendo los mismos, ya que los motores y transformadores seguirían necesitando alternar la corriente para su funcionamiento.

### **¿Qué sentido tiene utilizar corriente alterna? ¿No es más fácil trabajar con corriente continua?**

Precisamente, el uso de corriente alterna por parte del hombre atiende a razones de economía, es decir, el uso de corriente alterna permite transmitir la energía eléctrica a los hogares con la menor pérdida posible.

Por supuesto, la forma de perder energía es por calor y por emisión electromagnética.

### **Entonces, ¿cómo evitamos pérdidas usando la corriente alterna?**

La corriente alterna nos permite ahorrar energía evitando pérdidas de varias formas.

La primera es evitando costes de conversión. Convertir una línea eléctrica de un determinado voltaje a otra línea eléctrica de otro voltaje se realiza de forma económica y muy eficaz a través de un transformador.

La segunda es evitando costes de transporte.

Las pérdidas de energía a través de un conductor eléctrico son función exclusiva de la intensidad eléctrica que circula por ellas.

La energía transportada con un conductor es proporcional a su voltaje y a su intensidad.

Por tanto, para transportar una misma cantidad de energía eléctrica se puede hacer de dos maneras, o bien a poco voltaje pero mucha intensidad o bien a muy poca intensidad pero muy alto voltaje.

Está claro que cuanto mayor sea el voltaje y menor la intensidad, a igualdad de energía transportada, menores serán las pérdidas.

Por tanto, las líneas eléctricas de alta tensión lo son por una cuestión de eficacia en el transporte.

### **¿Por tanto, son peligrosas las líneas de alta tensión?**

Como se ha dicho anteriormente, las líneas de alta tensión lo son precisamente para minimizar pérdidas, incluyendo las pérdidas por radiación.

Por otra parte, la intensidad de campo disminuye con el cuadrado de la distancia, por lo que en el interior de una casa habría más polución electromagnética que la recibida por un lejano poste de alta tensión.

La peligrosidad de las líneas de alta tensión viene dada por la facilidad de “rotura del dieléctrico”, es decir, su capacidad de traspasar aislantes y facilitar descargas.

### **¿Qué tipo de radiación electromagnética emiten las líneas de distribución eléctrica?**

La radiación electromagnética generada en Europa es de 50Hz que es la frecuencia de alterna.

### **¿Qué peligros puede tener una radiación electromagnética de 50Hz?**

El principal peligro de una radiación de muy baja frecuencia es la posibilidad de inducir corriente eléctrica en otros aparatos eléctricos.

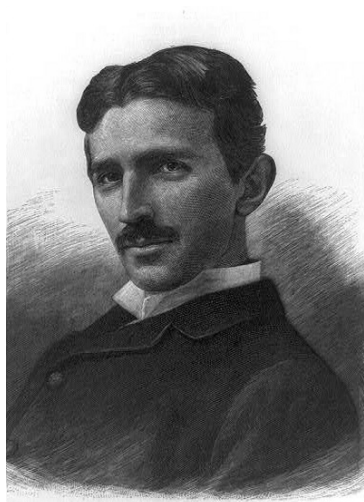
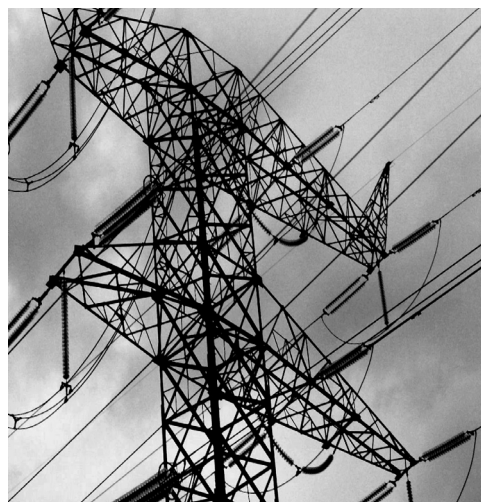
No hay ningún mecanismo conocido por el que una radiación electromagnética de muy baja frecuencia pueda afectar a seres vivos de otra forma que no sea por el llamado efecto térmico.

### **¿Es cierto que hay estudios epidemiológicos que demuestran la relación entre líneas de alta tensión y leucemia?**

Es cierto que algunos estudios muestra un ligero aumento de casos de leucemia entre los habitantes que viven en cerca de líneas de alta tensión.

Dichos estudios epidemiológicos no son concluyentes y suscitan dudas razonables entre la comunidad científica.

Sin embargo, y atendiendo a criterios de precaución, la comunidad científica está obligada a tener en cuenta esos datos para continuar los estudios y descartar definitivamente su vinculación.



Las líneas de alta tensión nos permiten transportar la energía eléctrica a grandes distancias sin apenas pérdidas energéticas y es precisamente atendiendo a dicha necesidad de transporte por lo que usamos corriente alterna, desarrollada por Nikola Tesla.

Además, la corriente alterna nos permite cambiar fácilmente de voltaje de una forma eficaz y barata usando el transformador eléctrico.

Los motores de corriente alterna, son más eficaces y controlables, sobre todo si empleamos varias fases.

[Archivo]

Hay que recordar que se trata de un estudio estadístico donde es muy difícil separar las variables que puedan influir. Podría simplemente ocurrir que los habitantes de zonas cercanas a líneas de alta tensión sean más pobres o vivan en condiciones menos saludables.

Otros estudios en trabajadores de centrales hidroeléctricas expuestos durante años a mayores dosis de radiación electromagnética no ha mostrado, sin embargo, relación alguna entre exposición a radiación electromagnética de muy baja frecuencia y aumento de tasas de enfermedades.

Por último hay que recordar que dicho fenómeno, de existir, no es reproducible en laboratorio ni hay mecanismo físico conocido por el que pudiera producirse dicha relación.

### **¿Son peligrosos los tubos fluorescentes?**

Los tubos fluorescentes son una manera muy económica de generar luz visible. Sin embargo pueden ser molestos para la vista ya que se apagan y encienden 50 veces por segundo. También es cierto que generan un poco de luz ultravioleta, pero una cantidad ridícula si se compara con la que recibimos de la luz del sol.

### **¿Es peligroso hacerse una radiografía?**

Las radiografías se realizan mediante rayos X que son radiación ionizante y, por tanto, peligrosas si uno se expone continuamente a ellos. Sin embargo, es mucho más dañina la exposición prolongada al sol, ya que se recibe radiación ultravioleta y, probablemente, alguna exposición a rayos cósmicos y la sensación de peligro es distinta.

### **¿Es peligroso someterse a una resonancia magnética?**

La resonancia magnética se basa en un principio totalmente distinto. La resonancia magnética se basa en la aplicación de un campo magnético muy intenso. Los campos magnéticos resultan totalmente inocuos para los seres vivos, e incluso se están fabricando actualmente los primeros trenes de levitación magnética.

### **¿Qué hay de cierto en las supuestas plantas que “se comen” las radiaciones”?**

Las radiaciones electromagnéticas no pueden ser redirigidas por ninguna materia orgánica y menos por “cactus” u otras plantas.

Poner una planta encima de un televisor no sirve absolutamente para nada, excepto decorar la estancia.

### **¿Qué hay de cierto en la gente que afirma tener dolor de cabeza cuando vive bajo una antena de telefonía en su azotea?**

Las antenas de telefonía no emiten hacia abajo, por lo que ninguna persona que se encuentre bajo dicha antena se encuentra recibiendo radiación electromagnética alguna.

### **¿Y de las personas que tienen una antena de telefonía en un edificio cercano?**

La comunicación que se establece con un teléfono móvil es bidireccional, es decir, tanto la antena de telefonía como el propio teléfono móvil deben ambos emitir con la suficiente potencia para que ambos elementos se escuchen mutuamente.

Tener una antena de telefonía en el edificio de enfrente no te hace recibir más radiación que la que tienes habitualmente hablando por el móvil.

Pero curiosamente, se da la paradoja de que si se alejaran las antenas de telefonía móvil a lugares más remotos, los teléfonos deberían emitir con más potencia para poder ser captados por las antenas.

Y la cercanía de un teléfono móvil es muchísimo mayor que la de la antena de cualquier edificio aledaño. Y la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia.

Podemos concluir, sin lugar a dudas, de que el malestar que sienten algunas personas por la cercanía de una antena de telefonía se debe únicamente a la autosugestión.

### **¿Dónde puedo encontrar información sobre todo este asunto?**

El 19 de julio de este año la Unión Europea sacó su informe sobre radiación electromagnética por parte del comité de salud humana.

Puede acceder a dicho informe en:

[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihhr/docs/scenihhr\\_o\\_0006.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_0006.pdf)

En la web de ARP-SAPC, hay un estupendo monográfico denominado *Antenas y Salud*:

<http://www.arp-sapc.org/articulos/antenasindex.html>

Por otra parte, Ferrán Tarrasa dió una estupenda conferencia el 4 de mayo de 2007 denominada “Telefonía móvil, desmontando mitos”. Se puede acceder a su presentación en:

<http://www.slideshare.net/giskard/telefona-mvil-y-salud-desmontando-mitos>