

## Nociones básicas de la luz

Introducción: características de la energía electromagnética.  
 Espectro y longitudes de onda útiles.  
 Propiedades ópticas de la luz.  
 Distribución de la luz. Ley del cuadrado inverso  
 Autoevaluación

### 1.- Introducción

#### 1.1. Naturaleza de la luz

La naturaleza de la luz ha sido estudiada desde hace muchos años por muchos científicos tan notables como Newton y Max Plank.

La naturaleza de la luz ha sido interpretada de diversas maneras:

Como compuesta por corpúsculos que viajaban por el espacio en línea recta (corpuscular - Newton); como ondas similares a las del sonido que requerían un medio para transportarse (el Eter) (Ondulatoria - Huygens, Young, Fresnel); como ondas electromagnéticas al encontrar sus características similares a las ondas de radio (electromagnética - Maxwell); y como paquetes de energía llamados cuantos (Plank). Finalmente Broglie en 1924 unifica la teoría electromagnética y la de los cuantos (que provienen de la ondulatoria y corpuscular) demostrando la doble naturaleza de la luz.

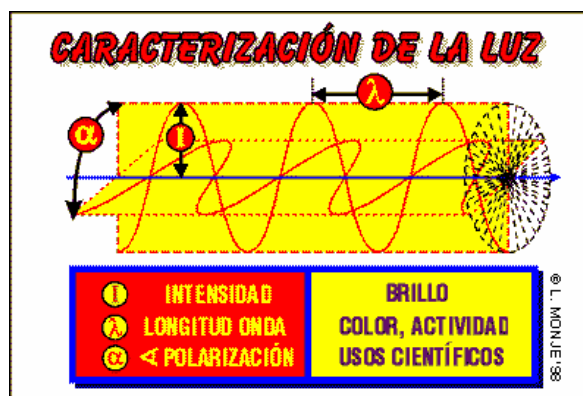
#### 1.2. Características de la luz

La luz es, pues, radiación electromagnética (EM), fluctuaciones de campos eléctricos y magnéticos en la naturaleza. Concretamente, la luz es energía y el fenómeno del color es un producto de la interacción de la energía y la materia. Las ondas electromagnéticas existen como consecuencia de dos efectos: Un campo magnético variable genera un campo eléctrico; un campo eléctrico variable produce un campo magnético. Las ondas electromagnéticas, pues, consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que están en ángulo recto (perpendiculares) entre sí y también son perpendiculares (ángulo recto) a la dirección de propagación de la onda. En definitiva, las ondas electromagnéticas son por naturaleza transversales.

Es irradiada a partir de una fuente (sol, lámpara, flash, etc.). Puede desplazarse en el vacío a altísimas velocidades (casi 300.000 km/s), y atravesar sustancias transparentes, descendiendo entonces su velocidad en función de la densidad del medio. Se propaga en línea recta en forma de ondas perpendiculares a la dirección del desplazamiento.

En fotografía, para cuantificar y cualificar la luz, hemos de considerar tres importantes parámetros:

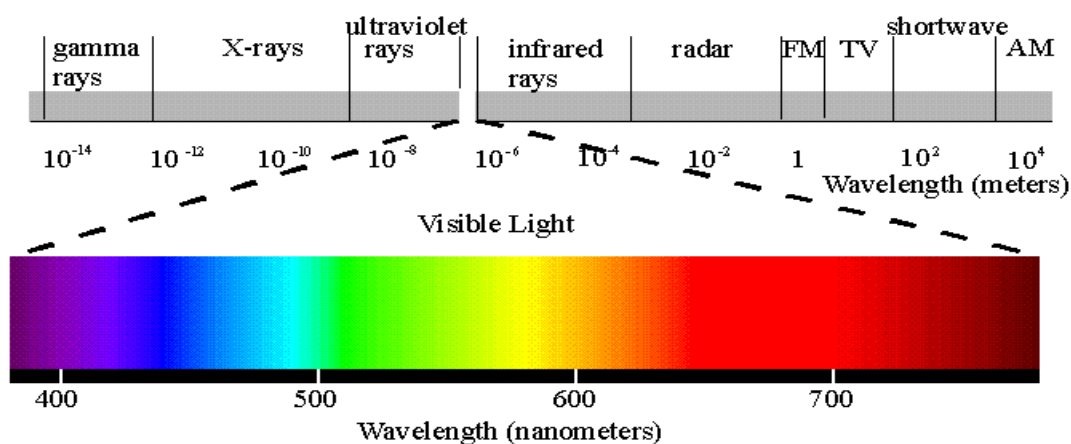
- ? La altura de las crestas de las ondas, que determinan el brillo o INTENSIDAD de la luz.
- ? La distancia entre dos crestas contiguas o LONGITUD DE ONDA, que determina tanto el color de la luz, como la capacidad de afectar o no al material fotosensible.
- ? El ÁNGULO DE POLARIZACIÓN, u orientación de las crestas respecto a la dirección de propagación. El uso fotográfico de la luz polarizada lo veremos más adelante.



## 2.- Espectro y longitud de onda

Como se demostró por Maxwell en 19 la luz es energía que viaja en forma de onda con un componente eléctrico y magnético. En la naturaleza se encuentran otros tipos de radiación electromagnética que difieren al de la luz en su amplitud y frecuencia que les da características especiales y únicas. Resumiendo se puede decir que las ondas electromagnéticas son una forma de transporte de energía y que la luz visible es una parte de ellas. Aunque todos los tipos de Energía Electromagnética poseen las mismas características, sus diferencias en cuanto a longitud de onda pueden ser enormes; así por ejemplo, la separación entre dos crestas de onda larga de radio llega a los 10 kilómetros, mientras que en los rayos gamma, desciende hasta milésimas de Angstróm.

- ? **Rayos Gamma:** Fueron descubiertos por Henry Becquerel en 1876 cuando encontró que una placas fotográficas cubiertas con plomo se velaron al estar colocadas junto a un trozo de Uranio. Los rayos Gamma son los mas energéticos del espectro (104 eV hasta 1019 eV) y con menor longitud de onda. Un fotón de energía de rayos Gamma es muy difícil de detectar y cuando se localiza es todavía mas difícil demostrar su comportamiento ondulatorio En el espectro estos rayos se extienden desde los 5x1019Hz hasta aproximadamente los 1022 Hz (longitud de onda entre los 6x10-12 y 3x10-14 mts).
- ? **Rayos X:** Los rayos X fueron descubiertos por el Físico William Roentgen en 1895, cuando observo que una radiación invisible podía atravesar la piel y los músculos para dibujar los huesos de un ser vivo en una placa. Los denominó X por ser totalmente desconocidos La región de los rayos X va desde los 2,4x1016 a los 5x1019 Hz, con longitud de onda muy reducido inferior a dos diámetros atómicos. Los rayos X se producen principalmente por una desaceleración rápida de partículas cargadas a alta velocidad.
- ? **Rayos Ultravioleta:** Localizados entre bs rayos X y el espectro de luz visible, los rayos ultravioleta fueron descubiertos por Johann Wilhelm Ritter en 1801 al lograr oscurecer sales de plata exponiéndolas mas allá del extremo violeta de la luz visible. Constituyen una parte importante de la luz que envía el Sol a la Tierra. Estos rayos tienen tal energía producen ionización de átomos y como consecuencia se forma la ionosfera en la tierra. Este fuerte efecto químico los hace tóxicos para la vida llevando a producir mutaciones cancerígenas en la piel. El Ozono es la sustancia encargada en nuestra atmósfera de absorber los rayos ultravioleta e impedir que lleguen a nosotros. Las pequeñas cantidades que llegan al ojo son absorbidos por la cornea y el cristalino. La región ultravioleta del espectro se extiende desde los 8x1014 hasta los 3,4x1016 Hz (con longitud de onda de 3,75x10-7 a 8x10-9 mts).



- ? **Luz Visible:** Isaac Newton fue el primero en descomponer la luz visible blanca del Sol en sus componentes mediante la utilización de un prisma. La luz Blanca esta constituida por la combinación de ondas que tienen energías semejantes y es debido a que ninguna de estas predomine sobre las otras. La radiación visible va desde 384x1012 hasta 769x1012 Hz. Las frecuencias mas bajas de la luz visible (Longitud de onda larga se perciben como rojas y las de mas alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas y entre ellas el espectro de luz visible. La luz visible se produce principalmente cuando de emiten ondas electromagnéticas a partir de átomos en los cuales hay una

transición de electrones entre cualquier nivel de energía y el nivel 2 a lo que se le conoce como serie Balmer

- ? **Rayos infrarrojos:** La radiación infrarroja fue descubierta por el astrónomo William Herschel (1738-1822) en 1800, al medir la alta temperatura mas allá de la zona roja del espectro visible. La radiación infrarroja se localiza en el espectro entre  $3 \times 10^{11}$  Hz hasta aproximadamente los  $4 \times 10^{14}$  Hz. La banda infrarroja se divide en tres secciones Próxima ( a lo visible. 780 - 2500 nm), Intermedia (2500 - 50000 nm) y, Lejana (50000 - 1mm). Toda molécula que tenga un temperatura superior al cero absoluto (-273°K) emite rayos infrarrojos y estos serán mayores entre mas temperatura tenga el objeto.
- ? **Microondas:** La región de las microondas se encuentra entre los 109 hasta aproximadamente  $3 \times 10^{11}$  Hz (con longitud de onda entre 30 cm e 1 mm).
- ? **Ondas de Radio:** Heinrich Hertz (1857-1894), en el año de 1887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud de onda del orden de un metro. La región de ondas de radio se extiende desde algunos Hertz hasta 109 Hz con longitudes de onda desde muchos kilómetros hasta menos de 30 cm.

### 3. La luz

El ojo humano solo es capaz de distinguir radiaciones entre 400 y 700 nm., por debajo de los 400 nm. entramos en la franja de las radiaciones ultravioletas, y por encima de los 700 nm., en la región del infrarrojo. Una mezcla proporcionada de todas las longitudes de onda entre 400 y 500 nm., constituye la luz blanca. De igual forma, si interponemos un prisma en un haz de luz blanca, volvemos a descomponer ésta en varias bandas continuas de colores o longitudes de onda diferentes, cuyo orden será siempre el mismo. Una fuente como el sol, emite radiación de todas las longitudes de onda, pero afortunadamente la atmósfera, absorbe la mayor parte de las de onda corta y sólo parte de las radiaciones ultravioleta nos llegan a la Tierra. Las películas fotográficas ordinarias, tanto en B/N como en color, son sensibles a la luz visible y a todas las longitudes de onda inferiores. Algunas películas especiales, están sensibilizadas además a hasta el infrarrojo (Kodak High Speed Infrared hasta los 900 nm.), y han supuesto hasta hace poco, el límite superior de la fotografía convencional. Es muy importante que el fotógrafo recuerde que por debajo del espectro visible, la película sigue siendo impresionable.

El ojo humano, incapacitado para detectar emisiones por debajo de los 4.00 nm, no aprecia por ejemplo los excesos de ultravioleta del ambiente y así, fotografiando por encima de los 1.800 m. de altitud suelen aparecer colores azulados dominando las fotografías, que podrían haber sido eliminados interponiendo un filtro apropiado; de igual forma, las radiaciones ionizantes: R-X, rayos gamma, etc., producidas por radioisótopos y emisores artificiales impresionan todos los tipos de película; (esto conviene recordarlo cuando se lleven carretes de alta sensibilidad en el equipaje de mano en aeropuertos, sobre todo de los países del Este cuya emisión es más intensa, para evitar el velado parcial de la película).

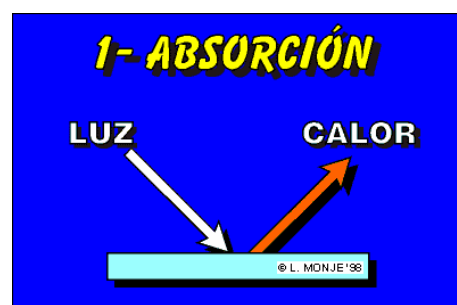
Las radiografías, autoradiografías y otros métodos de visualización con radioisótopos, se basan en estas propiedades, pero descartan el uso de cámaras y objetivos por la opacidad del vidrio a las longitudes de onda corta inferiores a 350 nm \*.

\*(Por debajo de los 350 y hasta los 180 nm., habría que utilizar objetivos de cuarzo. La gelatina, además, es opaca por debajo de los 210 nm., por lo que se usan emulsiones especiales. Para fotografiar por debajo de los 190 nm. hay que eliminar además todo rastro de vapor de agua).

En teoría, hoy puede "fotografiarse" indirectamente a cualquier longitud de onda, siempre que exista un detector electrónico adecuado, enviando la señal a una pantalla de fósforo y fotografiando ésta, pero ni la calidad sería comparable, ni podría considerarse esto fotografía en sentido estricto.

### 4. Propiedades de la luz

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, su comportamiento varía según sea la superficie y constitución de dicho cuerpo, y la inclinación de los rayos incidentes, dando lugar a los siguientes fenómenos físicos:



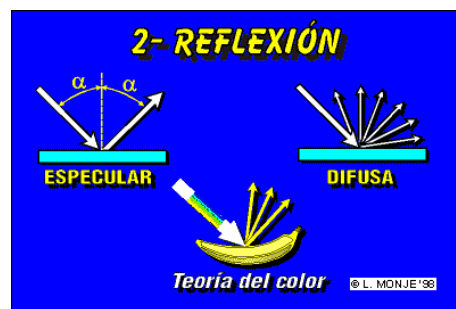
**a) Absorción**

Al incidir un rayo de luz visible sobre una superficie negra, mate y opaca, es absorbido prácticamente en su totalidad, transformándose en calor.

**b) Reflexión**

Cuando la luz incide sobre una superficie lisa y brillante, se refleja totalmente en un ángulo igual al de incidencia (**REFLEXIÓN ESPECULAR**).

Si la superficie no es del todo lisa, y brillante, refleja sólo parte de la luz que le llega y además lo hace en todas direcciones, como en el caso de los reflectores fotográficos de poliespán.



A este fenómeno se le conoce con el nombre de **REFLEXIÓN DIFUSA**, y es la base de la Teoría del Color, que dice que:

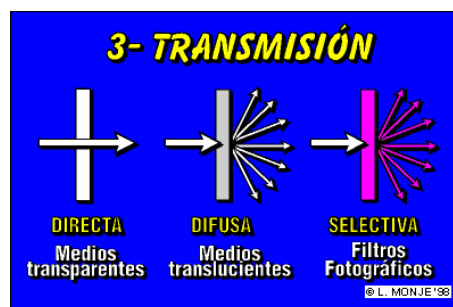
al incidir sobre un objeto un haz de ondas de distinta longitud, absorbe unas y refleja otras, siendo estas últimas las que en conjunto determinan el color del objeto.

**c) Transmisión**

Es el fenómeno por el cual la luz puede atravesar objetos no opacos. La transmisión es **DIRECTA** cuando el haz de luz se desplaza en el nuevo medio íntegramente y de forma lineal. A estos medios se les conoce como **TRANSPARENTES**.

La transmisión es **DIFUSA**, si en el interior del cuerpo el rayo se dispersa en varias direcciones, tal como ocurre en el vidrio opal, ciertos plásticos, papel vegetal, etc. A estos materiales se les denomina **TRANSLUCIENTES**.

Existe un tercer tipo de transmisión, la **SELECTIVA** que ocurre cuando ciertos materiales, vidrios, plásticos o gelatinas coloreadas dejan pasar sólo ciertas longitudes de onda y absorben otras, como es el caso de los filtros fotográficos.



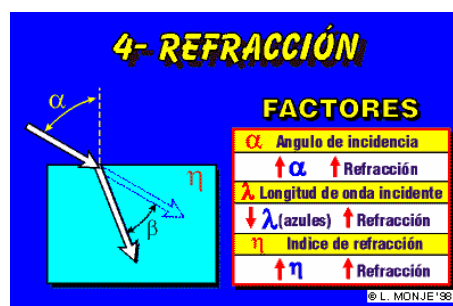
**d) Refracción**

Es un fenómeno que ocurre dentro del de transmisión. Cuando los rayos luminosos inciden oblicuamente sobre un medio transparente, o pasan de un medio a otro de distinta densidad, experimentan un cambio de dirección que está en función del ángulo de incidencia ( a mayor ángulo mayor refracción), de la longitud de onda incidente ( a menor longitud de onda mayor refracción), y del índice de refracción de un medio respecto al otro.

Este fenómeno tiene mucha importancia en fotografía, ya que la luz antes de formar la imagen fotográfica ha de cambiar frecuentemente de medio: aire - filtros - vidrios de los objetivos - soporte de la película.

Ya dijimos que la luz disminuye su velocidad en función de la densidad del medio que atraviesa. En el caso de los vidrios ópticos, viene a ser aproximadamente de unos 195.000 Km/seg.

Si un rayo de luz incide perpendicularmente sobre la superficie del vidrio, sufre una disminución de su velocidad pero no se desvía. por el contrario, si lo hace oblicuamente, la parte del rayo que llegue primero sufrirá un frenazo y continuará avanzando a inferior velocidad,



mientras que el resto del rayo continúa todavía unos instantes a mayor velocidad.

Esta diferencia de velocidades en la parte frontal del rayo luminoso es la que produce la desviación de su trayectoria.

Quizá se comprenda mejor si imaginamos un coche que circulando por autopista penetra en una zona embarrada: si entra de frente, sufrirá una disminución de su velocidad pero continuará recto. Pero si penetra oblicuamente, una rueda se verá frenada antes que la otra con el consiguiente cambio de trayectoria.

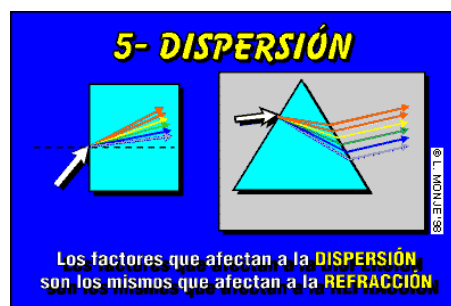
### e) **Dispersión**

Como acabamos de ver, uno de los factores que afectaban a la refracción, era la longitud de onda de la luz incidente. Como la luz blanca es un conjunto de diversas longitudes de onda, si un rayo cambia oblicuamente de medio, cada una de las radiaciones se refractará de forma desigual, produciéndose una separación de las mismas, desviándose menos las de onda larga como el rojo y más las cercanas al violeta.

Un prisma produce mayor difracción porque además, al no ser sus caras paralelas, los rayos refractados han de recorrer un camino aún mayor que provoca, al salir el rayo, una refracción más exagerada.

En la práctica la dispersión determina el color del cielo y por tanto la iluminación natural, así como las aberraciones cromáticas y el diseño de las lentes que veremos más adelante.

A primera vista, el estudio de la luz puede parecer más de física que de fotografía, pero en realidad su perfecto conocimiento resulta imprescindible para dominar el proceso fotográfico y utilizar adecuadamente los objetivos, filtros, iluminación, etc.



### f) **Difracción**

Es la desviación de los rayos luminosos cuando inciden sobre el borde de un objeto opaco. El fenómeno es más intenso cuando el borde es afilado.

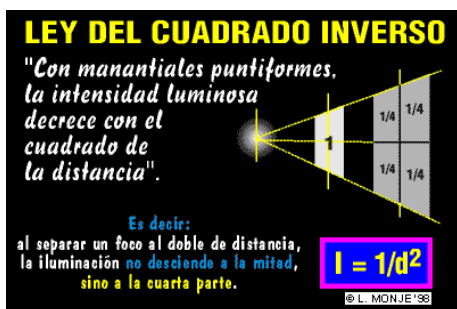
Aunque la luz se propaga en línea recta, sigue teniendo naturaleza ondulatoria y, al chocar con un borde afilado, se produce un segundo tren de ondas circular, al igual que en un estanque. Esto da lugar a una zona de penumbra que destruye la nitidez entre las zonas de luz y sombra.

Este fenómeno ocurre, como veremos más adelante, al incidir la luz sobre los afilados bordes del diafragma.



## 5.- Distribución de la luz

Dado que la luz se desplaza en línea recta, los rayos procedentes de un manantial puntiforme tenderán a separarse al aumentar la distancia. Debido a ello, una superficie pequeña cercana a un manantial luminoso, recibirá igual cantidad de luz que otra más grande a mayor distancia; es decir la intensidad luminosa decrece al separarnos del foco luminoso.



La variación de la intensidad de la luz con la distancia se rige por la LEY DEL CUADRADO INVERSO, y es fundamental conocerla pues es la causa de muchos errores fotográficos.

Intuitivamente suele pensarse que al doblar la distancia de un objeto a un punto de luz, por ejemplo un flash, la luz disminuiría a la mitad, pero en realidad lo hace a la cuarta parte.

Según dicha ley: *Cuando una superficie está iluminada por un manantial de luz puntiforme, la intensidad de la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la*

*distancia respecto al foco de luz.*

$I = 1/d^2$  Es decir, si la distancia se dobla, la iluminación disminuye a  $(1/2)^2$ , es decir a  $1/4$ .

Esto resulta fácil de comprobar si en una habitación oscura colocamos un a cartulina blanca a una distancia dada de una bombilla y tomamos la medida de la luz sobre ella con un fotómetro; si ahora separamos la cartulina al doble de distancia respecto a la bombilla veremos como la lectura del fotómetro se reduce no a la mitad, sino a la cuarta parte.

### Actividades

1. ¿Qué tres parámetros definen una emisión luminosa?
2. ¿Cuales de las siguientes longitudes de onda (en nm) están dentro del espectro visible?: 500, 800, 200, 300, 900, 600, 1000, 450.
3. ¿Qué dice la Teoría del color?
4. ¿Qué factores determinan el grado de refracción de un rayo de luz?
5. ¿Con película normal (pancromática) en blanco y negro, pueden fotografiarse objetos invisibles?
6. Un objeto situado a 8 m de una fuente de luz puntual, recibe una intensidad luminosa de valor 2.
7. Qué intensidad recibirá si lo aproximamos a 4 metros?

Para saber más

<http://www.todo-argentina.net/fisica/luz/ondas.html>

[http://edison.upc.es/curs/llum/luz\\_vision/luz.html](http://edison.upc.es/curs/llum/luz_vision/luz.html)