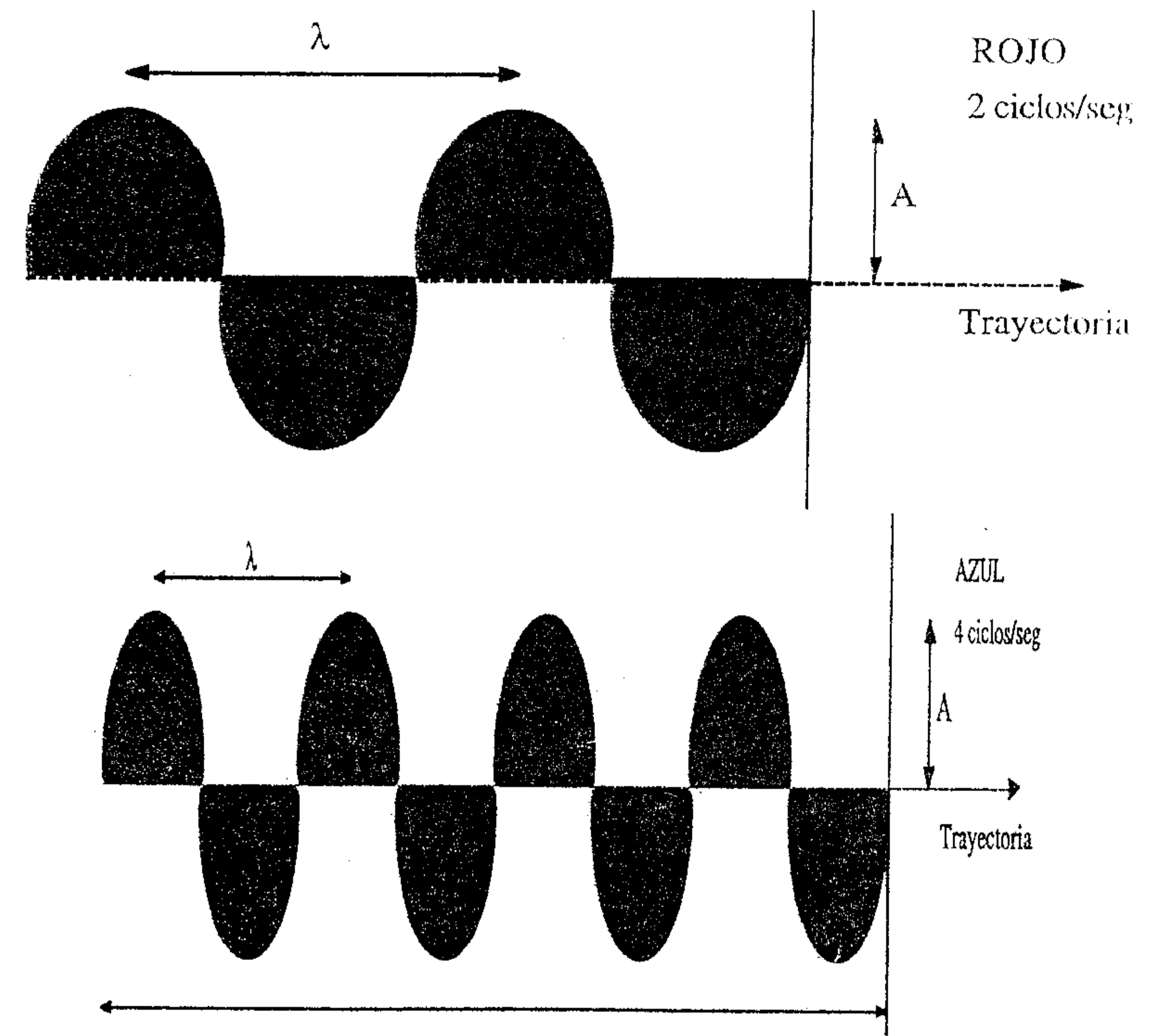


CAPÍTULO III

LA NATURALEZA DE LA LUZ

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

En la actualidad coexisten dos teorías opuestas sobre la naturaleza de la luz, siendo imposible explicar cada una por separado por todos los fenómenos luminosos existentes, pero debido a la conjunción de ambas se admite que la luz está formada por **fotones**¹ en lo referente a su interacción con la materia, y por **ondas electromagnéticas** en cuanto a su propagación.



(b)
0035

Figura 48
 λ = Longitud de Onda (lambda) — A = Amplitud

¹ Fotón es una partícula elemental de luz, sin carga eléctrica, que se desprende del átomo cuando éste se desintegra y es parte también de las cuantas, fenómenos físicos y de energía.

La luz es una de las formas conocidas de energía radiante que se propaga en forma de ondas. Esta forma de energía viaja a una velocidad de 300.000 Km/seg. en el vacío, pero difiere en longitud de onda y frecuencia con las otras energías y a su vez, la luz entre sus límites también difiere en la gama de los colores visibles.

La longitud de onda² es la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente. En tanto que la frecuencia es el número de ondas que pasan por un punto dado en un segundo.

La longitud de onda varía siempre de manera inversa a la frecuencia. La frecuencia resulta mucho más difícil de medir que la longitud de onda, la cual puede ser determinada con gran precisión. Por ello cada radiación se suele identificar por su longitud de onda, cuando se propaga en el aire. Todas las formas de energía electromagnética se pueden representar gráficamente por el orden creciente de sus longitudes de onda, en lo que se llama un espectro electromagnético, el cual parte de los rayos gamma en la banda de los 10^{-15} metros, de longitud de onda y alcanza hasta las ondas de radio de 10 metros y las de varios Km de longitud.

Las diferentes radiaciones constituyen un **espectro continuo**, en el cual se pasa de una a otra en forma gradual.

Dentro del espectro electromagnético, el espacio que ocupan las **radiaciones visibles** (la luz), es relativamente muy pequeño y sus distintas longitudes se expresan en **micras** (μ), **milimicras** (mm) o **nanómetros** y en unidades Angstrom (\AA).

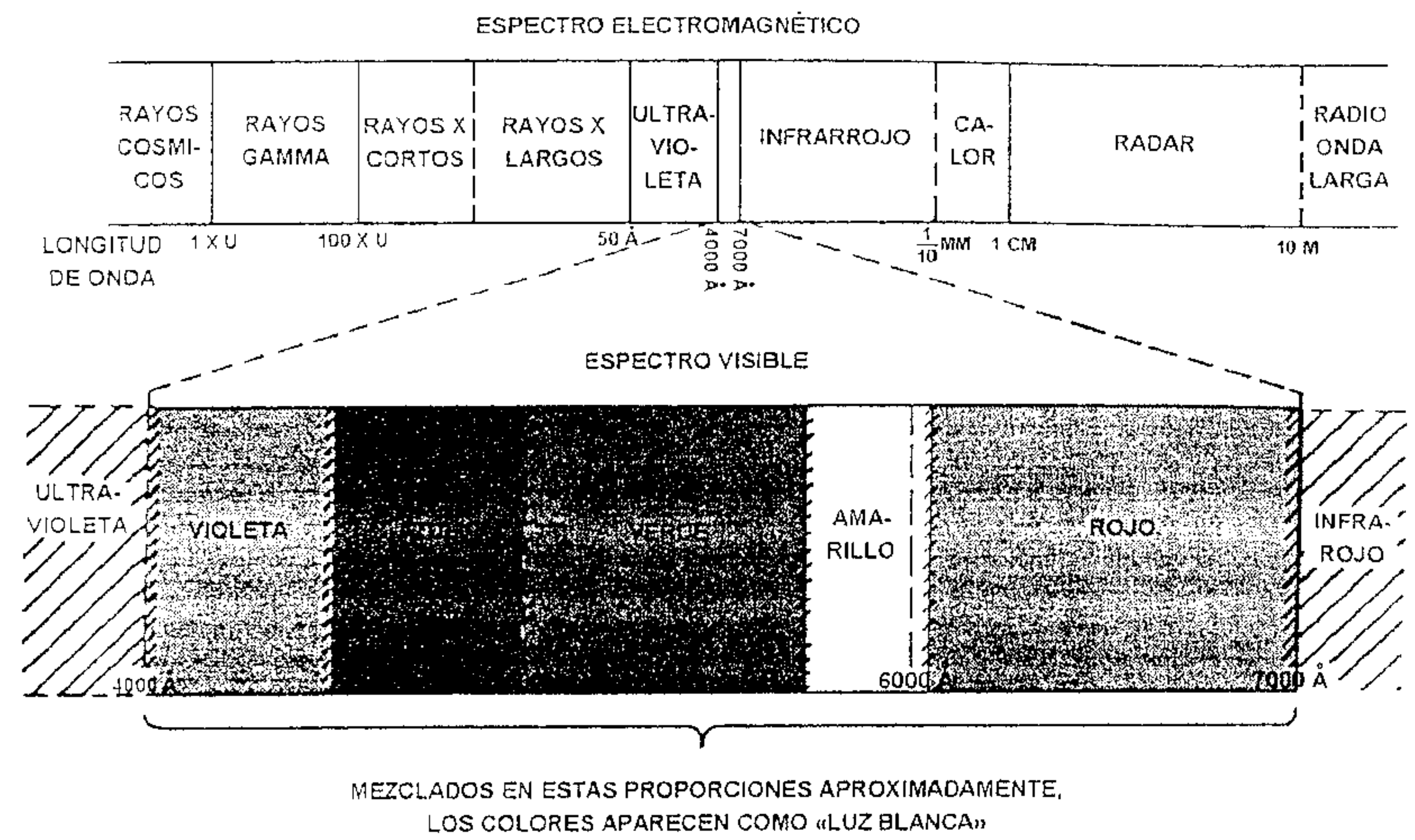
1μ	=	(10^{-3} mm)	o	(10^{-4} cm)	o	(10^{-6} metros)
$1m\mu$	=	(10^{-6} mm)	o	(10^{-7} cm)	o	(10^{-9} metros)
1\AA	=	(10^{-7} mm)	o	(10^{-8} cm)	o	$(10^{-10} \text{ metros})$

La luz, tal como la conocen nuestros ojos, es una faja relativamente estrecha de energía electromagnética, irradiada con longitudes de onda que van desde unos 4000\AA (400 nm, violeta) hasta 7000\AA (711 nm, rojo). Por debajo de los 4000\AA están los **rayos ultravioletas** y por encima de los 7000\AA , los **rayos infrarrojos**. Estas dos últimas formas de radiación, a pesar de no ser visibles, pueden sin embargo impresionar la película cinematográfica.

Como vemos, cada longitud de onda produce un estímulo diferente en la parte posterior de nuestros ojos y eso es reconocido por nuestro cerebro como un **color**.

La mezcla de todos los colores (de todas las longitudes de onda), o de los más visibles, es considerada la **luz blanca**.

² Indicada con la letra griega λ (lambda) lo que equivale a una onda completa o ciclo.



(c)

Figura 49

Por razones de comodidad en nuestros trabajos, ya que no existen divisiones exactas entre las longitudes de onda, les dimos estos límites.

Color	Entre
violeta	4000Å y 4500Å
azul	4500Å y 5000Å
verde	5000Å y 5800Å
amarillo	5800Å y 6100Å
rojo	6100Å y 7000Å

Tabla 9

Es importante recordar estos colores y sus longitudes de onda aproximadamente. Una ayuda puede ser la sigla "VAVAR", siendo la frase "Ven A Ver A Ramón".

Las modificaciones en la intensidad de la luz diurna, según la hora y las condiciones atmosféricas son fácilmente apreciables, pero un hecho menos aparente es que la calidad del color de esa luz varía considerablemente, es decir, contiene diferentes proporciones de diversas longitudes de onda.

De modo similar, la luz de tungsteno parece blanca y tiende a ser considerada como tal; sin embargo, para igual intensidad visual, contiene mucho menos azul y más rojo que la luz diurna. Esto resulta evidente cuando el ojo puede comparar directamente ambos tipos de luz.

En una habitación con luz diurna, una lámpara de tungsteno daría una luz que veríamos amarillenta, porque nuestros ojos están adaptados a la luz diurna.

(c) Figura color ver en pag. 406.

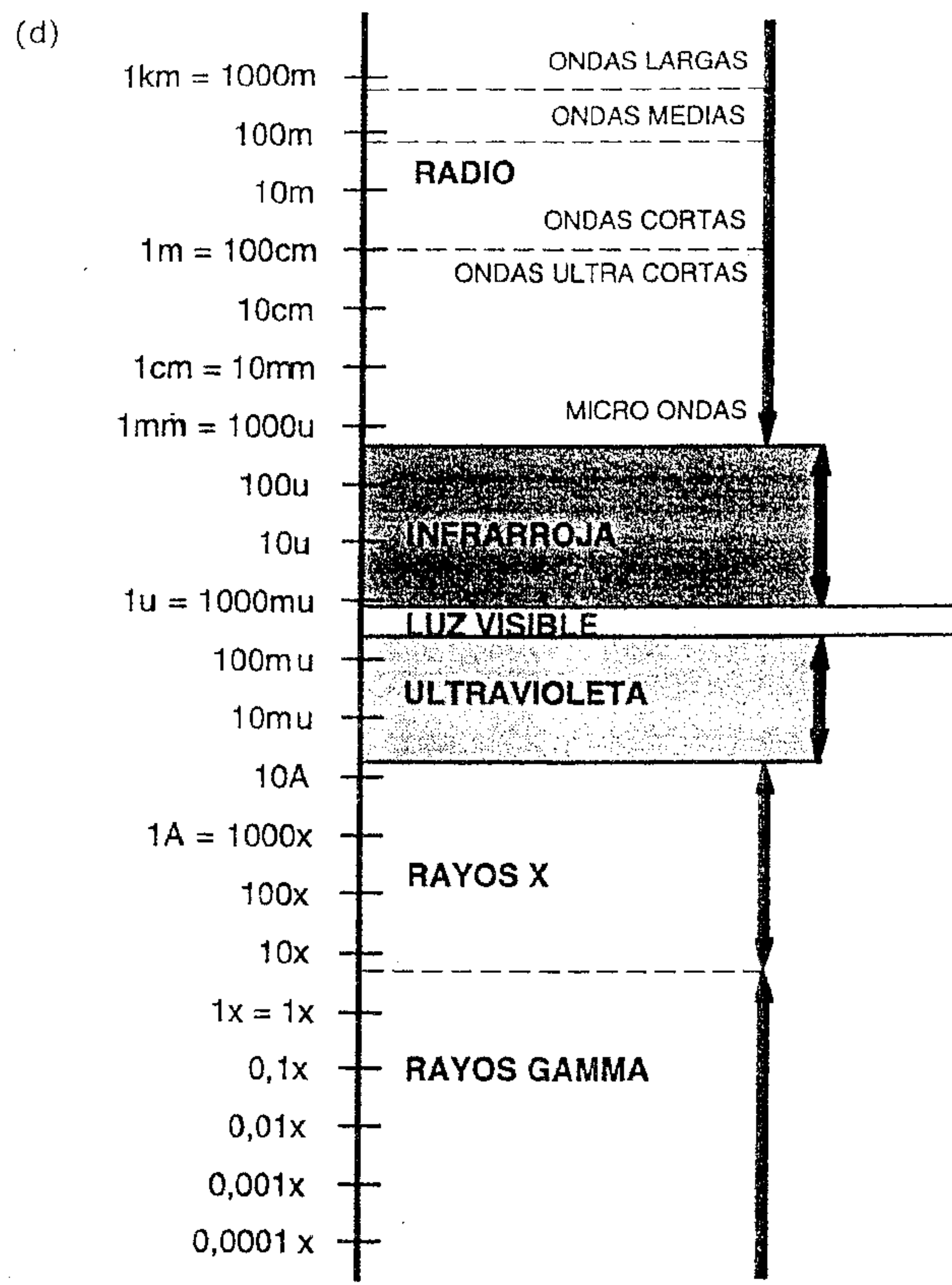


Figura 50

En fotografía, el color se simplifica tomando solamente los colores azul-verde-rojo como primarios, produciéndose el resto de los colores por la mezcla de estos tres en distintas proporciones.

Vemos también como un prisma descompone la luz blanca en todos los colores que forman el espectro visible.

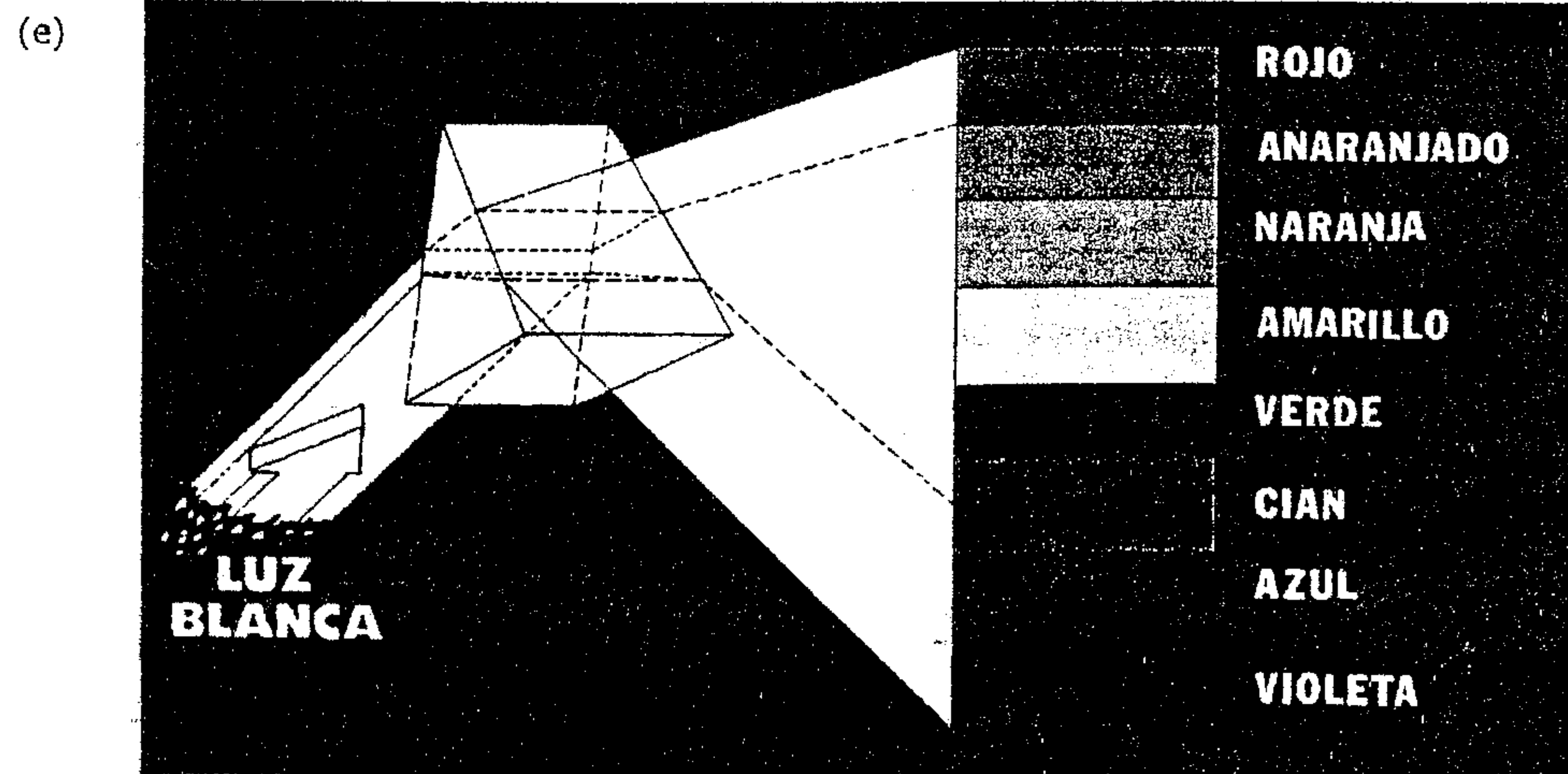


Figura 51: Descomposición de la luz blanca.

(d) y (e) Figuras color ver en pag. 407.

TEORÍAS ACTUALES DE LA PROPAGACIÓN DE LA ENERGÍA

La energía radiante puede ser generada de varios modos, uno de ellos, es calentando un cuerpo, y a eso se lo llama **Emisión por Temperatura**.

Una de las principales propiedades de la energía radiante es la de llegar hasta nuestros sentidos, es decir, la de propagarse, incluso a través del vacío.

Diversas son las teorías sobre la propagación de esta forma de energía a partir de los cuerpos que la emiten. Uno de ellos es la **Rectilínea** ó también llamada en su forma de aplicación sobre las leyes ópticas, la **Geométrica** (también llamada **Corpuscular**).

Los griegos consideraron la luz como un haz de diminutos corpúsculos proyectados por un cuerpo luminoso.

La más importante teoría, al menos visto históricamente, fue la de Aristóteles, quien fue el primero en imaginar que existiese un medio como vehículo de propagación de la luz.

Según la teoría geométrica, la luz emitida por una fuente **puntual luminosa**, puede ser representada por un cierto número de líneas rectas, distribuidas uniformemente en torno al punto de origen.

Otra de las teorías es la ondulatoria. ¿Cómo podemos explicar algo que no vemos con nuestros ojos, cómo son las ondas electromagnéticas de la luz?. Apliquemos un modo de explicación con un ejemplo muy simple y muchas veces visto por nuestros ojos. Este ejemplo es el de las ondas que se forman en un estanque lleno con agua en estado de reposo, al arrojar en ella una piedra en un lugar predeterminado.

El líquido inmediatamente se ondula y además, uno nota que dichas ondas, tienden a salir afuera del estanque que la contiene. Vemos por ejemplo, que si hay algo flotando en el agua, ese cuerpo no se va hacia afuera, simplemente sube y baja en el mismo lugar a pesar de la sensación que nos da la onda que se dirige hacia afuera.

Resumiendo este efecto, podemos decir, que la onda producida tiene un desplazamiento hacia afuera, mientras tanto, la materia, que en nuestro caso es el agua, queda en su sitio. Si trazamos el movimiento en un par de ejes como en la figura 52, tendremos que el agua en un instante está en reposo, el siguiente estará alto, el siguiente nuevamente a nivel de reposo, el siguiente estará abajo del nivel de reposo y así sucesivamente.

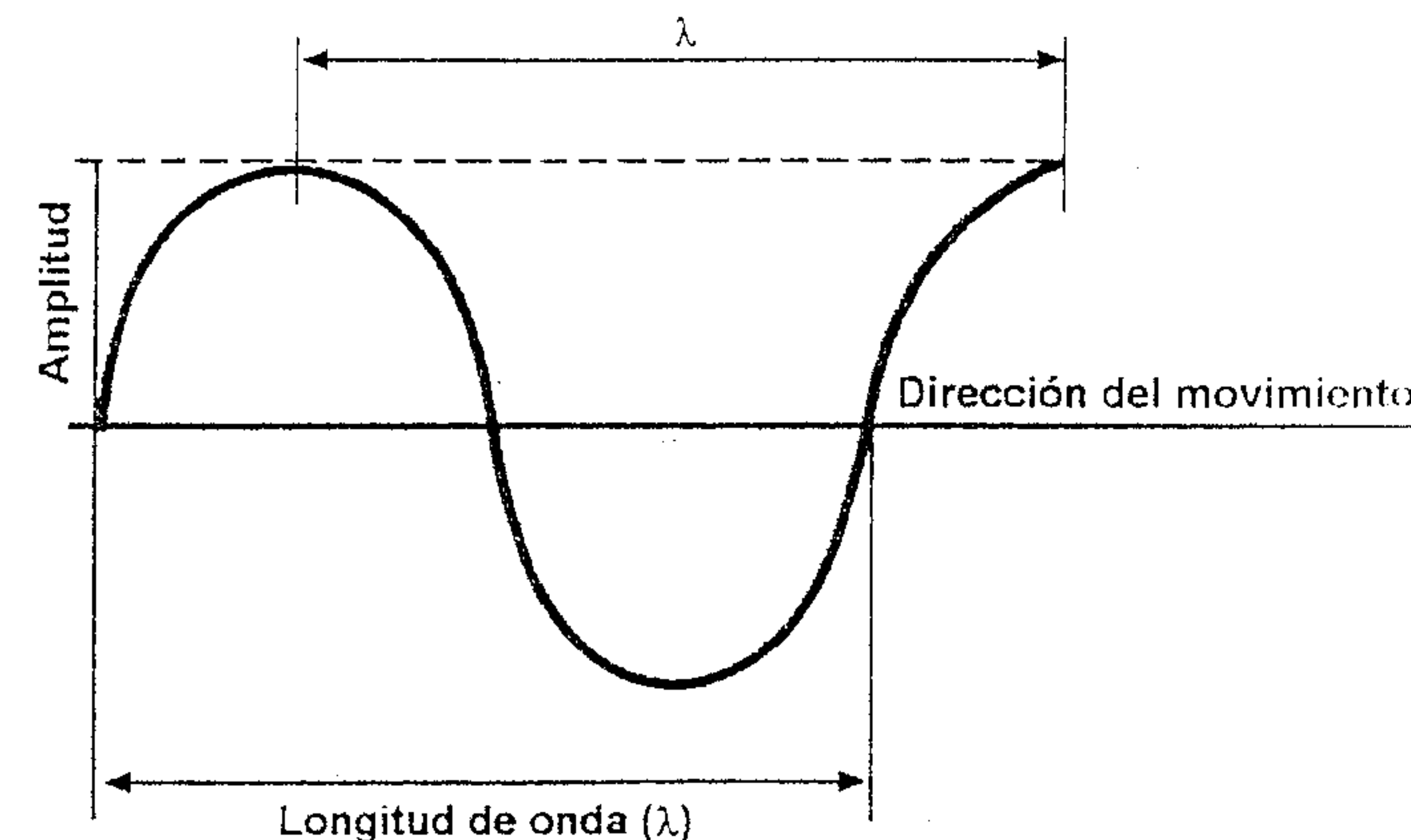


Figura 52

En definitiva, la onda tiene una cierta regularidad en su forma y en sus movimientos que se repiten en sí mismo, la distancia entre crestas o puntos de reposo es la **longitud de onda** λ (lambda). También medimos la altura de esas crestas, que son parejas en su recorrido y tenemos la A (Amplitud).

Observando una cresta, vemos que esta tiene un recorrido, un desplazamiento, y pudiendo medir en cuanto tiempo le insume ese recorrido, tendremos una velocidad (determinada, que será constante si mantengo la perturbación (la energía que la produce) en el líquido (materia). Pero si solamente tiré una piedra, las ondas se van atenuando, porque me quedé sin energía. En conclusión, lo que realmente sucede, es que las ondas no se aceleran y mantienen una constante durante la emisión de energía de un cuerpo. Las ondas de luz tienen una velocidad constante siempre que viajen en un mismo medio transparente, y que no cambien de él. Esto es debido a que la onda luminosa no es una onda en la materia como en el caso del agua, sino, que es la misma onda en sí misma.

Observemos el caso anterior del agua; la materia (el agua) en su movimiento (arriba y abajo) va rozando entre sí sus moléculas, ya que es un medio viscoso, y en ese rozamiento hay una pérdida de energía y la onda en materia se irá desvaneciendo.

Casi contemporáneamente, Maxwell desarrolló la teoría sobre la propagación de las ondas electromagnéticas, y su trabajo, seguido por el de Hertz, llevó al convencimiento de que las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío con la misma velocidad con que se propagan las ondas luminosas.

Las radiaciones electromagnéticas que tienen longitudes de onda entre 1 y 100 unidades X (diez mil millonésimas de milímetro = $1/10.000.000$ mm = $0,000.000.01$ mm) poseen propiedades entre las cuales figura la posibilidad de penetrar metales densos o destruir los tejidos humanos. A medida que aumentan las longitudes de onda en millares de unidades X, las radiaciones cambian, pasando de rayos gamma y rayos X (duros) hasta la radiación X (suave), rayos que poseen potencia menos penetrante y de reducidos efectos mortales, por lo cual se los utiliza en medicina. Las longitudes de onda más largas y a partir de las ultravioleta se suelen calibrar en unidades Angström o milimicras ($m\mu$).

1 Angström (1 \AA) = $1/10$ millonésima de mm = 10^{-8} cm = 10^{-10} mts.
1 milimicra ($1 m\mu$) = 1 millonésima de mm = 10^{-7} cm = 10^{-9} mts. = 1 nanómetro

Las radiaciones superiores a las 50 U \AA hasta 4.000 U \AA tienen poca capacidad de penetración y, en cambio, posee la posibilidad de blanquear colorantes y producir **fluorescencia** en algunas sustancias. Esta radiación se la conoce como **ultravioleta**.

El cuerpo humano no puede sentir la presencia de los rayos gamma, X ó ultravioleta; si bien todos ellos pueden ser nocivos para los tejidos humanos. Por suerte, las radiaciones procedentes de fuentes naturales, situadas en el espacio exterior, ven interceptado su camino por las capas ionizadoras de la atmósfera superior de la Tierra.

La estrecha franja comprendida entre los 4.000 y 8.000 U \AA tiene la capacidad de estimular la retina, dándonos la sensación de luz. De ahí, que tal radiación se la conozca como **luz visible**.

A partir de los 8.000 U \AA y hasta una longitud de onda de $1/10$ mm, la radiación ya no estimula la vista y se hace más sensible a la piel en forma de calor. Se la conoce como **radiación infrarroja**.

Más allá de 1cm de longitud de onda, se la conoce como **radar** y algunas de las radiaciones de radar pueden ser peligrosas para el ser humano. Por eso se aconseja no acercarse a un potente disco transmisor de radar.

A partir de esta radiación de 10mts, se emplean en radio, cortas, medianas y largas.

A pesar de estos conocimientos adquiridos, seguían algunos puntos oscuros en la teoría ondulatoria. Se siguió buscando de aclararlas con una nueva teoría, que concebía que tanto la energía como la materia formasen parte de un complejo básico, elemental de origen común. Según esta teoría, las variaciones de energía se producen sólo en función de múltiplos de esta unidad básica de energía.

Esta unidad es la llamada Quantum (plural Quanta) ó "Cuanto" y es igual a $h \times n$, donde h es una constante y n la frecuencia de la radiación.

La radiación se obtiene cuando un electrón retorna a una órbita estable más cerca del núcleo. La luz es resultante, por lo tanto, de las alteraciones de los electrones más externos de un átomo.

Cuando se verifica un reasentamiento (acomodamiento) de los electrones se produce una emisión de Quanta ó de Cuantos; y si la longitud de la onda generada está comprendida entre las 4.000 U \AA y 8.000 U \AA , tales Quanta son llamados **Fotones** y constituyen la luz visible.

Científicamente considerado, nosotros no vemos el sol, sino, los efectos que se producen en él.

El sol afecta nuestros sentidos debido al continuo acomodamiento de los electrones de las órbitas externas de los átomos que lo constituyen, dando así lugar a la emisión de luz.

Volviendo a la representación gráfica de una oscilación ondulatoria, tenemos que la **frecuencia** es el número de oscilaciones cumplidas en un segundo, y se expresa en ciclos por segundo (c.p.s.) ó Hertz.

Siendo la propagación de la energía radiante ó las luminosas según Maxwell de una velocidad de 300.000 Km/seg cualquiera sea su frecuencia.

Las distintas manifestaciones de energía radiante se expresan por sus longitudes de onda λ , ó también por sus diferentes frecuencias, ya que sus correspondencias nos permiten hacerlo. Es decir, que para cada longitud de onda tengo una determinada frecuencia por segundo de dicha onda y viceversa.

Teóricamente, el Cuanto de luz tendría una energía que está caracterizada por la frecuencia de la luz, es decir el color, y por lo tanto para los distintos colores, por ser estos de distintas frecuencias de luz habría una cantidad de energía del Cuanto. Se ha llegado a comprobar que la energía de emisión $E = F \times h$, donde F es la frecuencia de la luz y h una constante.

Las ondas de más frecuencia ó ciclos por segundo son las de mayor energía y son las que tienen menos longitud de onda λ . La frecuencia va a la inversa de la longitud de onda (ver figura 48).

Si para 2 c.p.s. λ tiene una determinada longitud,
para 4 c.p.s. λ tendrá menor longitud, en este caso la mitad, es decir
aumenta la f y disminuye λ .

00040

Hasta ahora hemos tratado de analizar las propagaciones de la energía y en especial la de la luz. Pero hemos dicho que puede ser generada de distintas maneras, y una de ellas era la de un cuerpo sólido calentado, y a esto se lo llama **emisión por temperatura**.

Los cuerpos pueden presentarse en dos formas distintas:

1. los condensados, que son los sólidos y líquidos y
2. los aeriformes, que son los gases y vapores.

Nos referiremos en particular a los condensados; se sabe que el espectro de emisión de los cuerpos condensados, es un espectro continuo, es decir que para cada longitud de onda, existirá una cierta cantidad de energía emitida.

La energía emitida por los cuerpos condensados depende de la temperatura, es decir, que con el variar de la temperatura a que es sometido el cuerpo emisor, varía la cantidad de energía emitida. Puede afirmarse, además, que al aumentar la temperatura, el máximo de emisión va siempre creciendo, y se desplaza siempre hacia longitudes de onda más pequeñas.

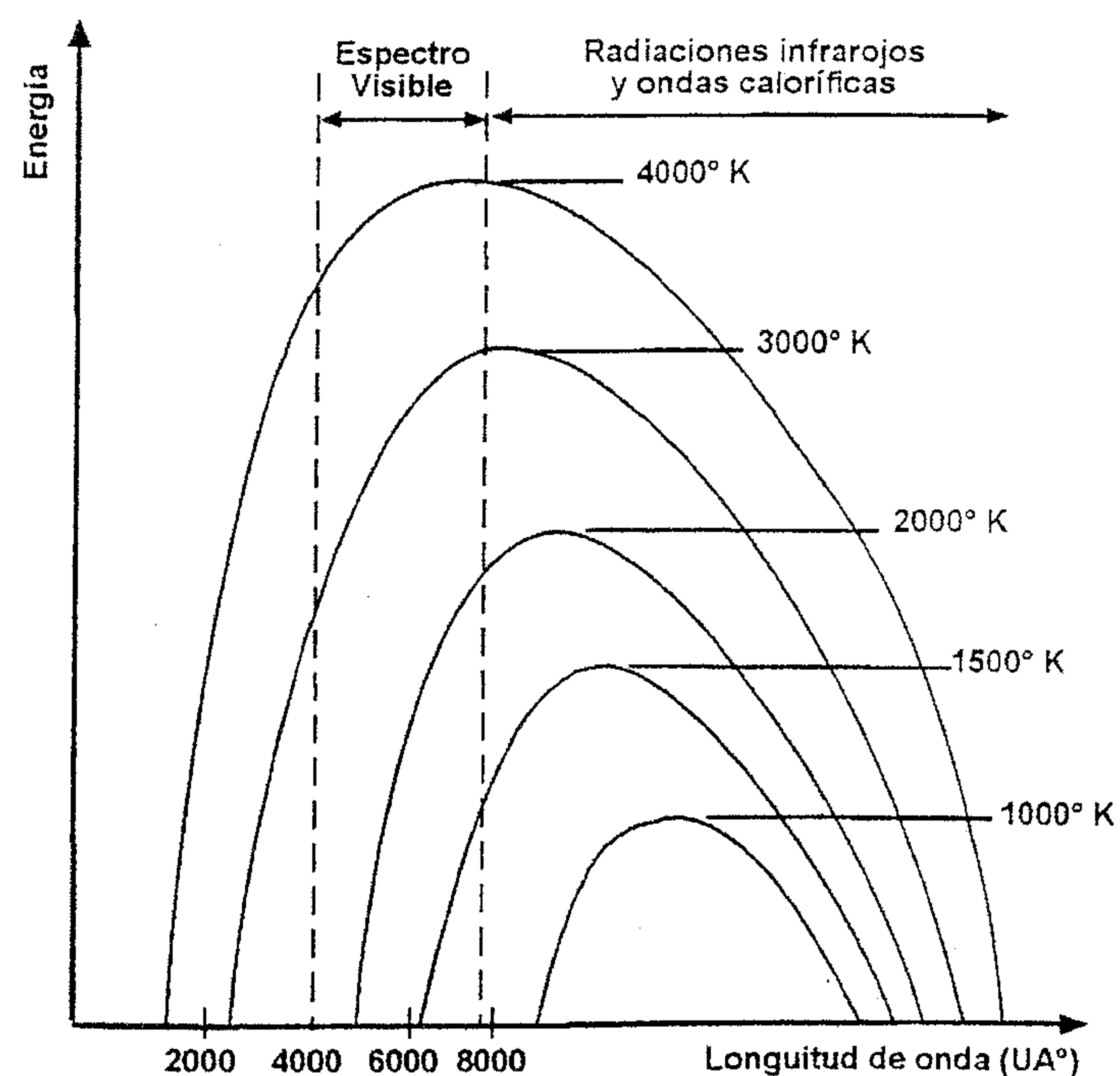


Figura 53

Entonces es deducible que las longitudes de onda del violeta, que son las más bajas dentro del espectro visible, viene a ser la más energética, y el rojo, que tiene la longitud de onda más larga, es el menos energético. Esto tiene que ver con la posibilidad que tienen los distintos colores de producir efectos sobre la emulsión fotográfica.

La composición espectral de la luz emitida por un cuerpo a las diversas temperaturas, a que es llevado, reproducirá la composición de cualquier fuente de luz, sea diurna o artificial. Esto proporciona un método de medición por comparación de espectro y que también nos introduce a como se hallan estas comparaciones por medio del **cuerpo negro**.

El cuerpo negro es un objeto teórico que constituye un absorbente perfecto de energía, así como un radiante también perfecto de la misma energía. Es decir, absorbe cualquier energía radiante que incide sobre él sin reflejarla, y al mismo tiempo, si se calienta a una determinada temperatura, radia toda la energía generada.

Por supuesto que en la realidad, este cuerpo no existe, pero puede construirse una caja de material totalmente negro y refractario, provista de un pequeño orificio en una de sus caras por donde emite la radiación cuando se eleva su temperatura.

Cuando un cuerpo negro se calienta hasta una determinada gama de temperaturas, parte de la energía radiada lo es en forma de luz, que varía en color desde un rojo intenso entre 500 y 550°C a un rojo brillante entre 850 y 950°C, a un amarillo entre 1050 y 1150°C, y así sucesivamente. De esta forma, el color de una fuente luminosa se define en términos de un cuerpo negro calentado a una temperatura a la que su radiación es igual en color, a la de la fuente de luz que se estudia.

Para esta aplicación la temperatura se mide en grados Kelvin, cuyos intervalos son los mismos que los de la escala Celsius (o Centígrada), pero cuyo cero está situado a -273°C , temperatura en donde se comprobó que el cuerpo emisor está en reposo (no emite ninguna radiación).

-273°C	=	0°K
0°C	=	273°K
1°C	=	$1+273^{\circ}\text{K} = 274^{\circ}\text{K}$

Por ejemplo, si decimos que una lámpara tiene una temperatura de 3200°K , entendemos que dicha lámpara entrega una radiación luminosa que tiene el mismo efecto visual (sensación de color) que la radiación emitida por el cuerpo negro calentado a 3200°K .

Este concepto también lo podemos aplicar aún cuando la radiación no es del todo originada por el calor, por ejemplo en las radiaciones del cielo, cuya composición de longitudes de onda en correspondencia con los rayos ultravioletas (a más cortas longitudes de onda, mayor energía radiante) alcanzan valores de temperatura color de 20000°K .

La radiación del cuerpo negro ha servido también para establecer universalmente el concepto de **luz blanca**. Corresponde a la luz emitida por el cuerpo negro calentado a 5400°K .

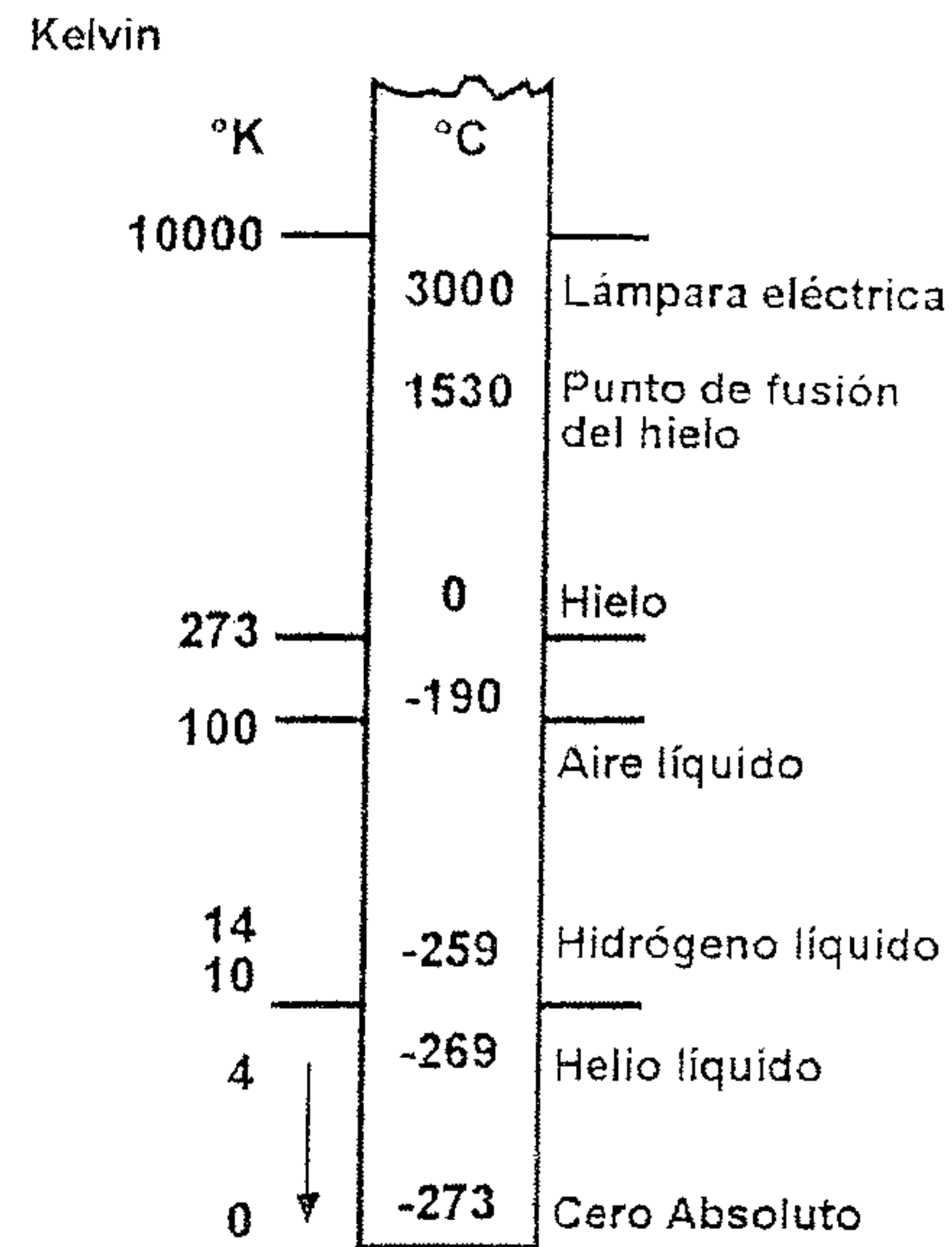


Figura 54

La composición espectral de diversas fuentes luminosas consideradas blancas, varía notablemente. La luz de **tungsteno**, por ejemplo, es bastante más **amarilla** que la luz del sol a mediodía.

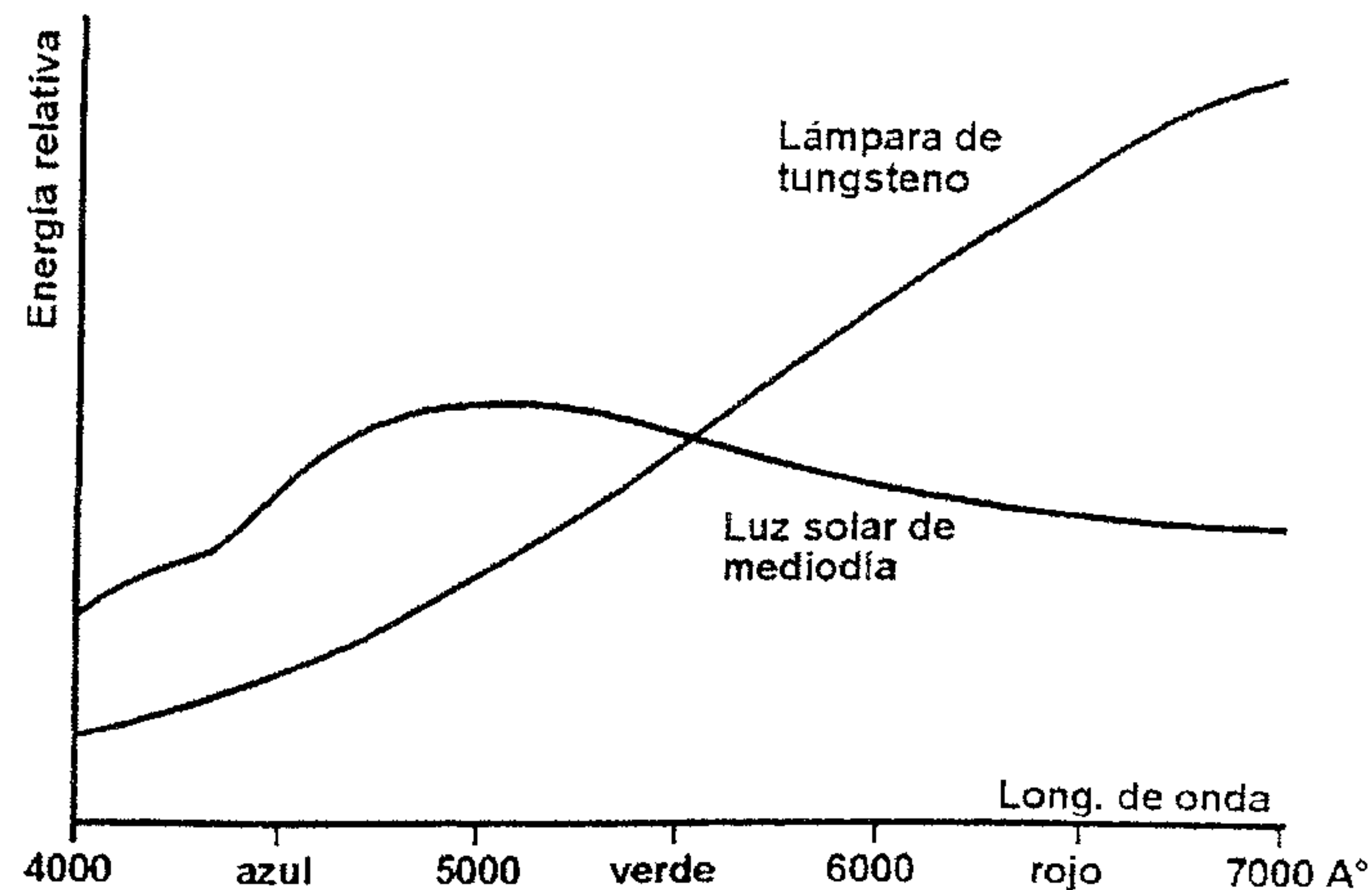


Figura 55

El ojo humano posee mecanismos de adaptación para compensar tales diferencias y por ellos percibimos escasamente los cambios de la composición de color de la luz ambiental. Tales cambios, sin embargo, son de vital importancia en fotografía a color.

Sí, percibimos estas diferencias de temperaturas cuando nuestro ojo puede compararlas a ambas en sus distintos medios, por ejemplo, dentro de un ambiente iluminado por luz de tungsteno (mayoría) distingo la luz diurna y lo mismo en el caso contrario, un ambiente iluminado con luz diurna, destaco aquella lámpara de tungsteno.

El ojo es sensible no solo a la cantidad de radiaciones que emiten los cuerpos, sino también a su longitud de onda. La máxima sensibilidad del ojo se produce a una longitud de onda de 5500 U Å.

Su excitación decae rápidamente hasta anularse en forma evidente en el umbral del espectro visible.

La experiencia nos demuestra que la influencia de excitación que llega a nuestros ojos alcanzan su valor definitivo rápidamente y a partir de allí permanece constante, aunque continúe la excitación, es decir que no vemos cada vez más cantidad de luz, pero es distinto lo que acontece con las emulsiones fotográficas, donde crece la excitación con el crecer del tiempo que esa energía radiante excita la emulsión, de tal manera que si el tiempo de exposición fuese suficientemente largo, la emulsión fotográfica puede ser impresionada por luces tan débiles que escapan a ser vistas ó excitadas por nuestra visión.

A igualdad de energía emitida, el ojo verá mejor la luz emitida por el sol, cuyo °K son aproximadamente 6000°K, que la emitida por una lámpara de 2500°K, por estar el sol en la máxima sensibilidad de nuestra vista, que es aproximadamente de 5500 U Å.

Creo que con esta explicación, que dista mucho de profundizar sobre los temas referidos a la composición el espectro electromagnético, a la energía radiante, las bases de los medios de propagación rectilínea, corpuscular, ondulatoria, electromagnética y la Cuántica; he tratado de acercarnos a un entendimiento sobre lo que está basado la correspondencia entre las longitudes de onda de los colores y sus valores en grados Kelvin, para poder utilizarlos y aplicarlos en nuestra práctica diaria, referida a la temperatura de color de las luces con que excitamos a las películas fotosensibles; diseñadas éstas para una determinada temperatura de color.

Esto sería extensivo con el estudio de los filtros para convertir la temperatura color de la luz que excita a la emulsión fotográfica. Dado que dichos filtros hacen una selección de las longitudes de onda, permitiendo el paso de aquellas para las que fueron diseñadas; para poder manejar dichas relaciones se utiliza un equivalente a la temperatura color en °K que se le dan a dichos filtros.

Por ejemplo, una emulsión diseñada para ser excitada con luz diurna de 5500°K, la puedo usar en filmaciones de luz diurna ya que coinciden sus temperaturas color °K.

Una de 3200 - 3400°K la puedo usar con iluminación de lámparas incandescentes ya que concuerdan sus temperaturas color °K. Pero a una película de 5500°K le debo interponer un filtro color azul (longitud de onda corta, mayor energía) para poder utilizarlo con iluminación incandescente de 3200°K (por ejemplo un 80A); y a una película de 3200 - 3400°K le tengo que interponer un filtro corrector de temperatura color rojizo (longitud de onda larga, menor energía) para poder utilizarlo con iluminación diurna de 5500°K (por ejemplo, un 85 ó 85B).

LA LUZ Y EMULSIONES SENSIBLES

Como ya dijimos, la película cinematográfica no es sensible únicamente a las radiaciones procedentes del espectro visible. Así, los rayos ultravioletas, los rayos X y los rayos gamma, que tienen longitudes de onda más pequeñas que la más pequeña (violeta, 400 nanómetros) de las radiaciones visibles, pueden impresionar la película (material fotosensible). Los rayos ultravioletas actúan también sobre la película de B y N como la de color.

Estas radiaciones se encuentran generalmente a grandes alturas, o próximas a algunas superficies especialmente reflectantes como el mar.

En grandes proporciones pueden causar el efecto de una niebla total en una película B y N, y en la de color un dominante azul sobre toda la imagen.

Debe, pues, preverse su presencia para proceder a su neutralización mediante el empleo de un filtro adecuado; el **UV** para B y N y el **SkyLight** para color.

El efecto de los rayos X sobre el material sensible es el de un velo total y general. Por esta razón se deben tomar ciertas precauciones durante el paso del material (especialmente el negativo no expuesto) por los controles de la aduana. Se pueden aminorar sus efectos con una cubierta de papel emplomado o de aluminio.

Los rayos Gamma son emitidos por los cuerpos radiactivos y, al igual que las radiaciones muy penetrantes de los rayos cósmicos, ejercen una acción gradual sobre los materiales sensibles, aumentando su nivel de velo y acortando su fecha límite de caducidad.

La película color y B y N es insensible por el contrario a los rayos infrarrojos que pueden ser producidos simplemente por elementos calientes y cuya longitud de onda es mayor que la visible (rojo, 700 nanómetros), pero, existe un material sensibilizado al infrarrojo, tratado especialmente para ese efecto.

Dado que los objetos se comportan con los rayos infrarrojos de una manera diferente a como lo hacen con la luz, ya que los absorben y reflejan en forma distinta, este material hace posible la realización de ciertas tomas nocturnas y a muy largas distancias, como es el caso de las efectuadas desde aviones o satélites artificiales.

PROPAGACIÓN DE LA LUZ

Cuando la luz se propaga en un medio más denso que el vacío, lo hace a una velocidad más lenta que en él. Dentro de un mismo medio, su forma de propagación es una línea recta (salvo que se consideren cifras astronómicas), por lo que los rayos de luz, que pueden definirse como un haz luminoso de ángulo cero se representan gráficamente por sus **trayectorias rectilíneas**.

Al incidir sobre un medio diferente al que se encuentra, la luz puede ser **reflejada**, cuando vuelve nuevamente al medio en el que se encontraba inicialmente. En el caso que **penetre** en el nuevo medio, se propaga en éste siguiendo diversas leyes. Será **transmitida** o **absorbida** por el nuevo medio, que la convierte en otra forma de energía como por ejemplo, el calor.

Reflexión: Según el tipo de superficie sobre la cual incida la luz puede ser **reflexión especular** o **difusa**.

• **Reflexión especular:** es la que producen en mayor o menor grado todas las superficies pulidas. Este es el caso de los espejos. En este tipo de reflexión, como existe muy poca absorción por parte de la superficie, las características del rayo reflejado son prácticamente las mismas que las del rayo incidente; un espejo (la superficie reflectante más eficiente) refleja la luz tal como la recibe, sufriendo muy pocas variaciones tanto de luminosidad como de color. En estos casos el rayo incidente forma con la **normal** (línea perpendicular a la superficie en el punto de incidencia) un **ángulo de incidencia** que es siempre igual al **ángulo de reflexión** (el formado por el rayo reflejado con la normal), encontrándose el rayo incidente, la normal y el rayo reflejado, todos en un mismo plano.

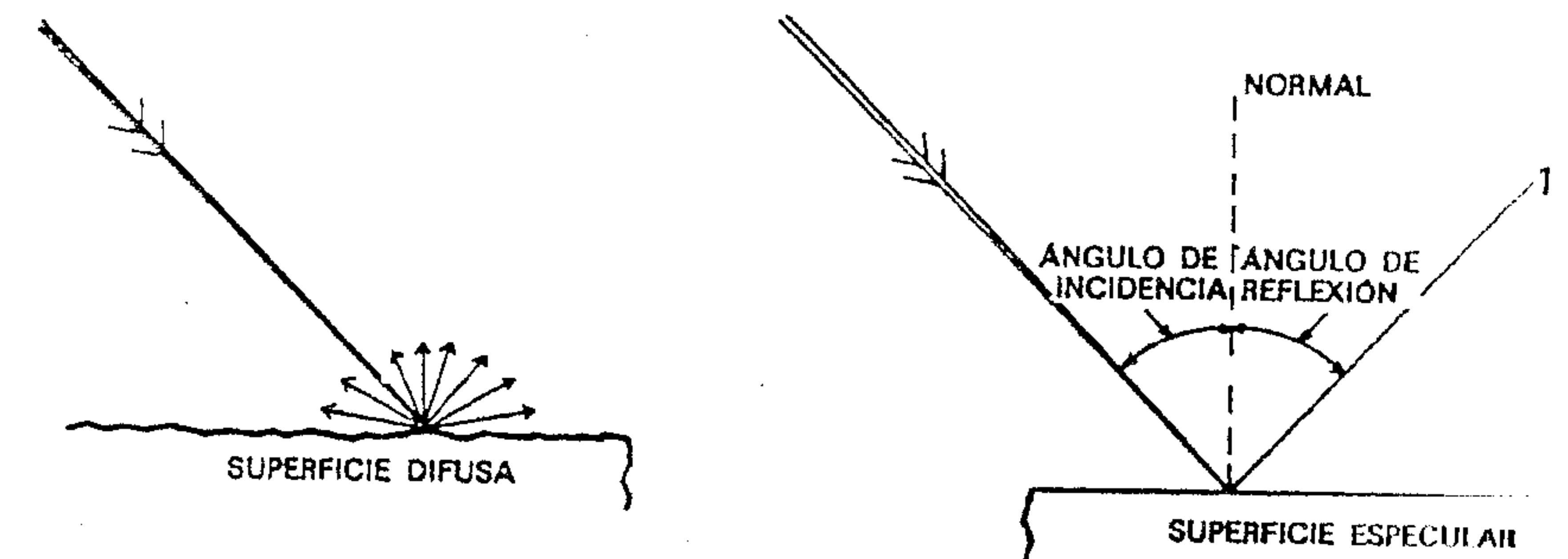


Figura 56: Reflexión de la luz.

• **Reflexión difusa:** cuando las irregularidades de la superficie son grandes o es una superficie **mate**. Se las puede considerar como reflexión especular de un número infinito de superficies con inclinaciones diferentes con una mayor cantidad de luz reflejada en la dirección que seguirá la reflexión especular. Al contrario de un espejo, un reflector difuso, como el caso de una pared blanca, absorberá mucha luminosidad.

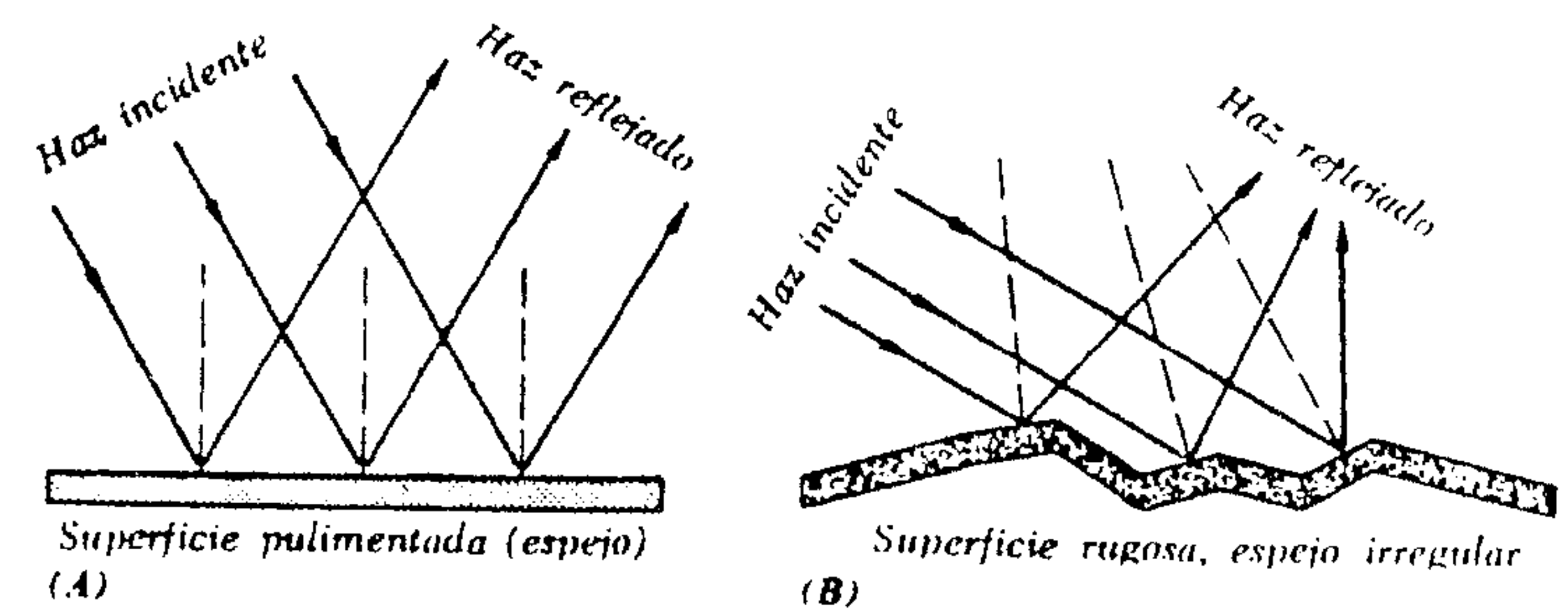


Figura 57: Reflexión regular y difusa.

El tipo de reflexión que producen la mayoría de las superficies es del tipo **mixto**, en parte especular y en parte difusa. En el caso de la luz reflejada de una superficie coloreada, la luz reflejada será del color de la superficie mezclada con la luz blanca que le llega directa, y veremos que en la zona de la luz directa, el color aparecerá blanquecino, o sea, poco saturado.

En la cinematografía, las superficies reflectantes se utilizan en los dispositivos para la iluminación. Según sea la superficie empleada, la iluminación obtenida será **direccional**, **difusa** o **mixta**. Muchas y diversas formas de aplicar estos principios hacen a la variedad de formas en la iluminación.

Transmisión: Un rayo de luz que penetra desde el aire en un cristal, si es perpendicular a la superficie de éste continuará su trayectoria en línea recta (a menor velocidad), pero en el caso en que incida de manera oblicua se producirá una **refracción** (desviación) del mismo, acercándose hacia la normal.

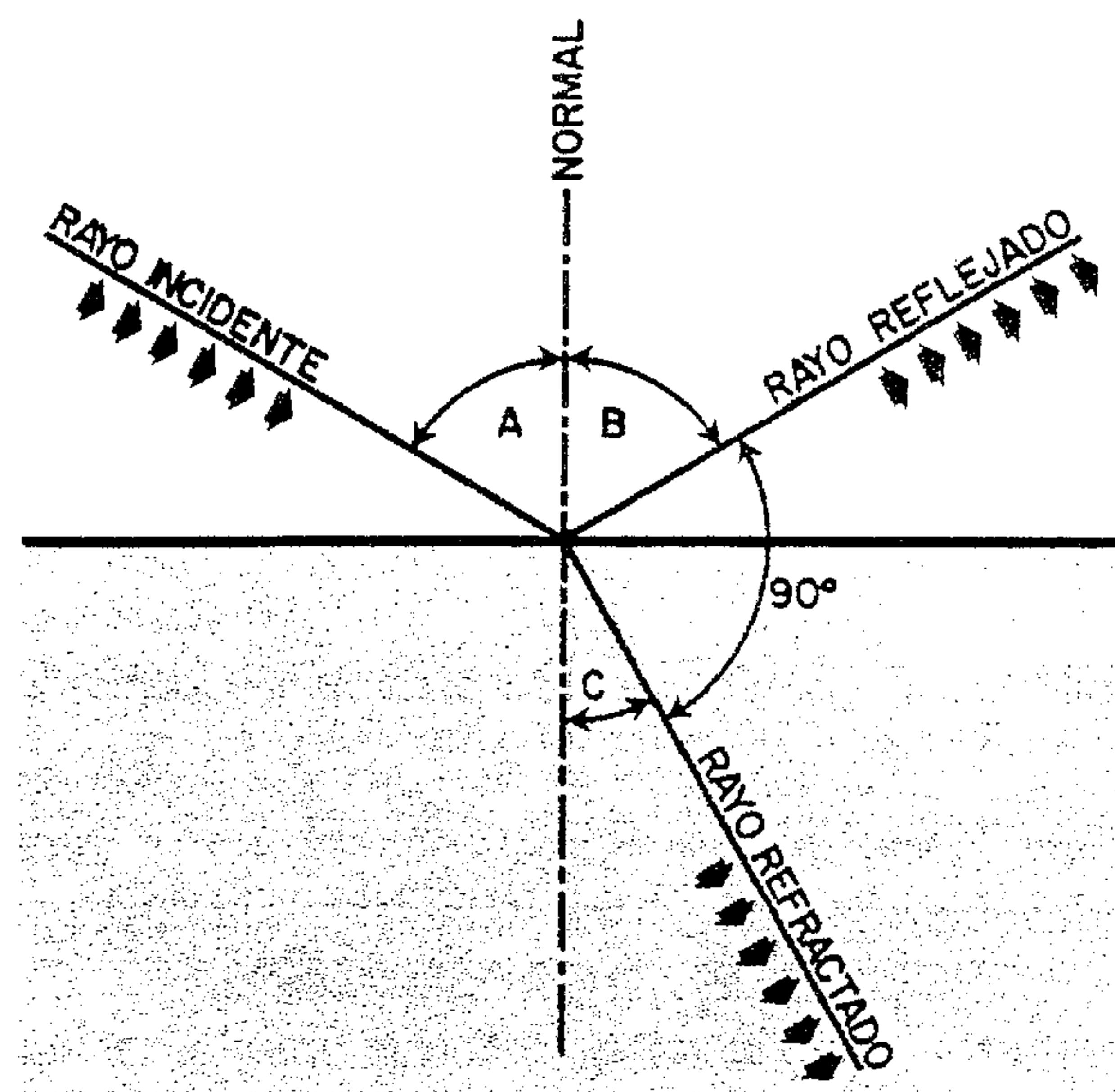


Figura 58

El rayo de luz se desviará más o menos según el **índice de refracción** del nuevo medio en el que penetra; éste índice será más alto cuanto más disminuya la velocidad. El índice de refracción del aire con respecto al vacío que es la unidad (1) es de 1.003; el del agua 1.33; del diamante 2.47; y el del vidrio aproximadamente según la variedad de ellos entre 1.5 a 2.

Entonces, si un rayo de luz pasa de un medio cuyo índice de refracción es bajo con respecto a otro con índice mayor, veremos que su trayectoria se acercará a la normal, como lo indica la figura 58.

Si el haz de luz incide en forma oblicua sobre la superficie de un medio transparente (agua, cristal, vidrio, papel, etc.); la mayor parte de los rayos se refractan penetrando en él, pero una pequeña parte se refleja, es decir que existe una **pérdida de refracción por reflexión**. La refracción de la luz es la clave de la óptica fotográfica, porque sin ella, los objetivos no podrían desviar la luz para formar imágenes fotográficas.

Vemos también que la luz blanca que atraviesa un prisma, se refracta en cada una de las superficies (aire-vidrio) mostrando el espectro cromático, pudiéndose notar que los rayos rojos se han refractado menos que los violeta, ya que éstos últimos se encuentran más próximos a la base del prisma.

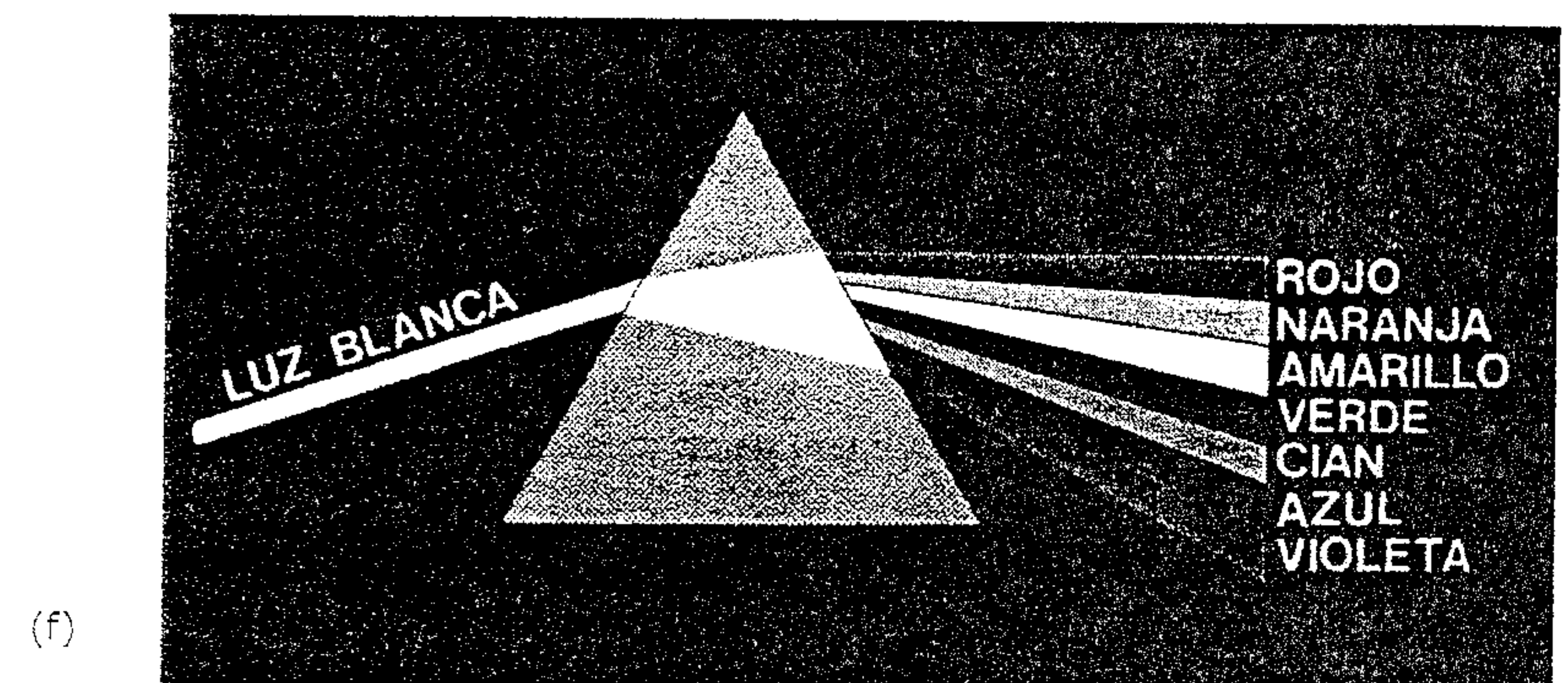


Figura 59

La refracción con distinto ángulo de los rayos luminosos según su longitud de ondas determina la "dispersión de los colores".

Esto sucede porque el índice de refracción varía también según la longitud de onda del rayo incidente. Esta propiedad del vidrio de desviar los rayos en distintos ángulos según su color se conoce como **dispersión**.

Desde el punto de vista del diseñador de objetivos, la dispersión es un desgraciado efecto secundario de la refracción. Provoca que la luz azul se desplace a un foco diferente a la luz roja. Este efecto se corrige mediante diferentes elementos ópticos. La dispersión es una de las principales razones por la cual no podemos emplear un sencillo objetivo de una sola lente.

Absorción: Puesto que la energía no puede ser distribuida, la aparente captura o absorción de la luz por una materia opaca, tal como un paño negro es en realidad, una conversión de la longitud de onda. La luz absorbida suele convertirse en calor. Así un coche negro se calienta más rápido al ser expuesto a los rayos solares que un coche blanco, y en un proyector, las transparencias oscuras se calientan más rápido que las más claras. La energía luminosa que incide sobre una superficie determinada y que no es reflejada ni transmitida es entonces **absorbida**.

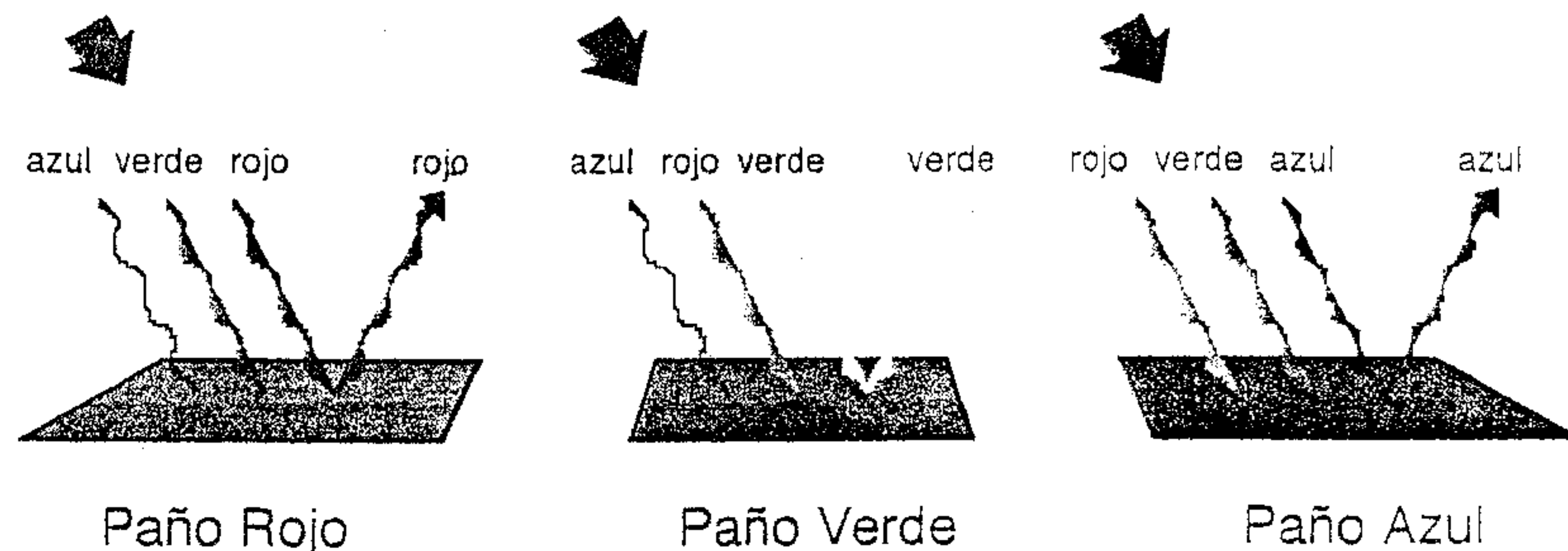
En el caso en que la superficie absorba de la luz incidente (blanca) la totalidad de sus radiaciones, la superficie se verá negra; si las absorbe parcialmente en partes iguales, todas

(f) Figura color ver en pag. 408.

las variaciones de ondas cromáticas se verán gris; si las absorbe de manera desigual, se verá coloreada; y según sean las radiaciones reflejadas se tendrá la sensación del color correspondiente.

Por lo tanto un paño rojo se verá rojo si refleja las radiaciones rojas y absorbe las procedentes de las zonas azules y verdes del espectro cromático. Por la misma razón, si se ilumina un paño rojo con luz verde o azul se verá negro.

Es decir, un objeto a la luz del día de color rojo "ideal" exhibirá su color rojo debido a la porción roja del espectro solar. Aparecerá negro iluminado por otra luz que no fuera dentro del espectro en la porción roja. Lo mismo sucederá con la luz azul para un cuerpo azul y para el verde también.



(g)

Figura 60

El **índice de reflexión** (factor de reflexión o reflectancia) de una superficie se define como la relación entre la luz reflejada y la luz incidente correspondiente expresado como porcentaje o en valores decimales. Así, una superficie que absorbe sólo una pequeña cantidad de luz incidente, se dice que tiene un alto índice de reflexión. Veamos una pequeña tabla de algunos elementos:

Material	Índice de Reflexión
Plata pulida	0.93 a 0.98
Aluminio pulido	0.91 a 0.94
Aluminio sin pulir	0.87 a 0.92
Cromo pulido	0.50 a 0.75
Acero inoxidable	0.62 a 0.67
Papel dibujo blanco	0.80
Papel blanco común	0.73
Papel negro dibujo	0.22
Tela blanca	0.30 a 0.62
Vidrio claro	0.09
Tela negra	0.04
Terciopelo negro	0.01 a 0.03

Tabla 10

Por razones de explicación hemos venido examinando algunos de los cambios que producen en la luz, la **absorción**, la **reflexión**, la **transmisión**, la **dispersión**, etc. como si

(g) Figura color ver en pag. 408.

ocurrieran totalmente separados con algunos materiales dados. De hecho, nunca es posible producir uno solo de estos fenómenos sin que por lo menos se produzcan algunos de los demás. Ejemplo: un filtro de vidrio rojo transmite la mayor parte de las longitudes de onda rojas, refleja una parte de esa luz roja y absorbe una pequeña cantidad. Otras longitudes de onda serán absorbidas en su mayor parte, otras serán reflejadas, y tal vez un diminuto porcentaje sea transmitido.

Como vemos, el diseñador de objetivos se encuentra con diferentes efectos, que algunos lo ayudan y otros no dejan que el producto final sea el 100% efectivo de lo que es en la teoría. En nuestro trabajo tratamos de aprovechar éstos fenómenos aplicándolos en el **dominio** es que se puede decirlo así, del manejo de los materiales controladores para iluminar

LUZ POLARIZADA

En su propagación, un rayo luminoso se compone de una serie de vibraciones que se desplazan en la misma dirección a lo largo de infinitos planos, que están orientados respecto a su trayectoria como los rayos de una rueda de un carro con respecto al eje de la rueda. En determinadas circunstancias se puede suprimir todos estos planos de vibración excepto uno, y se dice entonces que el rayo de luz ha sido polarizado.

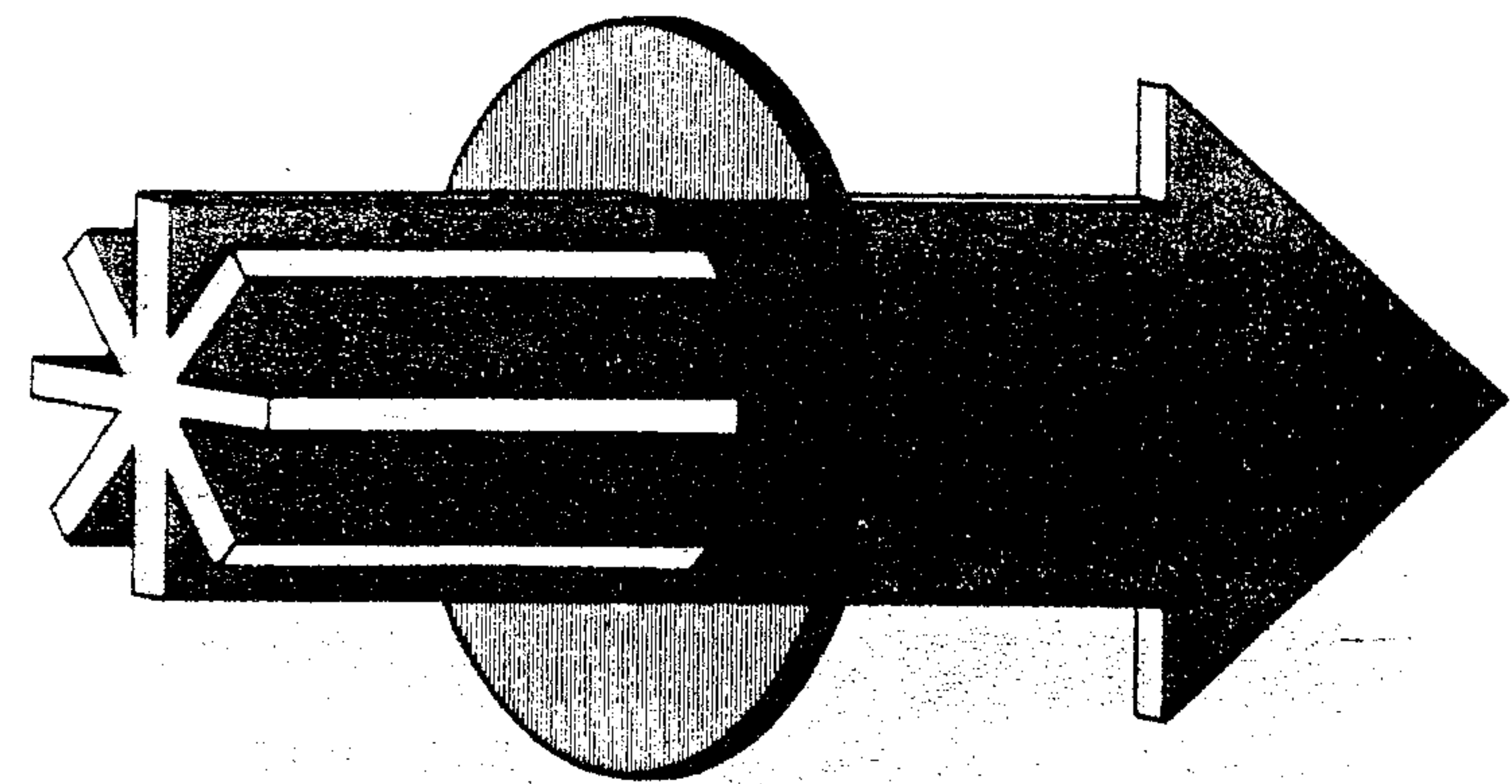


Figura 61

La luz, formada por ondas que vibran en infinitos planos a lo largo de su eje de desplazamiento, queda reducida a uno de estos planos al atravesar un filtro polarizador.

Los filtros polarizadores están hechos de minúsculos cristales orgánicos, dispersos en un medio en que se hallan orientados en líneas paralelas formando una especie de finísima **rejilla**. La luz que emerge luego de atravesar esta micro rejilla, vibra en un solo plano, es decir, está polarizada. Si a continuación le interpongo otro filtro similar, pero girado en 90° con respecto al primero, ninguna luz podría atravesar el conjunto.