

ÓPTICA EL OJO HUMANO

IES La Magdalena.
Avilés. Asturias

El ojo humano es un órgano, aproximadamente esférico y de unos 25 mm de diámetro, cuya función consiste en transformar la luz visible en impulsos que son enviados al cerebro mediante el **nervio óptico**.

Las partes principales del ojo son:

- **Córnea.** Parte más externa y transparente. Sirve de protección a las partes más internas (iris y cristalino) y permite el paso de la luz, que sufre en ella una primera refracción.
- **Iris.** Es una membrana coloreada (la que da color al ojo) que tiene en su centro un orificio (**pupila**) cuyo tamaño se modifica para permitir la entrada de más o menos luz. Funciona como un diafragma.
- **Cristalino.** Lente convergente (biconvexa) cuya curvatura puede modificarse mediante los músculos ciliares, permitiendo de este modo que objetos situados a diferentes distancias resulten enfocados en la retina (acomodación). Su índice de refracción es considerable.
- **Humor acuoso.** Líquido transparente que llena la cámara anterior del ojo.
- **Humor vítreo.** Líquido transparente y gelatinoso que llena el espacio comprendido entre el cristalino y la retina.
- **Retina.** Tejido sensible a la luz que tapiza la parte posterior del ojo. Al incidir la luz se producen en la retina reacciones químicas que generan impulsos eléctricos que son enviados al cerebro mediante el nervio óptico. En su parte central está **la fovea** (superficie aproximada :1 cm²). Es el área en la que se enfocan los rayos y permite una visión detallada y precisa.
- **Las células fotorreceptoras** de la luz son **los bastones** y **los conos**. Son ellas las que transforman la energía luminosa en impulsos eléctricos.

Los bastones (120 millones) Son muy sensibles a la luz por lo que nos permiten ver cuando la luminosidad es escasa (visión nocturna). No detectan los colores (visión en blanco y negro). Se ubican, fundamentalmente, en la zona periférica de la retina.

Los conos (6,5 millones). Permiten la visión de los colores. Hay tres tipos de conos, sensibles cada uno de ellos, a los colores primarios: rojo, verde y azul. El cerebro interpreta los colores a partir de la intensidad de estimulación de los diferentes tipos de conos. Están situados en la parte central de la retina (fovea).

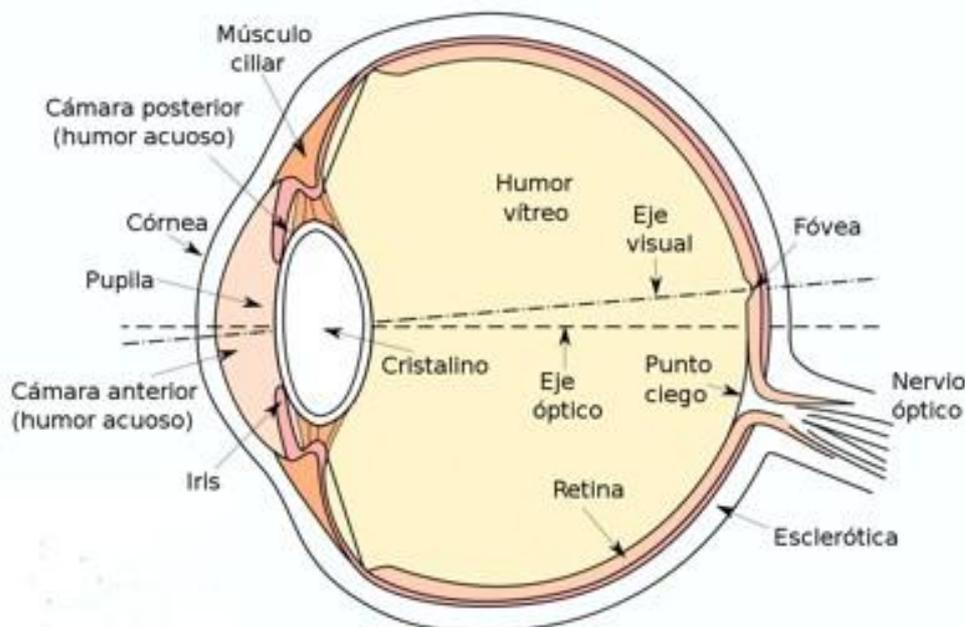
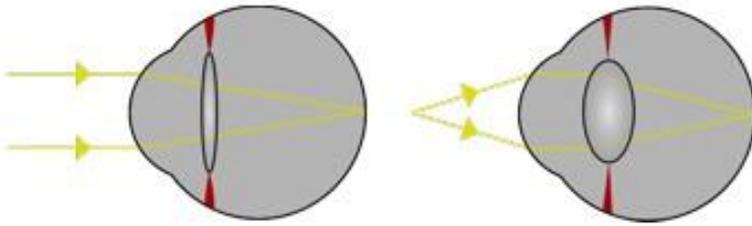


Imagen. Fuente: Wikipedia



Para enfocar correctamente los objetos situados en el infinito (izquierda) los músculos ciliares, que controlan la curvatura del cristalino, se relajan. El cristalino adquiere su mínima curvatura y los rayos convergen en la retina formando una imagen nítida del objeto.

Cuando tratamos de ver un objeto situado a corta distancia los músculos ciliares se tensan aumentando la

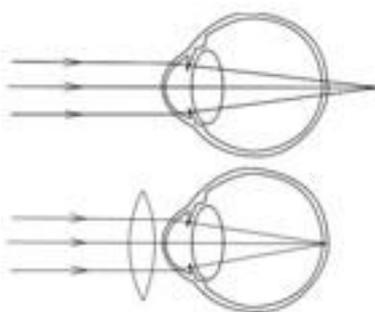
curvatura del cristalino. Su distancia focal disminuye produciendo una convergencia más acusada y la imagen se forma correctamente en la retina.

Gracias al control involuntario de la curvatura del cristalino (proceso que recibe el nombre de acomodación), podemos ver nítidamente objetos situados lejos (infinito) y cerca.

Lógicamente la acomodación tiene un límite. El ojo humano no es capaz de enfocar correctamente objetos situados a menos de 25 cm (**punto próximo**).

En algunas ocasiones el ojo no enfoca correctamente las imágenes, lo que produce una disminución de la agudeza visual que se conoce de forma general con el nombre de **ametropía**.

La miopía, la hipermetropía y el astigmatismo son las principales ametropías. Todas ellas se pueden corregir con el uso de lentes.



Ojo hipermetrope (arriba).
Corrección con una lente convergente (abajo).

Ojo hipermetrope

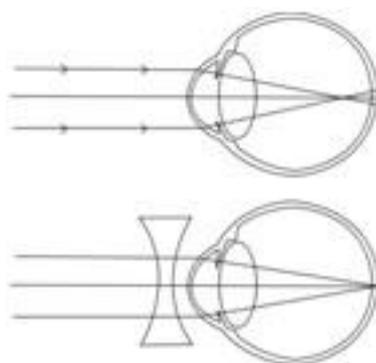
Un ojo hipermetrope forma la imagen de un objeto detrás de la retina. La imagen es, por tanto, borrosa, poco nítida.

Los hipermetros tienen el punto próximo más alejado que una persona normal (tienden a alejar el texto que tratan de leer).

La visión de objetos lejanos puede ser prácticamente normal.

La hipermetropía se corrige con lentes convergentes, que aumentan la convergencia natural del ojo, logrando que la imagen se forme en la retina.

El tratamiento quirúrgico consiste en modificar la curvatura de la córnea mediante láser o en el implante de una lente intraocular que corrija el defecto de convergencia del cristalino.



Ojo miope (arriba).
Corrección con una lente divergente (abajo).

Ojo miope

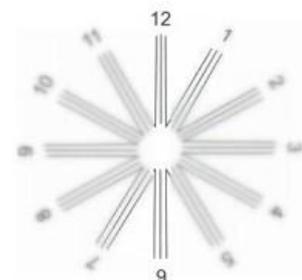
Un ojo miope presenta un exceso de convergencia por lo que forma la imagen antes de la retina ocasionando una visión borrosa, sobre todo de los objetos situados lejos.

Los miopes tienen el punto próximo más cerca que una persona normal (tienden a acercar el texto que tratan de leer).

La miopía se corrige con lentes divergentes, mediante las cuales los rayos de un objeto situado lejos divergen antes de llegar al ojo compensando así la excesiva convergencia de éste.

La miopía también se puede corregir mediante cirugía. El tratamiento quirúrgico consiste en modificar la curvatura de la córnea mediante láser o mediante el implante de una lente intraocular que corrija el exceso de convergencia del cristalino.

Ojo astigmático. El astigmatismo es un defecto (normalmente congénito) debido a que la córnea presenta distinta curvatura en el plano horizontal y el vertical. Esto provoca una visión de los objetos ligeramente deformados. Por ejemplo, las letras se ven como si hubiera una sombras detrás o estuvieran deformadas. Se corrige con lentes cilíndricas.



Visión de una persona con astigmatismo

La visión de los colores

A pesar de lo que normalmente se cree el color de los objetos no es un atributo de éstos (un objeto no es rojo o amarillo), sino que depende tanto de la luz que incida sobre dicho objeto como del observador que capte la luz procedente de los mismos. En palabras del propio Newton:

".. si en todo momento hablo de luz y de rayos como coloreados, se debe entender que hablo no filosóficamente y con propiedad, sino groseramente, porque los rayos, por hablar con propiedad, no son coloreados."

Isaac Newton

Percibimos el color de un objeto como resultado de un proceso que implica:

- **La interacción de las ondas electromagnéticas con dicho objeto.** Como resultado parte de la energía de la luz es absorbida por el objeto (la energía luminosa se transforma en energía cinética de las moléculas del cuerpo provocando un calentamiento de éste) y otra parte es reflejada.
- **La recepción de la luz procedente de los objetos que, convenientemente interpretada, nos produce la sensación de color.** La luz reflejada por los objetos es la que perciben nuestros ojos. En la retina se convierte en impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro donde es interpretada produciéndonos la sensación de color.

La teoría tricromática, propuesta originalmente por Thomas Young (principios del s. XIX), y más tarde desarrollada por Helmholtz en 1866, explica la forma en la que apreciamos los colores:

- Nuestra retina está equipada con tres tipos de células (conos) sensibles a los colores: **rojo, verde y azul** del espectro (**colores primarios**).
- **Los colores resultan de la mezcla de estos tres colores primarios.**



En la **síntesis aditiva** los colores primarios se suman produciendo los demás colores.

Si suponemos idéntica intensidad para los tres colores primarios:

Verde + Rojo = Amarillo

Rojo + Azul = Magenta

Verde + Azul = Cian

Rojo + Verde + Azul = Blanco

Mezclando los tres colores primarios con intensidades diferentes se obtienen todos los demás colores.

Cuando la luz incide sobre un objeto **se produce una absorción parcial de la misma** produciéndose la llamada **mezcla sustractiva**:

- Si un objeto **absorbe la luz verde y la azul, reflejará la roja**. Concluiremos, por tanto, que **el objeto es de color rojo**. De manera análoga se puede explicar el color verde o azul.
- Si el objeto **absorbe la luz azul, reflejará la verde y la roja**. La mezcla de ambas da amarillo. Concluiremos, por tanto, que **el objeto es de color amarillo**.
- Si el objeto **absorbe la luz verde, reflejará la azul y la roja**. La mezcla de ambas da magenta. Concluiremos, por tanto, que **el objeto es de color magenta**.
- Si el objeto **absorbe la luz roja, reflejará la azul y la verde**. La mezcla de ambas da cian. Concluiremos, por tanto, que **el objeto es de color cian**.
- Los demás colores se forman modificando la intensidad de los colores primarios que se reflejan.

Ejemplo 1

Explicar cuál será el color de un objeto que es amarillo cuando se ilumina con luz blanca

- Si se ilumina con luz azul.
- Si se ilumina con luz roja.

Solución

Si el objeto es amarillo cuando es iluminado con luz blanca es porque absorbe la luz azul y refleja la luz roja y la verde con idéntica intensidad, que al ser percibidas por el ojo dan como resultado la síntesis aditiva del amarillo.

Si se ilumina con luz azul, no reflejará luz alguna (absorbe el azul). El objeto aparecerá negro.

Si se ilumina con luz roja reflejará este color (refleja el rojo y el verde). El objeto aparecerá rojo.

La notación empleada en los programas informáticos para los colores ilustra de una manera clara la teoría tricromática.

En el llamado código RGB (red, green blue) los colores se escriben mediante notación hexadecimal ⁽¹⁾ mediante seis dígitos, precedidos del signo #. Los dos primeros dan la intensidad del color rojo, los dos siguientes la intensidad para el verde y los dos últimos la intensidad para el azul.



De acuerdo con esto el código para los colores primarios será:

FF0000 : Rojo

00FF00 : Verde

0000FF : Azul

Combinando éstos obtenemos al amarillo, magenta y cian:

FFFF00 : Amarillo

FF00FF : Magenta

00FFFF : Cian

Algunos ejemplos:

FF6633 : Mezcla de rojo puro (FF) verde de una intensidad media-baja (66) y azul poco intenso (33)



0099FF : Color formado con nada de rojo (00) verde de una intensidad media (99) y azul muy intenso (FF)



(1) El sistema hexadecimal de numeración emplea dieciséis dígitos, los diez del sistema decimal, más seis letras, de la A a la F: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F