



El ojo y la visión.

Objetivo: Comprender como funciona el ojo.

Nivel: Primero medio.

La luz es lo único que vemos con el instrumento óptico más notable que se conoce: el ojo. En la figura 1 se presenta un diagrama del ojo humano.

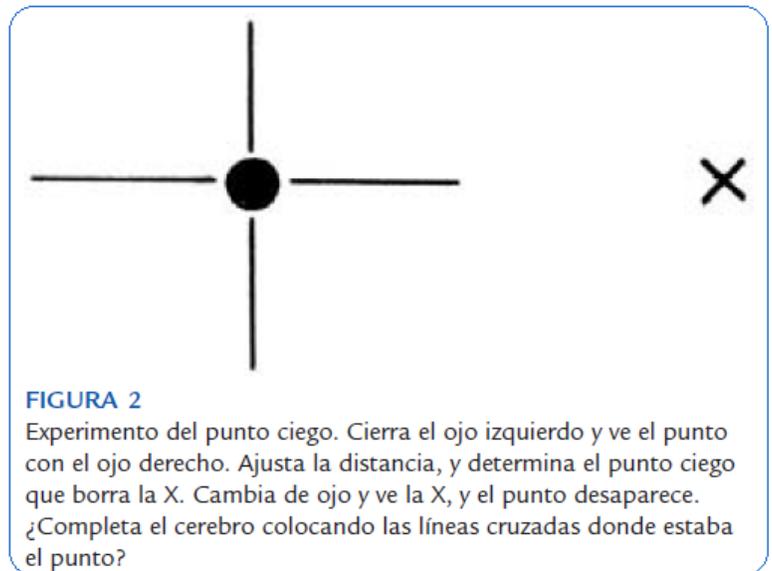
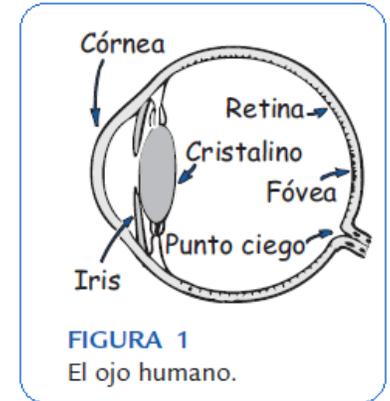
La luz entra al ojo por la cubierta transparente llamada *córnea*, que produce 70% de la desviación necesaria de la luz antes de que pase por la pupila (que es una abertura en el iris). A continuación la luz pasa por una lente, que sólo proporciona la desviación adicional para que las imágenes de los objetos cercanos queden enfocadas en la capa que está en el fondo del ojo. Esta capa es la *retina*, y es sensible en extremo, y hasta en fecha muy reciente era más sensible a la luz que cualquier detector artificial fabricado. Diferentes partes de la retina reciben luz proveniente de diferentes partes del campo visual exterior. La retina no es uniforme. Hay una mancha en el centro de nuestro campo de visión, que es la *fóvea*. En ella se puede captar mucho mayor detalle que en las partes laterales del ojo. También hay un lugar en la retina donde los nervios sacan toda la información por el nervio óptico: es el *punto ciego*.

Puedes demostrar que tienes un punto ciego en cada ojo si sostienes este texto con el brazo extendido, cierras el ojo izquierdo y ves la

figura 2 sólo con el ojo derecho. Podrás ver el punto redondo y la X a esa distancia. Si ahora acercas con lentitud el libro hacia los ojos, con el ojo derecho fijo en el punto, llegarás a una posición a unos 20 a 25 centímetros del ojo donde desaparecerá la X. Ahora repite lo anterior con el ojo izquierdo abierto y viendo esta vez a la X, y el punto desaparecerá.

Cuando tienes los dos ojos abiertos no te enteras de tu punto ciego, principalmente porque un ojo “llena” la parte a la que el otro está ciego. Es sorprendente que el cerebro completa la vista “esperada” cuando se tiene un ojo abierto. Repite el ejercicio de la figura

2 con diversos objetos pequeños en varios fondos. Observa que en lugar de no ver nada, el cerebro rellena con el fondo adecuado. Así, no sólo no ves lo que hay, ¡sino también ves lo que no hay!





La retina está formada por diminutas antenas que resuenan con la luz que les llega. Hay dos clases de antenas: los bastones y los conos (figura 3). Como sus nombres lo indican, algunas de las antenas tienen forma de bastón y otras tienen forma de cono. Hay tres clases de conos: los que se estimulan con luz de baja frecuencia, los que se estimulan con luz de frecuencia intermedia y los que se estimulan con luz de mayor frecuencia.

Los bastones predominan en la periferia de la retina; en tanto que las tres clases de conos son más densos hacia la fóvea. Los conos son muy densos en la fóvea misma, y como están empacados tan estrechamente, son mucho más finos, o angostos, ahí más que en cualquier otra parte de la retina. La visión de los colores se debe a los conos. En consecuencia, percibimos el color con más agudeza enfocando una imagen en la fóvea, donde no hay bastones. Los primates y cierta especie de ardillas terrestres son los únicos mamíferos que tienen tres clases de conos, y tienen una visión total de los colores. Las retinas de los demás mamíferos están formadas principalmente por bastones, que sólo son sensibles a la luz o a la oscuridad, como una fotografía o película en blanco y negro.

En el ojo humano, la cantidad de conos disminuye al alejarse de la fóvea. Es interesante el hecho de que el color de un objeto desaparece si se percibe con visión periférica. Se puede hacer la prueba haciendo que un amigo entre a la periferia de tu visión con algunos objetos de colores brillantes. Encontrarás que puedes ver primero los objetos y después percibes sus colores. Otro hecho interesante es que la periferia de la retina es muy sensible al movimiento. Aunque nuestra visión es deficiente en el rabllo del ojo, ahí tenemos sensibilidad a lo que se mueva.

Estamos “programados” para ver algo que se agite en los lados de nuestro campo visual, función que debió tener importancia en nuestro desarrollo evolutivo. Pide a un amigo que agite los objetos con colores brillantes cuando los ponga en la periferia de tu campo de visión. Si apenas puedes ver los objetos cuando se agitan, pero no los puedes ver cuando se mantienen inmóviles, no podrás decir de qué color son (figura 4). ¡Haz la prueba!

Otra cosa que distingue a los bastones y a los conos es la intensidad de la luz a la que responden. Los conos requieren más energía que los bastones para poder “disparar” un impulso por el sistema nervioso. Si la intensidad luminosa es muy baja, lo que veamos no tiene color. Vemos bajas intensidades con los bastones. La visión adaptada a la oscuridad se debe casi totalmente a los bastones, mientras que la visión con mucha iluminación se debe a los conos. Por ejemplo, vemos que las estrellas son blancas. Sin embargo, la mayoría de las estrellas tienen colores brillantes. Con una fotografía con tiempo de exposición, las estrellas se ven rojas y anaranjadas rojas, que son las “más frías”; y azules y azul-violeta las “más calientes”. Sin embargo, la

FIGURA 3
Imagen ampliada de los bastones y los conos en el ojo humano.

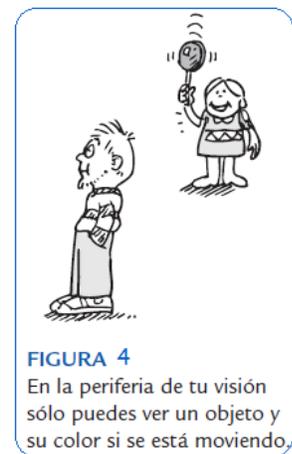
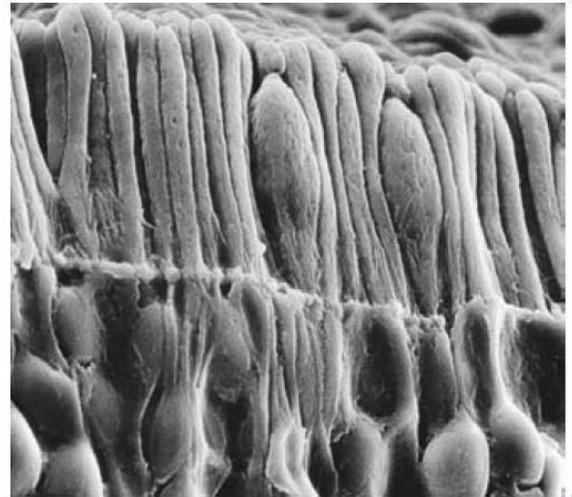


FIGURA 4
En la periferia de tu visión sólo puedes ver un objeto y su color si se está moviendo.



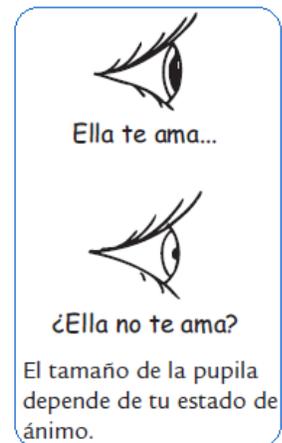
luz estelar es muy débil como para activar los conos receptores del color en la retina. Vemos entonces las estrellas con los bastones y las percibimos como blancas o, cuando más, sólo con un color débil. Las mujeres tienen un umbral un poco menor de activación de los conos, y pueden ver más colores que los hombres. Así que, si ella dice que las estrellas son de colores y él dice que no, ¡probablemente ella tenga razón!

Se ha determinado que los bastones “ven” mejor que los conos hacia el extremo azul del espectro de colores. Los conos pueden ver un rojo profundo donde los bastones no ven luz alguna. La luz roja puede ser negra, de acuerdo con los bastones. Así, si tienes objetos de dos colores, por ejemplo, azul y rojo, el azul aparecerá mucho más brillante que el rojo en luz mortecina, aunque el rojo pueda ser mucho más brillante que el azul, vistos a la luz brillante. El efecto es muy interesante. Haz la siguiente prueba: en un cuarto oscuro toma una revista o algo que tenga colores, y antes de saber con seguridad de qué colores se trata, intenta decir cuáles son las zonas más claras y más oscuras. A continuación enciende la luz. Verás un notable cambio entre los colores más brillantes y los más opacos.

Los bastones y los conos de la retina no están conectados en forma directa con el nervio óptico sino, algo muy interesante, están conectados con muchas otras células que están a la vez interconectadas. Mientras que muchas de esas células están interconectadas, sólo unas cuantas conducen la información al nervio óptico. A través de esas interconexiones, cierta cantidad de información procedente de varios receptores visuales se combina y se “digiere” en la retina. De esta forma, se “medita” la señal luminosa, antes de ir al nervio óptico y luego al cuerpo principal del cerebro. Así, algo del funcionamiento cerebral se lleva a cabo en el ojo mismo. El ojo hace algo de nuestro “pensamiento”.

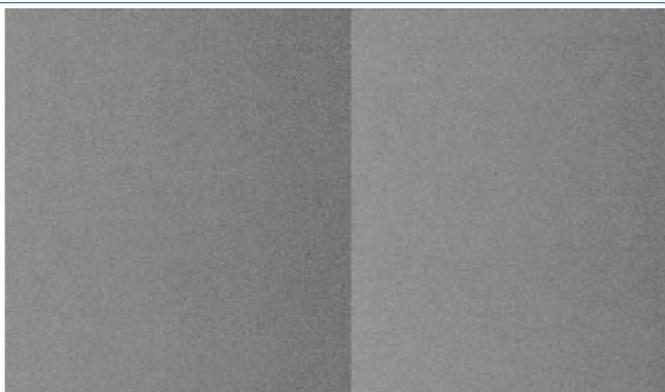
A este pensamiento lo traiciona el iris, la parte coloreada del ojo que se dilata y se contrae, y regula el tamaño de la pupila, admitiendo más o menos luz conforme cambia la intensidad de ésta. También sucede que el tamaño relativo del aumento o contracción se relaciona con nuestras emociones. Si vemos, olemos, gustamos u oímos algo agradable, nuestras pupilas aumentan de tamaño en forma automática. Si vemos, olemos, gustamos u oímos algo repugnante, nuestras pupilas se contraen también en forma automática. ¡Muchos jugadores de cartas revelan la mano que les tocó por el tamaño de sus pupilas! (El estudio del tamaño de la pupila en función de las actitudes se llama *pupilometría*.)

La luz más brillante que puede percibir el ojo humano sin dañarse tiene un brillo 500 veces mayor que el brillo mínimo perceptible. Ve hacia una lámpara encendida y después ve hacia un clóset sin iluminación. La diferencia en intensidad de la luz puede ser mayor que un millón a uno. Debido a



un efecto llamado *inhibición lateral* no percibimos las diferencias reales de brillo. Los lugares más brillantes en nuestro campo visual no pueden eclipsar el resto, porque siempre que una célula receptora en nuestra retina manda una fuerte señal de brillo a nuestro cerebro, también indica a las células vecinas que aminoren

FIGURA 5
 Los dos rectángulos tienen igual brillo. Cubre la frontera entre ellos con un lápiz y compruébalo.





San Fernando College
Depto de Ciencias
Prof. Luis Henríquez
lhenriquez@sanfermandocollege.cl

sus respuestas. De este modo, emparejamos nuestro campo visual, lo cual nos permite percibir detalles en zonas muy brillantes y también en zonas muy oscuras. La inhibición lateral exagera la diferencia en brillo en las orillas de los lugares de nuestro campo visual. Las orillas, por definición, separan una cosa de otra. Así acentuamos las diferencias. El rectángulo gris a la izquierda de la figura 5 parece más oscuro que el de la derecha, cuando vemos la frontera que lo separa. Pero cubre esa frontera con un lápiz o con el dedo, y se ven de igual brillo. Se debe a que ambos rectángulos sí *son* de igual brillo; cada uno tiene tono de más claro a más oscuro, yendo de izquierda a derecha. El ojo se concentra en la frontera donde la orilla oscura del rectángulo izquierdo se junta con la parte clara del rectángulo derecho, y el sistema ojo-cerebro supone que el resto del rectángulo es igual. Damos atención a la frontera e ignoramos el resto. Cuestiones que ponderar: ¿la forma en que el ojo distingue las orillas y hace hipótesis acerca de lo que hay más allá se parece a la forma en que a veces hacemos juicios acerca de otras culturas y otras personas? ¿No tendemos a exagerar, en la misma forma, las diferencias en la superficie mientras ignoramos las semejanzas y las sutiles diferencias del interior?

Para complementar la información de la guía se sugiere revisar los siguientes videos y las ilusiones ópticas de la página siguiente:

<https://www.youtube.com/watch?v=v4NwwNKpYrs>

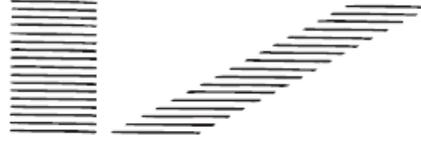
<https://www.youtube.com/watch?v=uvCZMWt1m0U>

<https://www.youtube.com/watch?v=JIP1Kb3GmxA>

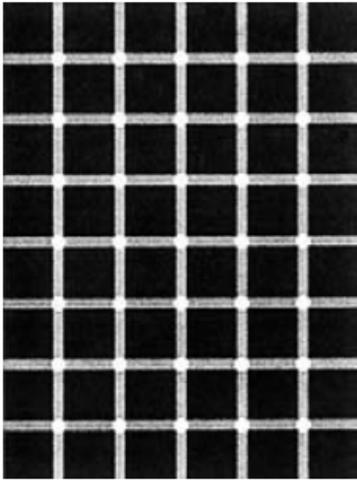
https://www.youtube.com/watch?v=xcDRKf_XVEE



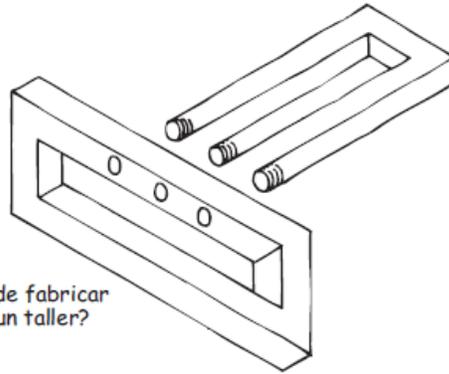
¿Realmente es discontinua la línea inclinada?



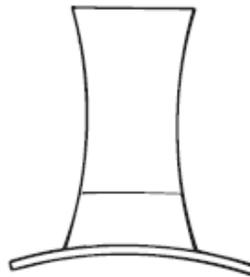
¿Realmente son menos altas las rayas de la derecha?



¿Puedes contar los puntos negros?



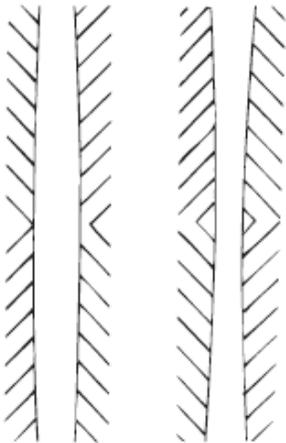
¿Se puede fabricar esto en un taller?



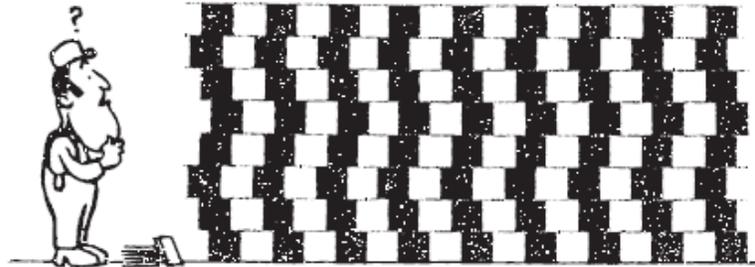
¿Es mayor la altura de la copa que el diámetro del ala?



¿Qué dice este letrero?



¿Son paralelas las líneas verticales?



¿Quedaron huecos los tabiques?