

Sistema visual

La percepción del mundo que nos rodea



El mundo real no es exactamente como lo percibimos. Aunque el proceso óptico y físico del sistema visual funciona prácticamente igual en todos los individuos, la percepción visual es mucho más compleja, puesto que consiste en la interpretación del estímulo recibido, y esta interpretación depende, en parte, de cada individuo.

Adquirimos conciencia del mundo que nos rodea a través de los sentidos. Los estímulos desencadenan sensaciones, pero la organización, interpretación y análisis de éstas no depende exclusivamente de los sentidos, sino también del cerebro. A partir de los estímulos recogidos por los sentidos organizamos y recreamos la realidad y adquirimos conciencia de ella por medio de la percepción. El estímulo pertenece al mundo

SANDRA TORRADES Y POL PÉREZ-SUST
BIÓLOGOS.



exterior y causa un efecto o sensación, mientras que la percepción es el proceso psicológico de la interpretación y depende, en gran parte, del «mundo interior» de cada individuo.

Si limitamos el estudio al campo visual, la percepción se define por el estímulo que produce la luz que, a su vez, nos crea una sensación que es analizada e interpretada en nuestro cerebro. Aunque el acto perceptivo tenga lugar de forma automática, es realmente complejo y tiene múltiples implicaciones. El mundo real no tiene que ser exactamente lo que percibimos por los ojos.

Los filósofos fueron los primeros en estudiar el origen de las percepciones: unos mantienen la teoría de que se trata de una reacción intuitiva e innata, mientras que otros creen que es fruto del aprendizaje y de la acumulación de experiencias.

El proceso óptico y físico de la percepción visual, como se verá en los párrafos siguientes, funciona mecánicamente de modo parecido en todos los hombres de vista sana. Las diferencias fisiológicas de los órganos visuales prácticamente no afectan al resultado de la percepción.

Las diferencias empiezan con la interpretación de la información que se recibe. Es decir, diferente cultura, educación, edad, memoria, inteligencia, e incluso estado emocional, pueden alterar el resultado final de interpretación. Se trata de una lectura, de una interpretación inteligente de señales cuyo código no está en los ojos sino en el cerebro.

El proceso de la percepción visual

Los objetos emiten o reflejan radiaciones luminosas de distinta frecuencia e intensidad que penetran en el interior del globo ocular a través de la pupila. La pupila se dilata o contrae en función de las condiciones lumínicas por la acción del iris. Después, la señal luminosa pasa por la córnea, el cristalino y la cámara interior acuosa hasta llegar a la retina, la parte fotosensible del ojo, donde se encuentran las células ganglionares, bipolares y fotorreceptoras (los conos y los bastoncillos, las únicas células sensibles a la luz). Hay, también, otros dos tipos de células: las células horizontales, que conectan entre sí a los conos y los bastoncillos, y las células amacrinas, que conectan las células bipolares con las ganglionares. La retina es un tejido fotorreceptor que cubre la mayor parte de la superficie interior del ojo y constituye el plano sobre el que se proyectan las imágenes de forma invertida. En la retina, los fotorreceptores (conos y bastones) transforman la luz en energía electroquímica que se transmite al cerebro a través del nervio óptico.

La energía electromagnética que incide sobre los conos y los bastoncillos se transforma en impulsos

nerviosos que llegan hasta las células ganglionares, cuyos axones se unen para formar el nervio óptico en el disco óptico, llamado punto ciego porque carece de células fotorreceptoras y no es sensible a la luz. Los impulsos nerviosos, que proceden de la retina, llegan a través del núcleo geniculado lateral (NGL) del tálamo hasta la corteza visual del cerebro, situada en el lóbulo occipital, donde se produce la propia percepción.

Los haces nerviosos de cada ojo se encuentran en el quiasma óptico, donde parte de ellos se cruzan para ir a parar al hemisferio cerebral opuesto. Las fibras que salen del lado izquierdo de ambas retinas (y que corresponden al lado derecho del campo visual) se proyectan hacia el hemisferio izquierdo, y las que salen del lado derecho de ambas retinas (y que corresponden al lado izquierdo del campo visual) se proyectan hacia el hemisferio derecho (fig. 1).

Mecanismos básicos de la visión

Hay tres mecanismos que intentan explicar el proceso básico de la visión. Estos son: los campos receptivos, la inhibición lateral y la magnificación cortical.

Las células ganglionares se conectan con las células fotorreceptoras (los conos y los bastones) y funcionan

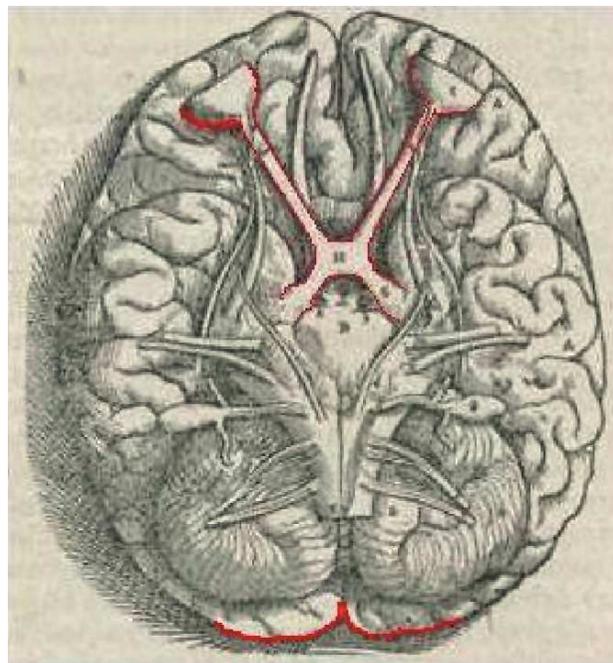


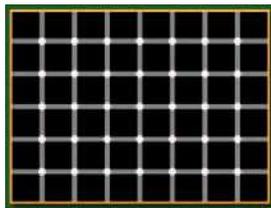
Fig. 1. La luz penetra en el interior del glóbulo ocular y se convierte en impulsos nerviosos. Los haces nerviosos de cada ojo se encuentran en el quiasma óptico, donde parte de ellos se cruzan para ir al hemisferio cerebral opuesto (en rojo, en la parte superior del cerebro). Los impulsos nerviosos llegan al tálamo y finalmente hasta la corteza visual (en rojo, en la parte inferior del cerebro).

Limitaciones del sistema visual: las ilusiones ópticas

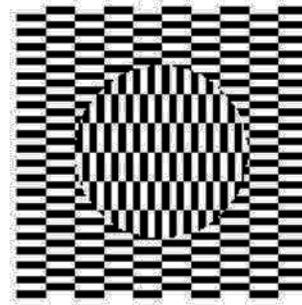
Las ilusiones ópticas son una ilusión del sentido de la vista que inducen a percibir la realidad de forma errónea. Entender estos fenómenos permite comprender las limitaciones del sentido visual y conocer las posibles distorsiones del color, la dimensión y la perspectiva de la escena que observamos.

El origen de las ilusiones ópticas puede ser fisiológico, como un deslumbramiento, debido a una estimulación excesiva que deja por unos instantes saturados los receptores luminosos de la retina; o cognitivo, cuando la causa es la interpretación errónea, por parte del cerebro, de las señales que el ojo le envía.

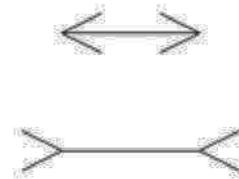
Al mirar el tablero nos parece que hay puntos negros, pero no los hay.



El interior parece moverse (Ilusión de Ouchi).



Las dos líneas horizontales tienen el mismo ancho (Ilusión de Müller-Lyer).



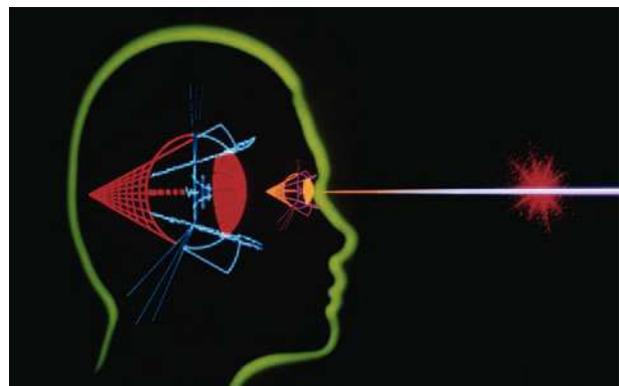
de acuerdo con la estimulación recibida en el llamado campo receptivo. Se distinguen dos tipos de respuesta de los campos receptivos: de centro encendido y de centro apagado.

Las células ganglionares se activan al máximo cuando las células receptoras del centro se activan y las de la periferia se mantienen inactivadas (centro encendido). En sentido contrario, las células ganglionares de los

campos receptivos de centro apagado se activan cuando son activados los receptores de la periferia y los receptores del centro del campo quedan inactivados (centro apagado). Es un mecanismo antagónico que permite una percepción óptima del contraste.

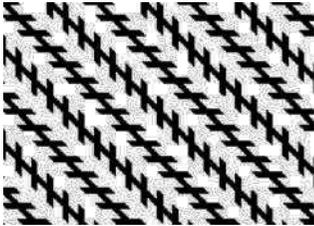
Es importante distinguir que los conos son muy eficaces en la percepción de contornos, contrastes y colores en condiciones de mucha luminosidad, mientras

Los filósofos fueron los primeros en estudiar el origen de las percepciones: unos mantienen la teoría de que se trata de una reacción intuitiva e innata, mientras que otros creen que es fruto del aprendizaje y de la acumulación de experiencias

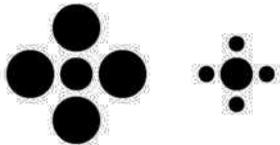




Las líneas diagonales son paralelas.



Los círculos del centro son del mismo tamaño



que los bastones funcionan mejor en condiciones de baja luminosidad.

Este fenómeno explica las diferencias entre las conexiones de las células ganglionares con los conos y los bastones. Es decir, un cono se conecta con una célula ganglionar y varios bastones son conectados con una misma célula ganglionar.

Otro mecanismo básico de la visión es la inhibición lateral. Este fenómeno se produce cuando un estímulo induce efectos opuestos en el centro y la periferia de un campo receptivo. Estas regiones antagonistas compiten entre si y la célula ganglionar a la que están conectadas se mantiene prácticamente inactivada. De este modo se explica la percepción del contraste.

El tercer proceso es el que se conoce como magnificación cortical. La organización del sistema visual en el córtex del cerebro mantiene una «cierta» fidelidad con los objetos externos. Es decir, en el córtex visual se proyecta en cada momento un mapa topológicamente equivalente a la imagen externa. Sin embargo, la zona de enfoque principal de la imagen externa requiere una proyección mayor en la zona cortical que las zonas periféricas de la imagen.

El proceso cognitivo y la corteza visual

Toda la información que se recibe a través de los ojos llega al cerebro, donde se procesa. Se conocen unas 30 áreas visuales localizadas en los lóbulos occipitales, parietal, temporal y frontal de la corteza cerebral. Cada área extrae diferentes tipos de información de la señal de entrada visual; desde los rasgos más elementales como la frecuencia espacial, orientación y contraste (áreas del lóbulo occipital), hasta los rasgos más complejos tales como el movimiento, el color o la forma de los objetos (propio de las regiones parietal temporal y frontal de la corteza cerebral).

Hay una organización jerárquica entre las áreas visuales. Todas las áreas están altamente interconectadas, pero cada una de ellas está especializada en una parte del análisis funcional de la información. La cognición visual es el resultado de interacciones recurrentes entre las distintas áreas visuales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que generalmente no miramos una escena de forma estática, los ojos se mueven buscando las partes «interesantes» de una escena para construir un mapa mental de la realidad observada.

El ojo humano hace movimientos oculares rápidos (conocidos como movimientos sacádicos) debido a que únicamente la parte central de la retina, la fovea, tiene una alta concentración de conos. La fovea es la parte de la retina encargada de la visión en alta resolución. El resto de la retina está tapizada básicamente por bastones, células fotosensibles monocromáticas, especialmente buenas en la detección del movimiento. Es decir, el ojo capta pequeñas partes de una misma esce-

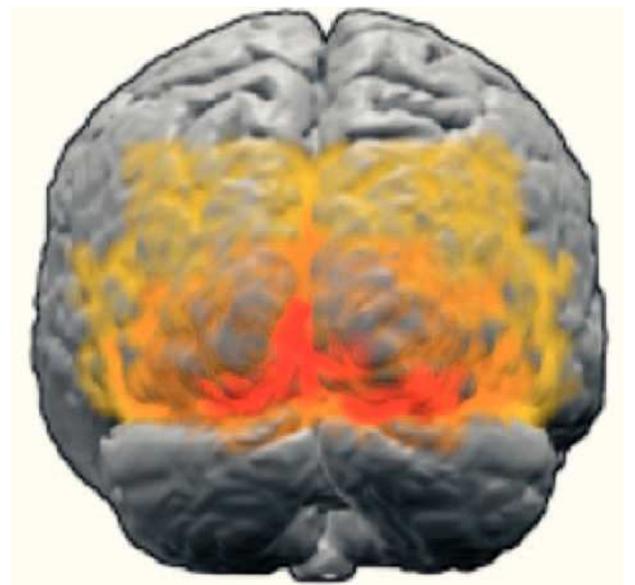


Fig. 2. Representación de la corteza visual. La activación sincrónica de diferentes neuronas de distintas áreas cerebrales podría explicar, en parte, el proceso visual cognitivo.



na para optimizar sus recursos. Si toda la escena fuera vista como lo que entendemos por alta resolución, el diámetro del nervio óptico debería ser incluso mayor que el del propio globo ocular. Además, un procesado de toda la escena requeriría también un cerebro varias veces superior al que tenemos. Por este motivo, en el proceso de percepción visual primero tiene lugar la detección de los bordes del objeto que miramos, después se inicia el proceso de estereoscopia, el fusión de las dos imágenes procedentes de los dos ojos. Este proceso tiende a construir la superficie de la imagen, añadiéndole textura, profundidad y orientación, captando movimiento y color. A continuación, se lleva a cabo el rellenado cognitivo del fondo, es decir, el cerebro construye la totalidad de la escena a partir de las pequeñas partes que visualiza mediante rápidos movimientos oculares prácticamente imperceptibles.

En el tramo final de todo el estímulo visual se ha descrito la existencia de señales neuronales de tipo retroalimentación en el córtex visual. Estas señales de modulación tardía se asocian con varias zonas cognitivas como la conciencia visual, la atención y la memoria visual.

Algunos estudios recientes han demostrado que la interpretación que hacemos de los estímulos generados en nuestros ojos está condicionada por las presunciones que hacemos previamente sobre el entorno. Por lo que, en el proceso de la percepción visual, el cerebro parece que construye, en parte, lo que vemos.

Como se ha comentado en párrafos anteriores, vemos mejor aquellas cosas a las que dirigimos la mira-

da directamente pero, puesto que el cerebro construye parte de la realidad, las suposiciones que hacemos acerca del entorno condicionarán la percepción final. Por ejemplo, cuando confiamos en las sombras para juzgar la forma de un objeto, lo que estamos haciendo en realidad es suponer la reflectancia de la superficie del objeto, así como su iluminación.

Algunos estudios sugieren que sin este tipo de presunciones, las posibilidades de interpretar los estímulos visuales serían muy limitadas. Así, si parte de la percepción depende de nuestras propias presunciones, está claro que lo que nos muestra el mundo real no tiene por qué ser lo que percibimos. Los ojos sólo son responsables de una parte de la percepción visual, el cerebro hace el resto. En definitiva, podríamos decir que se trata de un acto de reconstrucción interpretativa. ■

Bibliografía general

- Kandel RE, Schwartz J, Jessell TM. Principles of neural science. 3 ed. New York: Elsevier Science Publishing; 1991. Chapter 28. Phototransduction and information processing in the retina.
- Lamme AFV, Roelfsema PR. The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends Neurosci.* 2000;23:571-9.
- Supèr H. Figure-ground activity in V1 and guidance of saccadic eye movements. *J. Physiol.* 2006;100:63-9.
- Supèr H. Working memory in the primary visual cortex. *Arch. Neurol.* 2003;60:809-12.
- Perez D, Travieso D, Magano A, Lopez A, Marquez MT. Percepción visual. Tema 1 [Consultado el 22/03/2008]. Disponible en: http://www.uam.es/personal_pdi/psicologia/travieso/web_percepcion/principal.html.