

UN VISTAZO A LA NEUROOFTALMOLOGÍA

Dr. Alfredo López López

Sección de Neurología del Hospital General Obispo Polanco de Teruel

INTRODUCCIÓN

Tendemos a considerar la “realidad” como objetiva, cierta y fácilmente demostrable. Sin embargo, para los seres vivos, no es más que una interpretación cerebral de una serie de estímulos externos recogidos por órganos sensoriales que, desde la educación elemental, dividimos en vista, oído, olfato, gusto y tacto. En base a dicha información y a esquemas perceptivos, unos aprendidos y otros genéticamente determinados, construimos dicha realidad. Para que este proceso sea posible se necesita de un funcionamiento adecuado de dos funciones cerebrales superiores: la consciencia y la memoria.

Los seres humanos compartimos un pasado común con los primates; en nuestra construcción de la realidad ocupa un lugar destacado la aferencia visual. Nuestros antepasados vivían en un entorno arborícola, donde la agudeza visual y la medición de las distancias era vital para la supervivencia. La visión nítida, con posibilidad de percibir una gran variedad de matices de color, asociado a una capacidad muy especializada para distinguir las tres dimensiones en el espacio, nos permitía distinguir de predadores tanto inmóviles como en movimiento y, asimismo, poder saltar entre ramas con precisión.

En otros seres vivos pueden primar la visión nocturna, el olfato o el sonido. Evidentemente, nuestra percepción del entorno no tiene nada que ver con la de un murciélago o la de un insecto. La realidad es moldeada por el cerebro en base a la capacidad de nuestros órganos sensoriales y éstos, a su vez, moldeados por la presión de la evolución.

La Neurooftalmología se divide clásicamente en dos sistemas: el sistema visual y el sistema oculomotor. Es una división artificial, pero útil desde el punto de vista didáctico: el sistema visual será el encargado de captar la imagen y “transportarla” hasta nuestra corteza cerebral para hacerse consciente (percepción de la imagen) y el oculomotor el encargado de que esta imagen llegue hasta el órga-

no sensorial (ojo) de forma adecuada. En primates superiores y el ser humano existe una diferenciación anatómica en las vías neurológicas encargadas de cada sistema, especialmente en relación con el desarrollo de la corteza occipital primaria y sus áreas de asociación correspondientes. En otros seres vivos esta diferenciación no se aprecia y su integración corresponde más a las áreas correspondientes del tronco cerebral.

Una descripción detallada y convencional de la Anatomía y Patología de estos sistemas ya se encuentra en muchos textos de referencia, quedando fuera de la intención de esta revisión. Sí quiero destacar algunos aspectos menos reseñados tradicionalmente, pero no por ello menos importantes. De hecho, el conocimiento de la percepción visual humana ha sido fundamental para poder desarrollar aspectos técnicos como la Fotografía digital o el Cine 3D, así como para ahondar en el campo de las emociones y su relación con el descubrimiento de las neuronas espejo.

EL SISTEMA VISUAL

La luz y sus colores. Una ilusión conveniente de realidad

La luz visible no es más que una franja muy estrecha del espectro electromagnético, aquella a la que es sensible el ojo humano. La radiación electromagnética se propaga transportando energía en el espacio; cumple características tanto de cuanto (paquete de energía) como de onda; la frecuencia e, inversamente, la longitud de la onda determinarán la energía de la misma (Fig. 1). El ojo detecta esta franja estrecha de radiación caracterizada por una serie de frecuencias que el cerebro interpreta como “colores”. Fuera de dichos límites quedan el resto de radiaciones: podemos notar los efectos de la radiación ultravioleta como lesión en la piel y la infrarroja como calor, pero no podemos verlas como un “color”. Obviamente no es una coincidencia que esta franja del espectro sea en la que emite con más fuerza el sol; nuestra especie se ha carac-

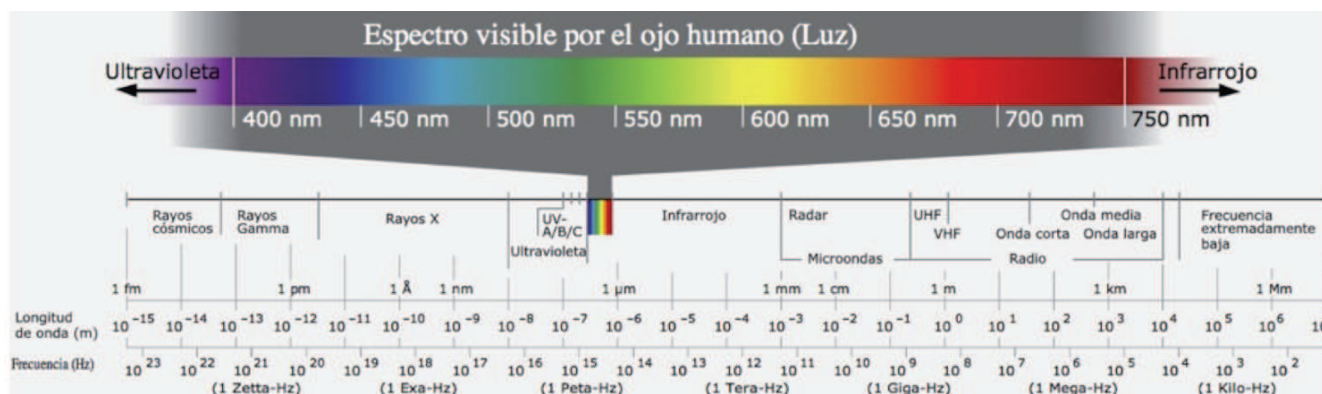


Fig. 1.

terizado como esencialmente diurna y nuestro ojo se ha especializado.

La radiación que nuestro ojo “ve” llega al mismo reflejada por los objetos (reflexión) o atravesándolos, desviándose en cierto grado (refracción). El primer tipo de objetos los consideramos opacos y a los segundos transparentes. Si nuestro ojo fuera sensible a los rayos X, dada su gran capacidad de penetración, nuestro mundo sería muy diferente con una gran cantidad de objetos transparentes a nuestro alrededor. Asimismo, el color con el que vemos los objetos depende de la radiación que reflejan y que, por lo tanto, llega hasta nosotros: veremos blancos los objetos que reflejan todo el espectro visible, negros (ausencia de color) los que absorben todo el espectro y de un color determinado los que reflejan una parte del espectro; esto es sabido desde nuestra educación elemental, pero lo matizaremos posteriormente.

La retina de nuestros antepasados vivía entre verdes

El ojo humano dispone, esencialmente, de un sistema óptico y una lámina sensible a la luz. El primero se compone de la córnea y el cristalino y es el encargado de que las imágenes recogidas lleguen perfectamente enfocadas a la lámina sensible: la retina. La misma es un tejido muy especializado con una serie de células fotorreceptoras que dividimos en conos y bastones. Los primeros son capaces de distinguir diferentes longitudes de onda y trabajan mejor con la luz del día. Se dividen en los sensibles a longitudes de onda larga y baja frecuencia (conos L), en torno al color rojo, onda media (conos M), en torno al verde y los sensibles a las ondas cortas y alta

frecuencia (conos S) en torno al color azul. Por otro lado, los bastones se han especializado para poder ser estimulados en bajas condiciones de luz, incluso por un solo fotón, siendo, también más sensibles al movimiento (resolución temporal); a diferencia de los conos, no son capaces de distinguir longitudes de onda por lo que no ofrecen información de color.

En la reiterada comparación del ojo con una cámara fotográfica, la retina correspondería a la antigua película o, actualmente, al sensor CCD o CMOS de las cámaras digitales. Como en la retina, los sensores disponen de elementos individuales sensibles a la luz roja, verde o azul. Cada uno de estos elementos da una información que se denomina pixel y el conjunto de todos ellos conforman la imagen. Los pixel sensibles a rojo, verde y azul (sistema RGB) siguen un patrón característico que se denomina “patrón Bayer” (Fig. 2). Como se puede observar hay el doble de pixeles

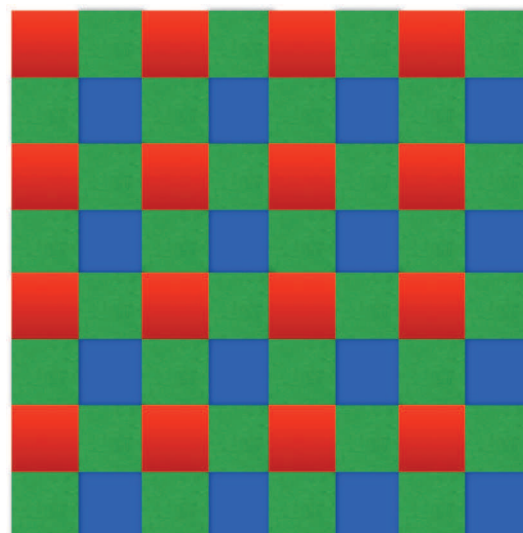


Fig. 2.

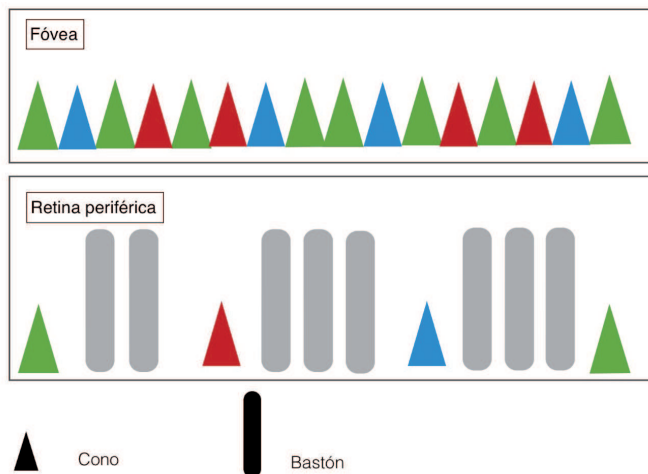


Fig. 3.

de color verde que de rojo o de azul. Esto es debido a que se ha descubierto que la retina es capaz de discriminar más tonos de verde que de los otros colores elementales; probablemente un indicio de la especialización de nuestro ojo a un entorno arborícola como el de nuestros antepasados.

La retina, a diferencia de un sensor fotográfico, no tiene una distribución homogénea de sus fotorreceptores. Presenta una zona central de máxima concentración de conos, sin bastones, que se denomina fóvea o mácula en la que la definición de la imagen (agudeza visual) será mayor y con más información de color; a partir de aquí y hacia la periferia de la retina va disminuyendo la concentración de conos y aumentando la de los bastones. De forma global, la concentración de fotorreceptores disminuye hacia la periferia, por lo que la agudeza visual y la información de color es menor, pero se consigue más sensibilidad en situaciones de oscuridad (Fig. 3). De todos es conocido que no somos capaces de distinguir los colores si no hay suficiente luz. Para complicarlo más, la retina dispone de estructuras vasculares y de la salida del nervio óptico. Estas zonas suponen puntos ciegos sin información de imagen, por lo que lo que creemos ver como en la Fig. 4, en realidad la retina lo capta como en la Fig. 5.

El procesamiento de la imagen. La percepción.

La imagen recogida en la retina, como en una cámara fotográfica, es una imagen invertida donde el campo visual externo (temporal) es recogido por la retina interna (nasal), el superior por la retina inferior y viceversa. La vía óptica (retina-nervio óptico-quiasma óptico-tracto óptico-cuerpo geniculado-radiaciones ópticas de Gratiolet-corteza



Fig. 4



Fig. 5.

cerebral occipital) es la encargada de la transmisión con una distribución característica en la que lo recibido en la retina nasal de cada ojo, se entrecruza en el quiasma óptico; a partir de aquí, la radiación óptica izquierda transmitirá las imágenes de la retina temporal del ojo izquierdo y nasal del ojo derecho, es decir hemicampo visual derecho y viceversa (Fig. 6). Una descripción más detallada se encuentra en los textos clásicos, a los que remito al lector.

La imagen llega a la corteza occipital, con una zona central enfocada y con toda la información de color (visión macular); desde esa zona y hacia la periferia la imagen comienza a perder información de color y nitidez, asociando además una serie de puntos ciegos correspondientes a la papila óptica (inicio del nervio óptico) y a las estructuras vasculares. La corteza occipital de asociación dispone de varios mecanismos para conseguir una percepción visual perfecta: los puntos ciegos son rellenados mediante la información visual de las zonas límites, como un tampón de clonar de Photoshop. Pero no sólo eso, además dispone de la información

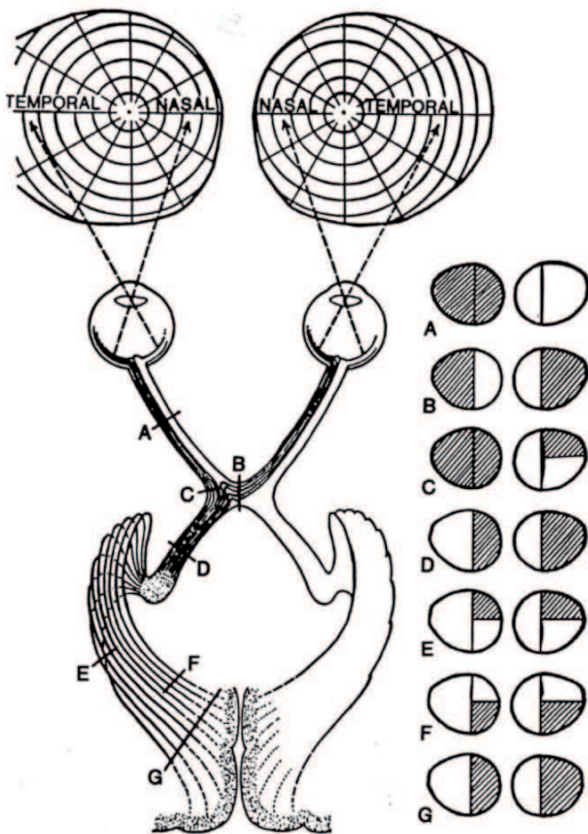


Fig. 6.

real de esos puntos mediante micromovimientos oculares que cambian ligeramente el punto de vista. Por otro lado, utilizando la memoria, el cerebro puede reconstruir información relevante mediante el recuerdo de imágenes previas. Todas estas herramientas se usan también para completar la información de color y nitidez que le falta en la periferia.

Es fácil evidenciar el punto ciego correspondiente a la papila óptica. Si fijamos la vista con el ojo izquierdo en la cruz (Fig. 7) y alejamos o acercamos la imagen, llegará un momento en que desaparece el punto negro. Dicho punto se encontrará en el área de proyección de la papila y el cerebro rellena la zona con la información del alrededor (blanco). De la misma forma, podemos evidenciar la menor agudeza visual de la periferia fijando la vista en el punto central (Fig. 8) y tratando de leer las palabras de las esquinas.

Balance de blancos. Nuestros colores

Otra característica interesante de la percepción visual tiene que ver con la interpretación de los colores. Como ya se ha referido anteriormente, el color de los objetos dependen de la frecuencia de la radiación electromagnética que

OJO IZDO. FIJAR LA VISTA EN LA CRUZ



Fig. 7.

Casa

Coche



Perro

Saco

Fig. 8.

reflejan (un objeto es verde porque absorbe todos los colores menos el verde que refleja: reflexión). Esta afirmación es correcta cuando la luz utilizada es la luz del sol, ya que dispone de todo el espectro electromagnético visible. Sin embargo, si un objeto “verde” lo iluminamos con una luz completamente roja absorberá toda la luz y no reflejará nada; en este caso el mismo objeto sería negro. Todos tenemos la experiencia, con la antigua película fotográfica, de haber fotografiado una escena iluminada por una bombilla y aparecer la imagen amarillenta o con un fluorescente y aparecer verdosa. Efectivamente, el color de los objetos depende de las características de la luz que reciben y que, por lo tanto, pueden reflejar después. Sin embargo, en nuestros recuerdos, la nieve y una hoja de papel siempre son blancas independientemente de las circunstancias. Esto es así porque, como las cámaras digitales modernas, nuestros cerebros hacen un constante “balance de blancos”, comparando todo el espectro de colores de la escena y recomponiendo dichos colores para que la escena sea congruente. De nuevo la memoria juega un papel importante (sabemos que la sangre es roja y la nieve es blanca). De hecho, si sacamos de contexto los objetos o

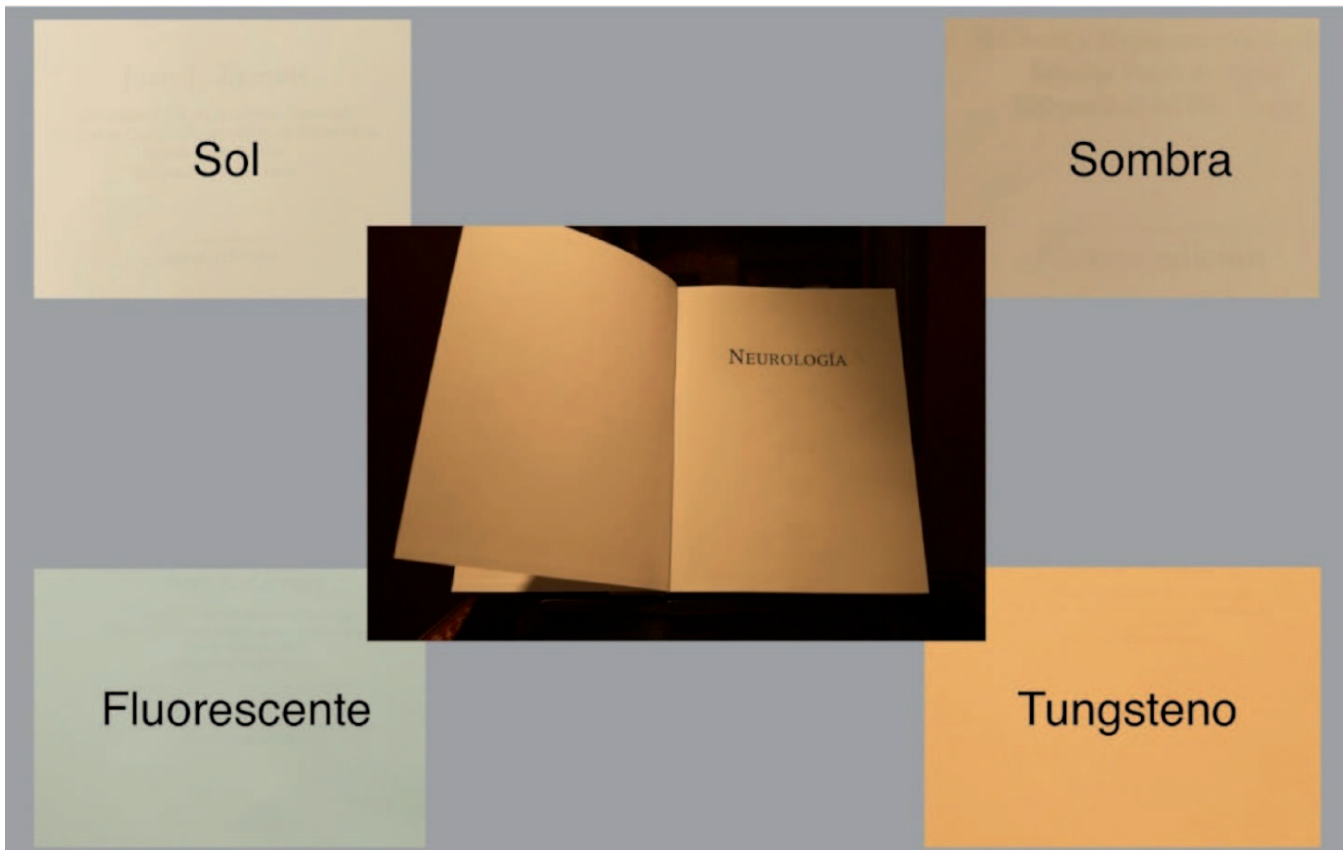


Fig. 9.

no los reconocemos, podemos apreciarlos de un color diferente (Fig. 9).

Neuronas espejo, emociones y ceguera cortical

La expresión facial y corporal son un reflejo de emociones e intenciones y todos los seres humanos son capaces de interpretarlos con mayor o menor fortuna. Ya tienen más de 20 años los experimentos que demostraron la existencia de un grupo de neuronas en la región prefrontal de macacos que se activaban tanto al realizar un movimiento como al verlo realizar a otro animal. Este hecho iba en contra de viejos paradigmas de especialización de los grupos neuronales, dado que un mismo tipo de células se activaban en dos tareas diferentes: perceptiva y motora. Estas neuronas se denominaron "neuronas espejo" y se encuentran en la base de la gran capacidad de imitación de los primates. Sus conexiones con el sistema límbico correlacionan los actos motores con las emociones y por lo tanto nos permiten interpretar las de nuestros semejantes al observar su mímica y expresión corporal: no leemos su mente sino la nuestra. Obviamente la aferencia visual es primordial. Estudios recientes relacionan la aferencia visual y el sistema límbico con vías visuales arcaicas en las que la

percepción consciente no es necesaria: la lesión bilateral de la corteza occipital produce un tipo de trastorno denominado ceguera cortical en la que el paciente no es consciente de ver, aunque es capaz de andar sorteando obstáculos. Recientes estudios mediante electromiografía facial han demostrado que estos pacientes también reaccionan ante fotografías de expresiones faciales que reflejaban emociones. Evidentemente, la vía visual conocida no es la única, aunque sí la más reciente desde el punto de vista evolutivo.

EL SISTEMA OCULOMOTOR

Todas las funciones referidas, perderían gran parte de su valor si no fueran auxiliadas por un sistema motor encargado de conseguir que la imagen principal se proyecte nítida y perfectamente fijada en la fóvea (área de mayor agudeza visual).

Enfoque y regulación de la luz. Autofocus y fotómetro

La capacidad de ver una imagen nítida (distinguir dos puntos cercanos como diferentes) se mide por la agudeza visual. La misma depende del número de elementos fotosensibles por unidad de superficie y de la convergencia correcta de los ra-

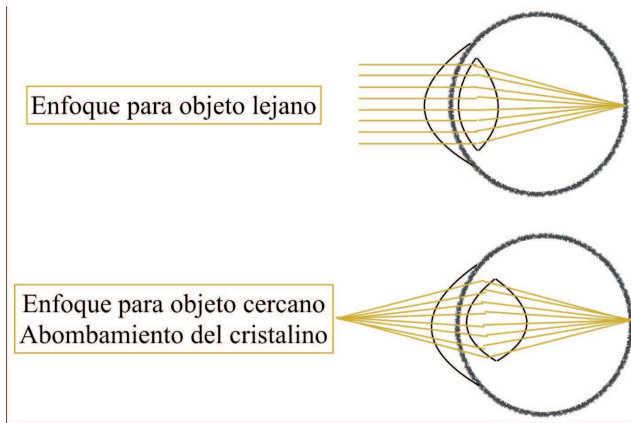


Fig. 10.

Los rayos de luz en la retina (enfoque). El método de enfoque clásico en sistemas ópticos artificiales (cámaras, prismáticos, telescopios, etc.) se basa en el desplazamiento de grupos ópticos móviles con respecto a otros fijos. Cuando el objeto a enfocar se encuentra muy lejano, los rayos de luz que conforman su imagen llegan casi paralelos al sistema óptico. Éste los hace converger en la lámina sensible a la luz para formar dicha imagen; es el enfoque a infinito de las cámaras. A medida que el objeto se acerca, los rayos de luz llegan divergentes al sistema óptico y éste tiene que conseguir el desplazamiento necesario para aumentar la convergencia de los rayos y, por lo tanto, la formación de la imagen siempre en el mismo plano. Cuanto más cercano, mayor es el desplazamiento de los elementos móviles de las lentes. De la misma forma, el ojo humano dispone de medios transparentes para el enfoque de las imágenes: la córnea y el cristalino. En este caso la convergencia de los rayos se consigue no por desplazamiento, sino mediante la modificación de la forma (abombamiento) del cristalino (Fig. 10). En el enfoque “a infinito” el cristalino tiene el abombamiento mínimo y el mismo va aumentando al acercarse el objeto a enfocar. En el caso de que la retina se encuentre a mayor distancia del cristalino de la normal las imágenes lejanas se formarán por delante de la retina sin posibilidad de poder enfocarlas y se verá “borrosa” (disminución de agudeza visual). A medida que se acerque el objeto a enfocar, el cristalino comienza a converger los rayos de luz con normalidad y consigue que la imagen se forme correctamente en la retina; incluso este tipo de ojos son capaces de enfocar objetos muy cercanos. Por el contrario, en los ojos más pequeños de lo normal

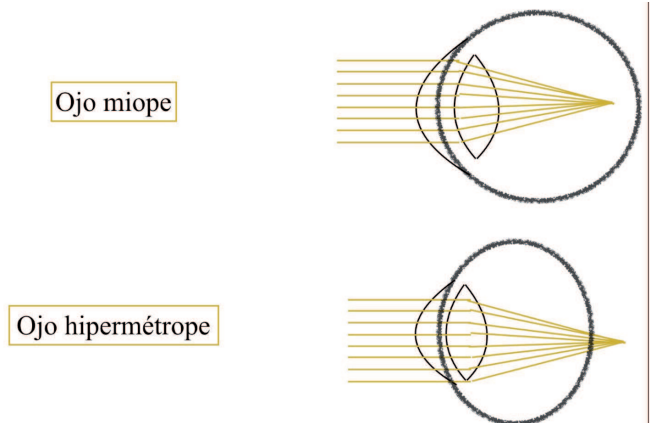


Fig. 11.

las imágenes lejanas se forman por detrás de la retina con el cristalino en reposo. Es necesario un esfuerzo de enfoque para que los rayos converjan adecuadamente en la retina. A medida que el objeto se acerca el cristalino requiere de un abombamiento adicional y, por lo tanto, existen problemas para la visión cercana. Acabamos de definir los defectos clásicos de refracción: miopía e hipermetropía respectivamente (Fig. 11). Si el cristalino pierde su capacidad de abombamiento solo enfoca a infinito; es la presbicia.

Los rayos de luz llegan a la retina atravesando estos medios transparentes y atravesando un orificio de tamaño variable equivalente al diafragma de las cámaras: es la pupila. La misma regula su tamaño en función de dos variables: la intensidad de la luz y la distancia del objeto a enfocar. En el primer caso es una reacción rápida a los cambios de luz y es el conocido reflejo fotomotor. Esta adaptación a la luz va asociada a un cambio de sensibilidad a la luz de la propia retina, más lento, y que se hace evidente en cambios bruscos de intensidad lumínica donde por unos momentos podemos estar deslumbrados o, en el caso contrario, tardar en poder ver en un entorno oscuro. El tamaño de la pupila también se modifica en relación con el enfoque; es el reflejo de acomodación. Esto es debido a un efecto muy conocido entre los fotógrafos. Cuando se enfoca un objeto hay un rango de distancia por delante y por detrás del objeto que también se encuentra enfocado. Es la “profundidad de campo”. La misma depende de tres variables:

1. La distancia al objeto. Cuanto más cercano, menor es el rango de distancias enfocadas. Disminuye la profundidad de campo.

2. El tamaño de la pupila (diafragma en Fotografía). Cuanto más pequeña es la pupila mayor es la profundidad de campo.

3. La distancia focal de las lentes. Esta variable sólo es válida en Fotografía, dado que la distancia focal del ojo es siempre la misma (el ojo humano no puede acercar o alejar imágenes como un zoom fotográfico).

Cuando el ojo requiere enfocar un objeto muy cercano la profundidad de campo es limitada y consigue un aumento de la misma disminuyendo el tamaño de la pupila (miosis). Mediante este reflejo de acomodación se consigue una imagen más nítida de los objetos cercanos.

Todos estos movimientos internos del ojo (dilatación de la pupila-midriasis, constricción pupilar-miosis y abombamiento del cristalino) tienen una inervación de predominio vegetativo y funcionamiento automático. Las vías aferentes que regulan el reflejo fotomotor son el nervio y el tracto óptico, con integración en el tronco cerebral. Estas vías informan de la intensidad lumínica, activando los mecanismos necesarios para modificar el tamaño pupilar. Tanto las vías como los núcleos están ampliamente estudiadas y descritas en los tratados de Anatomía.

En el caso del reflejo de acomodación (enfoque) es necesaria información de la borrosidad-nitidez de la imagen. La misma requiere de una valoración de los elementos de la imagen, que por los conocimientos actuales solo puede proporcionar la corteza occipital. Están por establecer las vías implicadas en dicho proceso.

Sistema oculomotor extrínseco

Este sistema es fundamental para conseguir, mediante la orientación de los globos oculares, que la zona principal de la imagen quede siempre reflejada en la mácula o fóvea (zona de máxima agudeza visual). Para conseguirlo el globo ocular tiene insertados una serie de músculos que lo movilizan en dirección vertical (recto superior e inferior), horizontal (recto externo e interno), así como giro sobre su eje anteroposterior (oblicuo mayor y menor). Mediante la acción combinada de todos ellos se consigue fijar la imagen en la fóvea y mantenerla estabilizada independientemente de la posición de la cabeza. La integración de los movimientos oculares incluye centros corticales fron-

tales y parietales, núcleos mesencefálicos, núcleos de los pares craneales III, IV y VI y vías de conexión entre ellos (cintilla longitudinal media), así como la colaboración de centros de coordinación cerebelloso, vestibular y núcleos de la base.

En la zona periférica de la retina hay un predominio de bastones con una gran sensibilidad a la detección de movimiento. Cuando un objeto entra en el campo periférico es detectado con facilidad por los bastones (definición temporal o del movimiento) y rápidamente los ojos realizan un movimiento de búsqueda (sacádico) para colocar la imagen de interés en la fóvea. A partir de aquí, si el objeto sigue moviéndose, los ojos realizan un movimiento más lento para mantener el objeto en la fóvea (movimiento de seguimiento).

Sin la acción coordinada de todos estos centros nerviosos, nos sería imposible tareas tan sencillas como poder leer un cartel de la carretera cuando estamos en movimientos o poder ser conscientes de la llegada de un objeto por nuestro campo periférico. Nuestro mundo sería un caos visual de imágenes trepidadas en el momento en que estuviéramos saltando o corriendo. La sensación es muy desagradable y conocida para todo aquel que ha sufrido un episodio de vértigo.

Visión binocular

Es una obviedad recalcar la presencia de dos globos oculares en los primates. Sin embargo, a diferencia de en otras especies animales, por su disposición en el cráneo (en disposición frontal y relativamente cercanos), dos ojos no implica el doble de campo visual. La misión principal de la visión binocular es la de permitirnos apreciar el entorno en tres dimensiones, con un cálculo muy preciso de las distancias. De nuevo, el pasado arborícola ha sido, en gran parte, el responsable de dicha característica: probablemente, la presión de la evolución favoreció a aquellos animales que podían saltar de rama en rama con precisión.

La forma en que el cerebro consigue conformar una imagen tridimensional tiene que ver con varios factores:

1. Mediante la visión binocular el cerebro compara dos imágenes con un discreto cambio de punto de vista y, por lo tanto, con un cambio en la disposición de los objetos cercanos con respecto a los lejanos. El objeto de interés es fijado en la fóvea de ambos ojos mediante el sistema oculomotor antes descrito, de tal forma que sus imágenes se

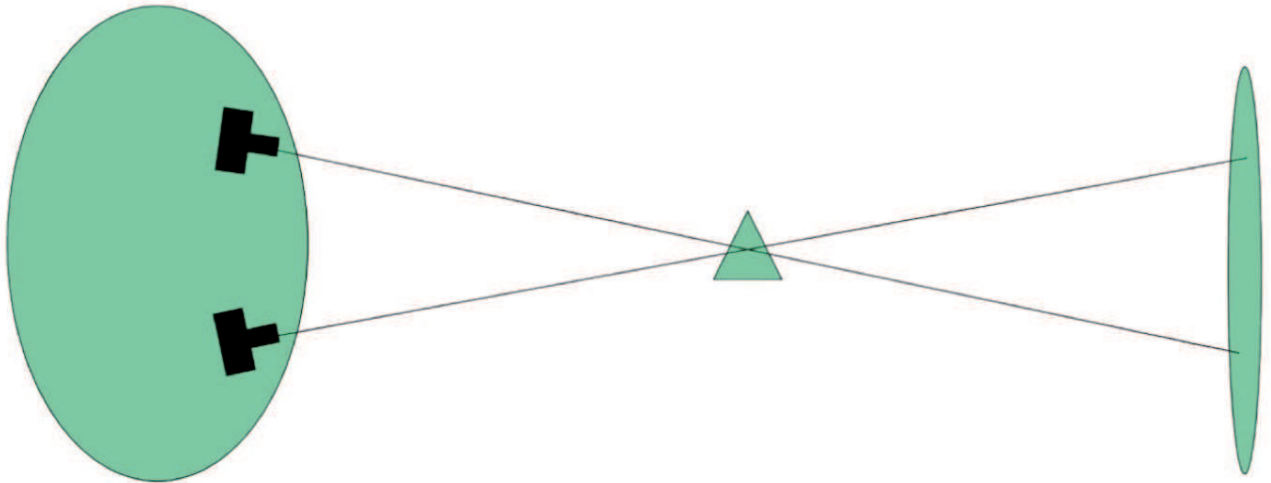


Fig. 12.

superponen (imagen única). Dado que el resto de la escena no tiene el mismo punto de vista en los dos ojos, se produce una visión doble (diplopia) fisiológica de las partes que no interesan de la escena. Dicha diplopia es utilizada por el cerebro para interpretar distancias. Aquí entra el concepto de convergencia de los globos oculares, que forma parte del reflejo de acomodación. Efectivamente, en visión lejana ambos globos oculares se mueven en paralelo para tener la misma imagen en la fovea. Sin embargo, a medida que fijamos la vista en un punto cercano, no solo se produce un abombamiento del cristalino y una miosis pupilar sino que, además, es preciso que los globos oculares converjan y dejen de moverse en paralelo si queremos que la imagen cercana se proyecte en la fovea (Fig. 12).

2. Ya hemos hablado antes de la profundidad de campo y su relación con la distancia al objeto enfocado. Si tenemos en cuenta los puntos uno y dos se puede entender cómo calcula el cerebro distancias. Si un objeto es cercano, al enfocar lo produce un desenfoque mayor del resto de los objetos y, por la visión binocular, una mayor diplopia del resto de los objetos (Fig. 13). El cine 3D aprovecha estas características para “engañar” a nuestro cerebro y producir una sensación tridimensional a partir de dos imágenes planas: si vemos la película sin gafas la pantalla presenta una imagen doble que no aporta información 3D como tal. Cada imagen está tomada con un punto de vista discretamente diferente. Las gafas para cine 3D disponen de cristales con diferente polarización que permiten el paso de una sola imagen para cada ojo, imitando los dos puntos de vista de nuestra visión binocular y, a partir de

aquí, nuestro cerebro “engañado” construye la escena 3D.

3. El movimiento propio también sirve para el cálculo de distancias. Si nos encontramos en movimiento, los objetos estáticos cercanos se mueven mucho más rápido que los lejanos (el árbol de la carretera se desplaza a toda velocidad en el campo visual mientras la luna se mantiene estática en el cielo).

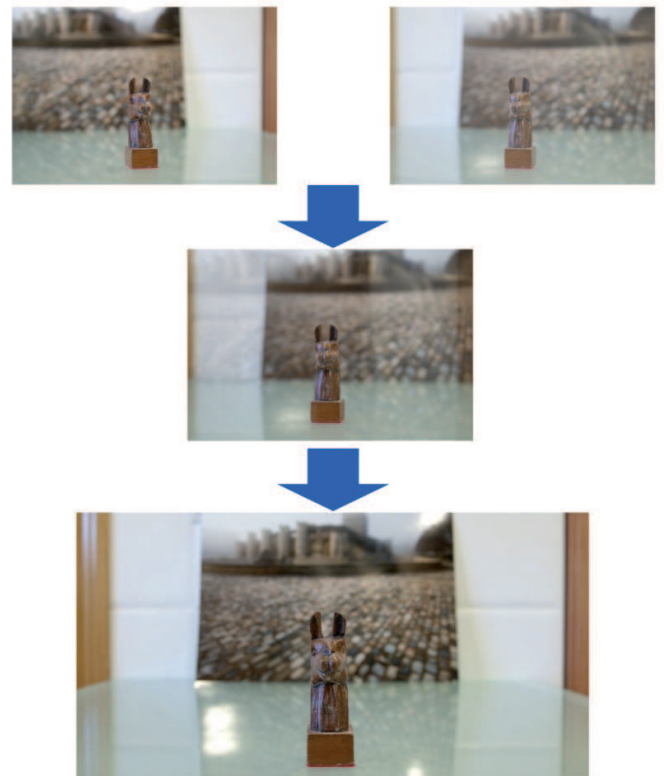


Fig. 13.

CONCLUSIONES

Los seres humanos tenemos una gran capacidad visual diurna y tridimensional, porque para nuestros antepasados supuso una ventaja en el entorno en el que vivían. No podemos asegurar que esta forma de percepción visual sea la más fiel a la realidad y ni siquiera tenemos la certeza de que todos los seres humanos percibamos las imágenes de la misma manera. De hecho, cometemos errores perceptivos con frecuencia y hay enfermedades que impiden a algunos sujetos distinguir determinados colores. En definitiva, lo que nosotros consideramos como una realidad inopinable no es más que una reconstrucción cerebral a partir de los datos recogidos por unas células especializadas, sensibles a una banda muy estrecha del espectro electromagnético, convenientemente modificado por la memoria y esquemas perceptivos.

Evidentemente, esta forma de percepción visual ha sido potenciada por la fuerza de la evolución y nos proporciona una ventaja adaptativa para ambientes muy diferentes. Este hecho es el principal argumento (argumento evolutivo) de la aproximación a la realidad de nuestras percepciones así como de la similitud de las mismas entre los diferentes individuos de nuestra especie.

BIBLIOGRAFÍA

1. Espectro electromagnético en: Wikipedia.es (última visita 27/5/2013).
2. Imagen digital. Conceptos básicos. Hugo Rodríguez. 2ª edición. ISBN 978-84-267-1554-8. D.L.: BI-1186-09. Marcombo ediciones técnicas
3. Captura digital y revelado raw. Hugo Rodríguez. ISBN 978-84-267-1747-4. D.L.: BI-2103-2011. Marcombo ediciones técnicas.

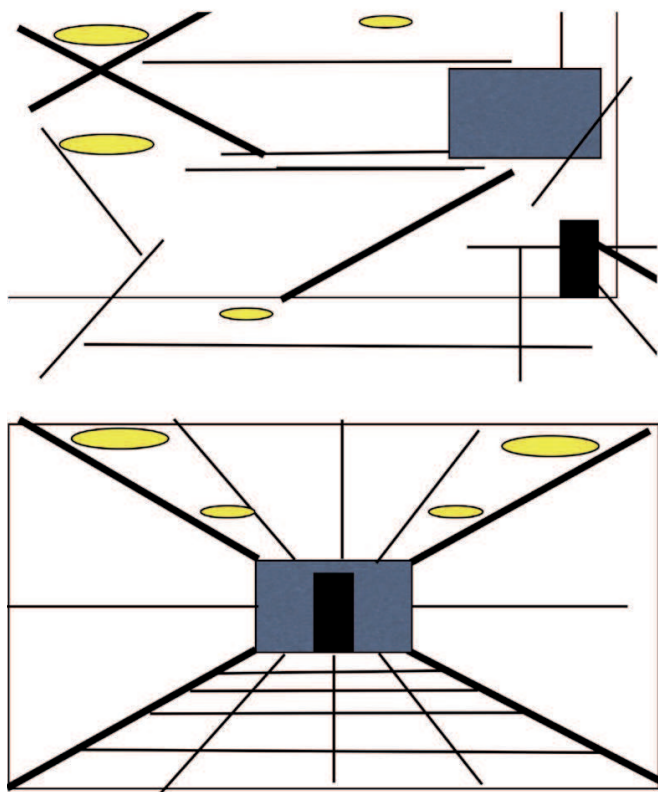


Fig. 14.

4. Los esquemas visuales aprendidos y genéticamente determinados: la perspectiva y el color. Esto ya es muy conocido por artistas desde hace años. Según como se ordenen unos trazos pueden suponer un caos o transmitir profundidad (Fig. 14). De la misma forma los colores azules transmiten distancia (asociación al cielo) y los cálidos cercanía (Fig. 15). La combinación de ambas características puede reafirmar la percepción de profundidad y distancia (Fig. 16). Evidentemente el cine y la fotografía también se aprovechan de los puntos 3 y 4 para crear sensación tridimensional.

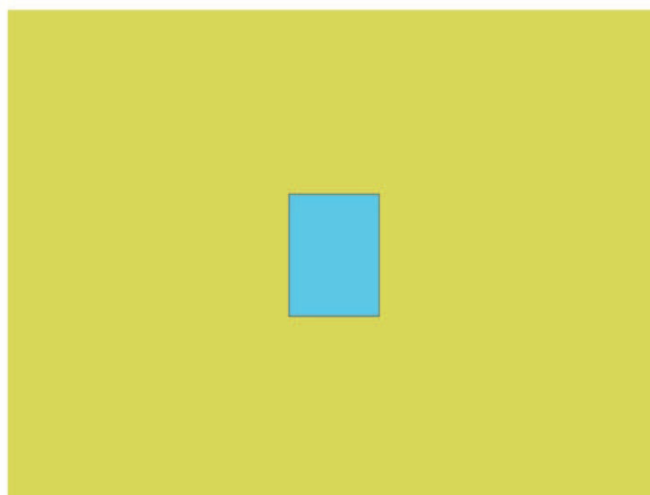
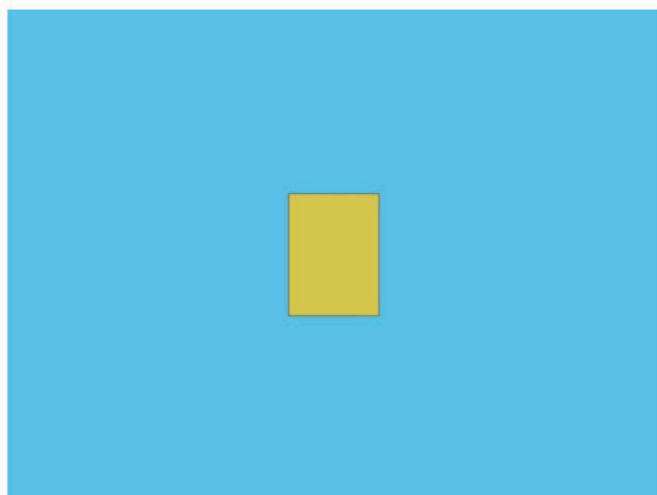


Fig. 15.



Fig. 16.

4. Neurooftalmología, 91-122 en: Juan J. Zarranz. Neurología. Cuarta Edición. Madrid, Elsevier: 2008.
5. Capítulo 6. Neurooftalmología, pares craneales II, III, IV y VI, 123-180 en: Exploración Clínica en Neurología. Clínica Mayo, tomo 1. Séptima Edición. Editorial Médica JIMS, S.L. 1999.
6. Capítulo 19, Sistema visual. 751-806, en: El sistema nervioso central humano, Tomo 2. 4ª Edición. Editorial Médica Panamericana 2009.
7. Subcortical connections to human amygdala and changes following destruction of the visual cortex. Tamietto M, Pullens P, de Gelder B, Weiskrantz L, Goebel R. Cognitive and Affective Neuroscience Laboratory, Tilburg University, 5000 LE Tilburg, The Netherlands. m.tamietto@uvt.nl. Curr Biol. 2012 Aug 7;22(15): 1449-55. doi: 10.1016/j.cub.2012.06.006. Epub 2012 Jun 28.
8. Spatiotemporal profiles of visual processing with and without primary visual cortex. Ioannides AA, Poghosyan V, Liu L, Saridis GA, Tamietto M, Op de Beeck M, De Tiège X, Weiskrantz L, de Gelder B. Laboratory for Human Brain Dynamics, AAI Scientific Cultural Services Ltd., Office 501 Galaxias Center, 33 Arch. Makarios III Avenue, Nicosia 1065, Cyprus. a.ioannides@humanbraindynamics.com. Neuroimage. 2012 Nov 15;63(3):1464-77. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.07.058. Epub 2012 Aug 3.
9. ¿Cabe el Universo en nuestro cerebro de mono? Hablamos con Antonio Mampaso. Podcast de "Hablando con científicos" 30 de abril de 2009. Ciencias.com. (última visita 27/5/2013).

CENTRO RECONOCIMIENTO DE CONDUCTORES Y ARMAS

COLEGIO OFICIAL DE MEDICOS

C/ CÓRDOBA, 1 (JUNTO A TRÁFICO)

TEL. Y FAX 978 601 770

44002-TERUEL

CRC@COMTERUEL.ORG

HORARIO:

MAÑANAS: LUNES A VIERNES DE 9:00-13:30 H.

TARDES: MARTES Y JUEVES DE 17:00-19:00 H.

