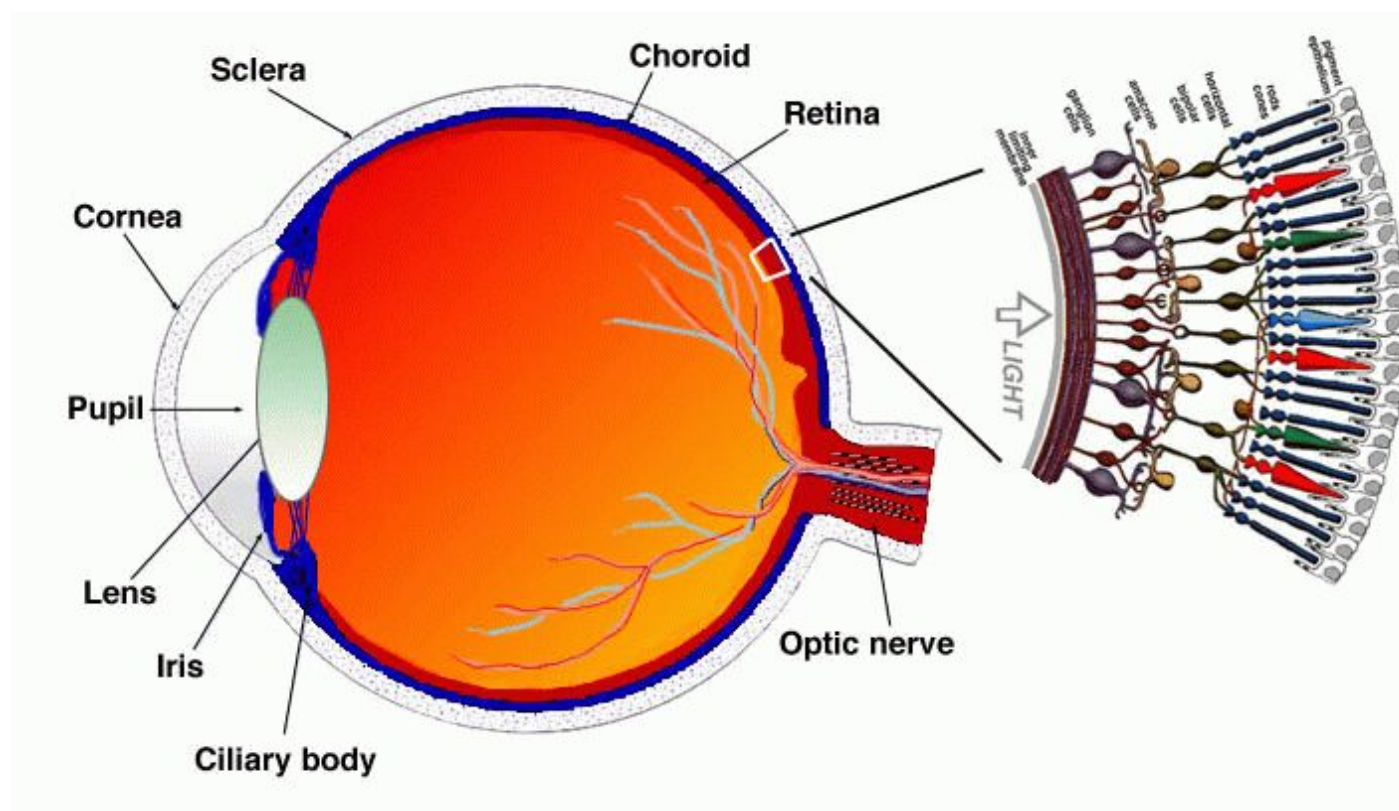


TEMA 2.- EL SISTEMA VISUAL

1 ORGANIZACIÓN ANATÓMICA DEL SISTEMA VISUAL: DESDE LA RETINA

HASTA LA CORTEZA; VÍAS PARVOCELULAR Y MAGNOCELULAR

1.- ANATOMIA MACROSCOPICA DEL OJO



PUPILA: Abertura que permite que la luz entre en el ojo y alcance la retina.

IRIS: Músculo circular que controla el tamaño de la pupila. Su pigmentación representa lo que denominamos el color de los ojos.

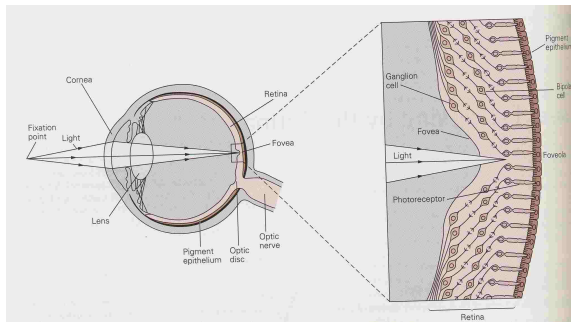
CÓRNEA: Superficie externa transparente y vítrea del ojo que recubre la Pupila y el Iris. Carece de vasos sanguíneos.

HUMOR ACUOSO: Líquido que nutre a la Córnea.

MÚSCULOS EXTRAOCULARES: Mueven el globo ocular en la órbita ósea del cráneo.

NERVIO ÓPTICO: Transporta axones desde la retina, sale del ojo por la parte posterior, atraviesa la órbita y alcanza el cerebro en su base, cerca de la hipófisis.

2.- ASPECTO OFTALMOLÓGICO DEL OJO

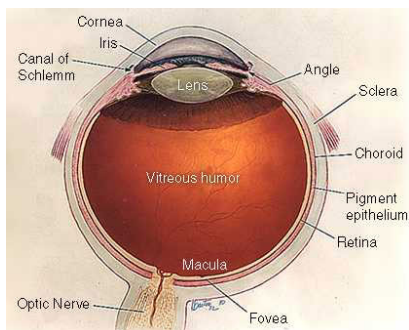


RETINA: Lugar donde se proyecta luz y donde se encuentran los receptores visuales(conos y bastones). Se encuentra en oposición a la luz(el motivo es desconocido, no ocurre así en otras especies); la principal característica es su gran número de vasos sanguíneos.

- **MÁCULA:** Parte central de la retina; parte de la retina para la visión central. Tiene una ausencia relativa de grandes vasos sanguíneos. En la Mácula se encuentra la Fóvea
- **FÓVEA:** Hendidura donde se enfocan los estímulos visuales; donde los estímulos son recibidos de forma óptica, tiene mayor número de receptores y el número de vasos sanguíneos es mayor en esta zona. (la retina es más fina en la Fóvea)
- La parte de la retina que se extiende más cerca de la nariz que de la Fóvea se denomina Nasal y la parte que se extiende más lejos, Temporal.

Los vasos de la retina se originan a partir de la pupila óptica , que también es el lugar donde las fibras del nervio óptico(carece de receptores) salen de la retina.

Tanto en la pupila óptica, que carece de fotorreceptores, como en el lugar de salida de los grandes vasos sanguíneos no se produce la percepción de la luz, éstas son las regiones ciegas.



2.-ANATOMÍA DEL OJO EN UN CORTE TRANSVERSAL

CRISTALINO: Es una superficie transparente localizada detrás del Iris. El Cristalino está suspendido por ligamentos unidos a los músculos ciliares.

HUMOR VITREO: De aspecto viscoso y con una consistencia parecida a la gelatina, se extiende entre el cristalino y la retina; su presión sirve para mantener la forma esférica del globo ocular.

ANATOMÍA MACROSCÓPICA DE LA RETINA

La vía más directa de información visual es desde los fotorreceptores hasta las células bipolares y las células ganglionares.

Las células ganglionares descargan potenciales de acción como respuesta a la luz y estos impulsos se propagan por el nervio óptico hasta el resto del cerebro. El proceso retiniano está influido por 2 tipos de células adicionales:

CÉLULAS HORIZONTALES Y CÉLULAS ANACRINAS

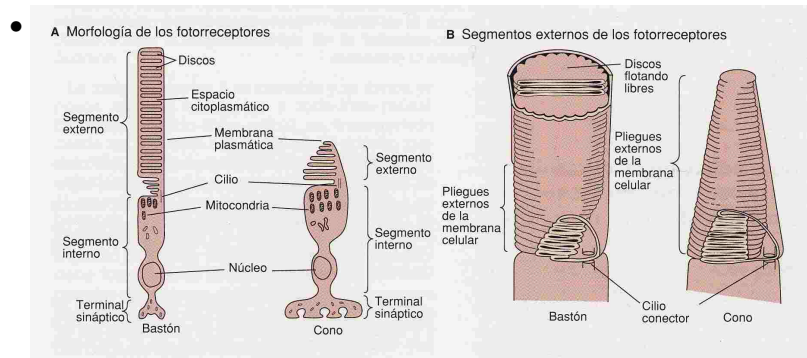
Las únicas células sensibles a la luz de la retina son los fotorreceptores; todas las demás células están influidas por la luz solamente mediante las interacciones sinápticas directas e indirectas con fotorreceptores.

Las células ganglionares son la única fuente de aferencia desde la retina; ningún otro tipo de célula retiniana proyecta axones a través del nervio óptico.

ORGANIZACIÓN LAMINAR DE LA RETINA

La luz debe pasar desde el humor vítreo por las células ganglionares y las células bipolares antes de alcanzar los fotorreceptores.

1.- ESTRUCTURA DE LOS FOTORECEPTORES: Cada fotorreceptor presenta 4 regiones:



Un segmento externo

- Un segmento interno
- Un cuerpo celular
- Una terminal sináptica

2.- HAY 2 TIPOS DE FOTORECEPTORES:

CONOS: Células receptoras preparados para visión diurna o fotópica. Tienen poca sensibilidad a la luz; se encuentran sobre todo en el centro de la retina(zona de Mácula); hay pocos por la parte periférica. Cada cono está conectado a una sola célula y transmite información a una sola neurona, lo que hace que la información recibida sea muy precisa, tal como se le envía pero el campo receptor es menor. La Fóvea solo tiene conos. Hay 3 tipos de conos, se diferencian porque cada uno de ellos responde a una longitud de ondas diferente, cada uno tiene un fotopigmento diferente.(Cada cono es sensible a un color distinto):

- Cono Rojo
- Cono Verde
- Cono Azul

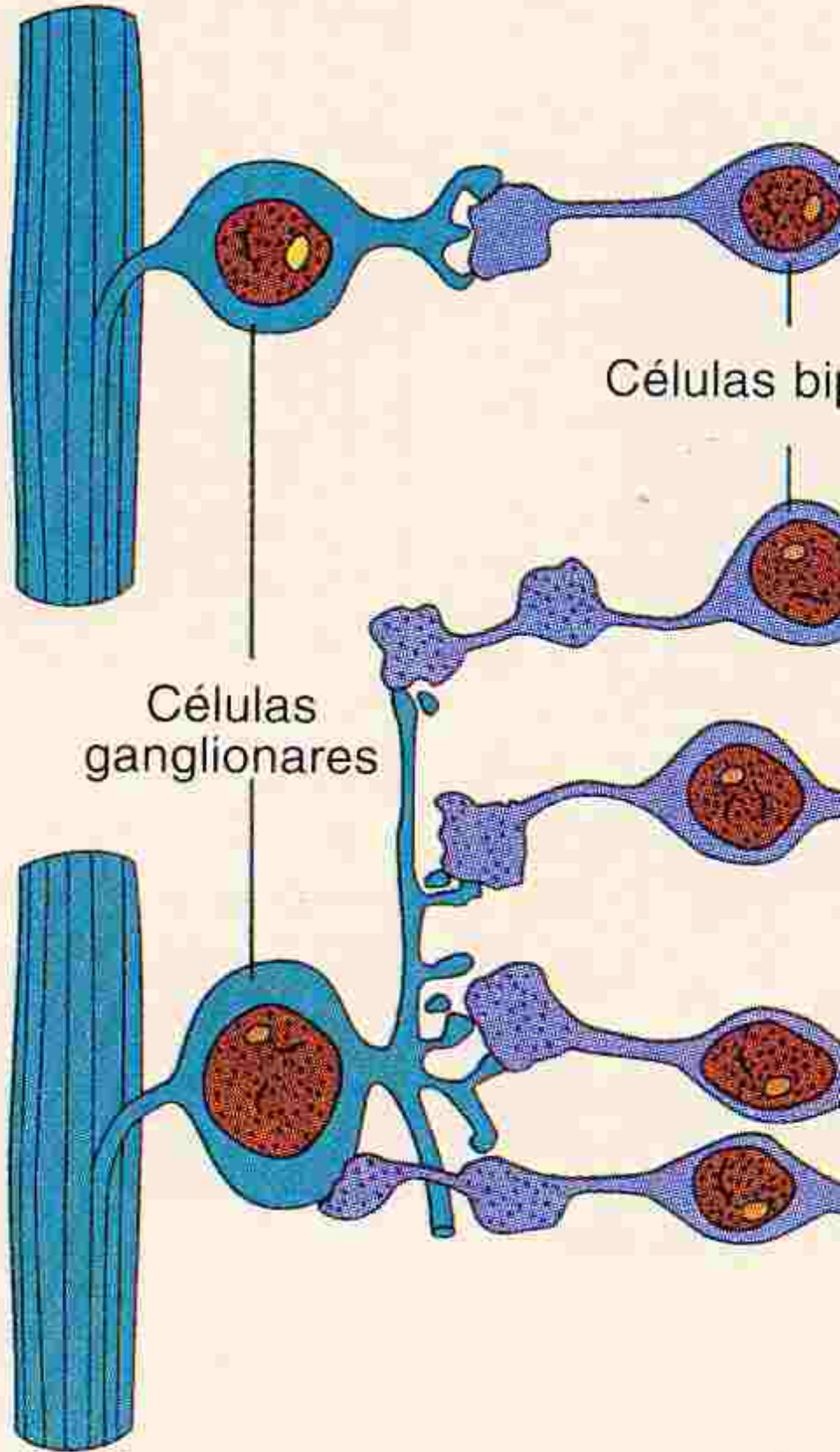
BASTONES: Son opuestos a los conos. Son células que se saturan muy rápido(cuando hay luz no transmiten señal); son más sensibles a la luz por poseer mayor número de discos y fotopigmento. Son especialmente útiles para visión nocturna o escotópica. Se encuentran distribuidos por toda la retina más o menos homogéneamente. Sólo hay un tipo, por ello la visión a través de ellos si no hubiera conos sería en blanco y negro. Grupos de receptores se encuentran conectados a una célula ganglionar, transmitiendo al cerebro una síntesis de lo recibido y proporcionando menor agudeza visual aunque con mayor campo receptor.

Centro de
la retina
(fóvea)

Células bi

Células
ganglionares

Periferia
de la
retina



3.- PROCESO:

Los fotorreceptores conectan con las células bipolares, les transmiten la información, y éstas a su vez transmiten información a las células ganglionares que tienen prolongaciones axónicas que convergen en el punto ciego(punto sin receptores en el centro de la retina) del cual sale el nervio óptico.

El nervio óptico son prolongaciones de axones hasta el Tálamo de las células ganglionares(no existen células intermedias). Los nervios ópticos antes de llegar al Tálamo se cruzan formando el quiasma óptico. La consecuencia es que parte de los axones procedentes de un ojo se cruzan con los procedentes del otro ojo.

El quiasma óptico se extiende por la base del cerebro justo por delante de donde está suspendida la glándula hipofisiaria.

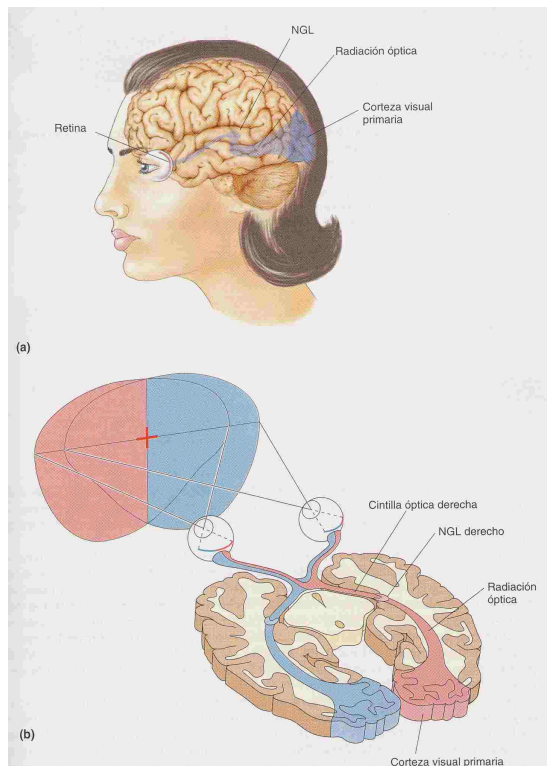
Los axones que provienen de la hemiretina nasal son los que decusan, mientras que los que provienen de la lateral continúan sin cruzarse hasta el cerebro, por lo tanto se dice que en el quiasma óptico se produce una decusación parcial.

Este cruce parcial hace que a partir del quiasma se unifiquen en el tracto óptico la información del campo visual del contrario.

El campo visual de la Hemiretina nasal es el más externo y el de la lateral el más interno.

Ambas retinas visualizan la porción central de ambos hemicampos visuales, esta región del espacio se denomina campo visual binocular.

En el núcleo geniculado lateral (NGL) del Tálamo dorsal, las neuronas dan lugar a axones que se proyectan hasta la corteza visual primaria. Ésta proyección se llama radiación óptica.



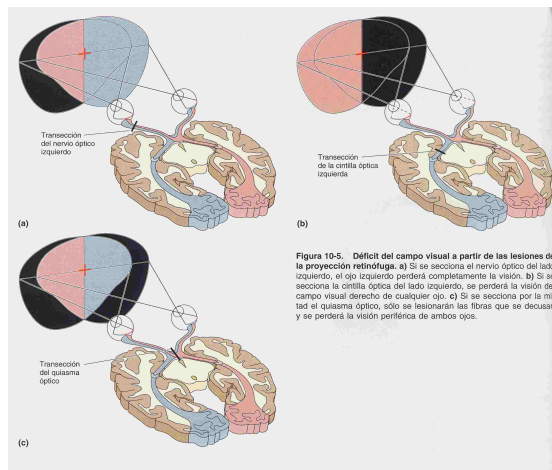
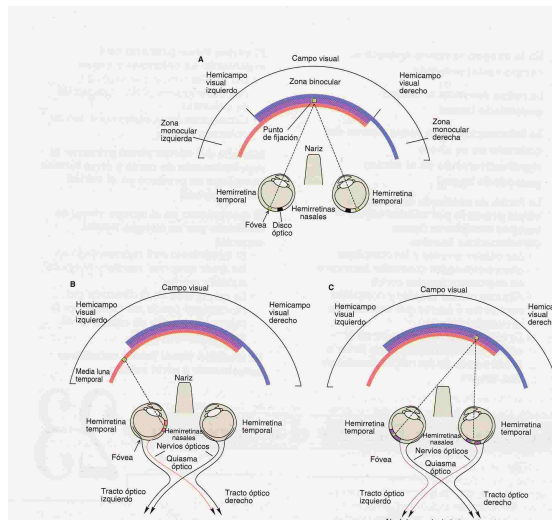


Figura 10-5. Déficit del campo visual a partir de las lesiones de la proyección retinofuga. a) Si se secciona el nervio óptico del lado izquierdo, el ojo izquierdo perderá completamente la visión. b) Si se secciona la corteza óptica del lado izquierdo, se perderá la visión del campo visual derecho de cualquier ojo. c) Si se secciona por la mitad el quiasma óptico, solo se lesionarán las fibras que se decusan y se perderá la visión periférica de ambos ojos.

NÚCLEO GENICULADO LATERAL

Las neuronas del NGL reciben aferencias sinápticas procedentes de las células ganglionares retinianas.

El NGL derecho recibe información sobre el campo visual izquierdo. Este es visualizado por la retina izquierda nasal y la retina derecha temporal. En el NGL existe un mapa retinotópico completo.

Desde la retina hasta la corteza se extienden 2 vías principales que también forman parte del NGL.

Hay 2 tipos de células que dan nombre a estas vías:

- Células P (pequeñas); parvocelulares.
- Células M (Grandes) ; magnocelulares.

Las 2 vías recorren juntas anatómicamente, pero son distinguibles.

Las vías P se prolongan hacia la corteza temporal y la M hacia la parietal. Cada vía lleva información sobre atributos distintos.

	vía	información	Llegan hasta
vía¿Qué es?	P parvocelular	Color y forma	Corteza Temporal

(vía ventral)			
vía ¿Dónde está?	M magnocelular	Movimiento y profundidad	Corteza Parietal
(Vía dorsal)			

2 EFECTOS DE LAS LESIONES / TRASTORNOS DE LAS VÍAS VISUALES

- 1.- LESIÓN EN EL NERVIO ÓPTICO: Es similar a la de una **ceguera monocular**; se pierde la parte más externa del campo visual del ojo lesionado.
- 2.- LESIÓN EN EL QUIASMA ÓPTICO: Se pierde la visión de las partes más externas del campo visual; se denomina **Hemianopsia Bitemporal**.
- 3.- LESIÓN EN EL TRACTO ÓPTICO, EN EL TÁLAMO O ALGUNA DE LAS 2 CORTEZAS PRIMARIAS: Se pierde visión de la mitad del campo visual del lado contrario; se denomina **Hemianopsia Contralateral**.

3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA VISUAL

1.- PERCEPCIÓN DE LA FORMA: Se detecta por la presencia de contrastes de luz entre la forma y el fondo. Sólo percibimos la forma a partir de la percepción del contraste; el color es un elemento adicional para percibir la forma. Somos especialmente sensibles a percibir contrastes.

1.1.- Percibir Contrastes: En la retina las células ganglionares tienen una forma de responder a la luz que no es homogénea. Responden de forma oponente a la luz y oscuridad, de manera que cada célula ganglionar tiene un campo receptivo circular (parte del espacio visual al que responde esa célula)

Tiene características opuestas en el centro o en la periferia, es decir, que si la iluminación provoca excitación en una célula cuando proyectada en el centro, esa misma iluminación en esa misma célula provoca inhibición proyectada en la periferia.

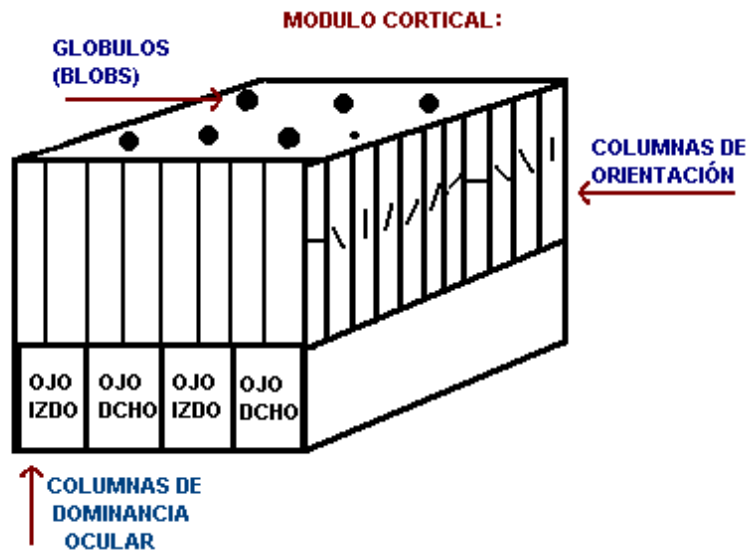
Por tanto las células ganglionares no responden a la luz en general sino al contraste de luz que se proyecta sobre el centro o sobre la periferia.

1.2.-En el Tálamo: Las células tienen las mismas características que las de la retina.

1.3.-Corteza Visual Primaria(V1): Es donde si se producen cambios. Existe una representación topográfica: lo que hace que mantengamos más o menos el orden espacial con el que la retina capta la información, llamada organización retinotópica. Las células que en la retina se encuentran en el centro se proyectan en células que están en el centro de V1, y las de la periferia se proyectan en la periferia de V1.

Las células de V1 no tienen campos receptivos circulares, sino que responden de forma óptima a una línea. Todas las células que responden a líneas de la misma orientación se encuentran agrupadas formando una columna. Existen columnas para responder a todas las posibles orientaciones llamadas columnas de orientación. Se sitúan de forma adyacente unas al lado de otras; todas ellas corresponden a un mismo punto del campo visual. (P.14)

De lo que se deduce que para responder a un mismo punto del campo visual las columnas forman una serie de unidades de procesamiento para cada punto del campo visual llamadas módulos; éstos analizan el estímulo que se proyecta sobre la corteza de acuerdo con sus características de orientación(forma, color...). Esta estructura se repite muchas veces para cubrir el espacio visual.



Cada módulo consta de unos glóbulos(Blobs) para percibir el color en V1.

1.4.-Corteza Visual Secundaria(V2): Las células responden a contrastes pero sólo atendiendo a ello, muchas formas no podrían ser percibidas, por ello existen otras células que atienden a su estructura global, responden a la forma como entidad más total, estas neuronas se han encontrado en la V2. Esta capacidad para percibir la forma más allá del contraste, aparece en las áreas de asociación, en la vía parvocelular.

1.5.-Corteza Visual cuarta(V4): Hay células que responden a figuras geométricas de cualquier forma. No solamente consta de células de la percepción de contornos ilusorios, sino que también de células que corresponden a contornos reales, como las caras.

Cuando se lesiona la V4, se daña la capacidad de percepción de figuras complejas. En los humanos la zona V4 es una zona que tiene una vascularización pobre comparada con otras; y, en situación de falta de oxígeno u otros, es fácilmente dañable.

Cuando se lesiona V4, aparece un trastorno denominado: Agnosia Perceptiva: incapacidad para reconocer objetos cotidianos. Se manifiesta sobre todo ante dibujos y fotografías y menos en objetos reales. El sujeto suele tener intacta su agudeza visual y captación de estímulos visuales, la información llega al cerebro, pero no reconoce lo que es cada estímulo.

Se ha observado en los agnósicos que cuando los estímulos se mueven o tienen un color llamativo se les facilita el reconocimiento de la forma.

Si tienen además especial dificultad en el reconocimiento de caras, también se denomina Prosopagnósia.

1.6.-Corteza Temporal inferior (CTI): En ella también hay neuronas, como en V4, que responden a estímulos específicos, pero su función es diferente a la de V4. Sus neuronas agrupan información de etapas anteriores. Algunas neuronas responden a frecuencias espaciales y otras a estímulos especiales como caras. Capacidad que pone en relación lo que se percibe en cada momento con lo previamente almacenado.

El efecto de las lesiones en CTI en otros primates, daña la capacidad para asociar el estímulo que vemos con la información previamente almacenada sobre este estímulo(nexo entre percepción y memoria).

Y en humanos las lesiones producen: Agnosia Asociativa. Los sujetos cuando se enfrentan a dibujos que no son copias exactas pero sí prototipos, tienen problemas para reconocerlos, porque son incapaces de enlazar el

reconocimiento con la memoria.

2.- PERCEPCIÓN DEL COLOR: El color es la energía electromagnética que se transmiten en forma de ondas sinusoides.

Constamos de fotorreceptores preparados para distinguir los colores o longitudes de onda. Estos son los 3 tipos de conos: rojos, verdes y azules.

Según la Teoría Tricromática, la percepción del color se hacía a través de los colores primarios(amarillo, rojo y azul).

Existen menos conos azules porque los verdes y rojos aparecieron antes en la evolución.

Daltonismo: dificultad para diferenciar determinados colores. Puede deberse a la falta de conos que responden a los colores.

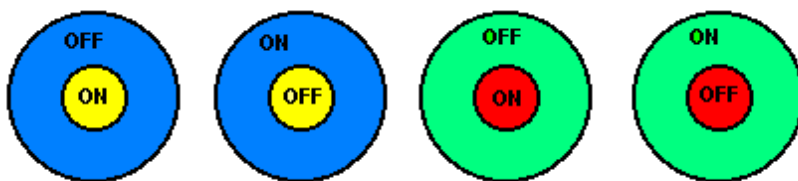
*Protanopia: no se distingue el rojo.

*Denteranopia: no se distingue el verde.

*Tritanopia: no se distingue el azul.

Para responder al color, cada uno dispone de un pigmento especial que se rompe cuando percibimos el color y provoca así el potencial de acción. En los trastornos anteriormente señalados, lo que sucede es la ausencia del pigmento.

Los conos no son toda la base de la percepción del color, ya que hay colores como el amarillo, que no se obtienen de la mezcla de rojo azul y verde. También hay colores intermedios que no son percibidos por los conos y se tiene que hacer en las células ganglionares de la retina. Responden de forma oponente al rojo y verde; y al azul y amarillo.



Si se excitan hacia un color, en el centro se inhibe el color opuesto en la periferia. A estas células se les llama oponentes simples.

La luz amarilla estimula a los conos rojos y verdes por igual, esta oponentencia sirve para realzar contrastes de color.

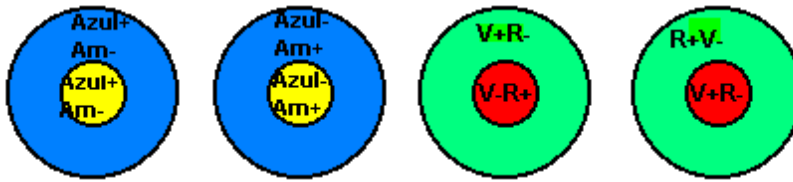
Resumen:

Teoría Dual: implica 2 procesos.

- conos(Tricomatismo)
- células ganglionares(Oponentencia)

En V1 las células que responden al color están agrupadas en unos glóbulos (Blobs). Dentro de cada módulo de la corteza hay células que responden al color de esa parte del campo visual.

Existen otra clase de células oponentes, llamadas células oponentes dobles, que existen en V1, V2 y V4.



En una misma región de su campo receptivo responden de forma oponente a los colores que son opuestos.

Son los que producen efecto de contraste más acusado, aunque no se sabe con mucha precisión que aportan las oponentes dobles a las oponentes simples.

Lo que ocurre en V4 es diferente a lo que ocurre en etapas anteriores. Se han encontrado neuronas que responden de acuerdo con el color percibido.

Los colores que percibimos no siempre son longitudes de onda como ocurre en V1 y V2, en conos y células ganglionares, en V4 hacemos una síntesis de las señales de las longitudes de onda distintas que permite un objeto.

Acromatopsia: pérdida total de la visión del color.

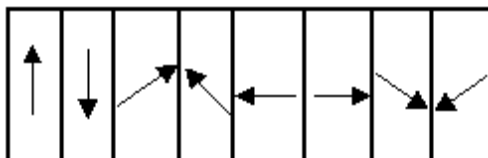
3.- PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO: Para la percepción del movimiento hay 2 etapas:

1.-V1: Existen células en cada uno de los módulos(Blobs) que son sensibles al movimiento. En V1 sólo hay células que son sensibles a 4 movimientos. ARRIBA

IZDA DCHA

ABAJO

2.-V5: (Límite entre la corteza parietal y la occipital): Tiene células que responden al movimiento en cualquier dirección. Es una organización en columnas.



La lesión en V5 se llama Acinetopsia y es la incapacidad para percibir el movimiento de los objetos.

4.- PERCEPCIÓN DE LA PROFUNDIDAD O ESTERIOPSIS: Se produce por la actividad conjunta que proporcionan los 2 ojos debido a las diferentes perspectivas de ellos. (aunque también haya claves monoculares)

En V1 existen neuronas binoculares que responden a los dos ojos simultáneamente. Se supone que en V1 hay otro tipo de células que nos ayudan al cálculo de las distancias. Son neuronas que responden de forma selectiva a objetos que están más cerca o más lejos del foco.

En V3 (corteza cerebral asociativa) existen neuronas binoculares, pero en este caso la evidencia es bastante escasa.

No existen lesiones específicas de la percepción de la esteriopsis; lo que sí existen son trastornos que afectan a la corteza parietal posterior y que repercuten en la percepción espacial.

Síndrome de Balicut: Es una lesión bilateral, cuyos síntomas son:

- 1) Apraxia ocular: Incapacidad para explorar de forma ordenada y correcta los objetos en el espacio. No se puede focalizar la mirada.
- 2) Restricción de la atención o Simultagnosia: Incapacidad para atender a más de un objeto cuando se presentan ante él. Se tiende a ignorar una parte de los estímulos que se presentan.
- 3) Ataxia óptica: Incapacidad para alcanzar los objetos guiándose por la visión.

Heminegligencia o Negligencia hemiespacial: (hemisferio derecho) Ignorar u olvidar la mitad del campo visual(hemicampo visual izquierdo). Puede llegar a convertirse en una Heminegligencia corporal, por lo que la movilidad del cuerpo también se ve afectada.