

Neurofisiología – cátedra 1

Prof. Reg. Adj. a cargo: Nancy China

El sistema visual

2025

Índice

Preguntas para guiar la lectura.....	página 3
Introducción.....	página 4
La retina.....	página 4
Las vías visuales retino-genículo-estriadas.....	página 9
La corteza visual primaria.....	página 11
Las vías visuales corticales ventral y dorsal: las vías del “qué” y del “dónde”.....	página 14
Redes especializadas para la percepción visual.....	página 16
Bibliografía consultada.....	página 17
Referencias.....	página 17

Preguntas para guiar la lectura

A continuación, se plantea una serie de preguntas para dirigir la lectura del presente material; léelas atentamente. Es posible que no tengas los conocimientos suficientes para responder algunas (o muchas de ellas). Sin embargo, podés reflexionar sobre qué se está preguntando y anotar las ideas que te van surgiendo, aunque no constituyan una respuesta formal.

Activar los conocimientos previos, aunque sean insuficientes, es una parte muy importante para aprender nuevos conceptos. ¿Por qué? Porque aprender conceptos implica asociar nuevas ideas a las ideas preexistentes, estructurarlas y darles una nueva organización.

1. ¿Qué tipos de neuronas forman la retina?
2. ¿A qué tipo de neuronas pertenecen los axones que forman el nervio óptico?
3. ¿Cuál núcleo del tálamo es específico para el procesamiento de la información visual?
4. ¿Qué aspectos de la imagen visual procesa la vía parvocelular?
5. ¿Qué características tiene el procesamiento en la vía magnocelular?
6. ¿Qué regiones de la corteza cerebral constituyen la vía visual cortical ventral?
7. ¿Qué habilidad nos brinda el procesamiento en la vía visual cortical dorsal?

El sistema visual

Introducción

La capacidad para detectar y percibir los objetos y el mundo que se presenta ante nuestros ojos depende de dos condiciones: 1) que estemos dotados de un mecanismo capaz de traducir la luz reflejada en la superficie de los objetos a una señal neural, y 2) que la señal neural sea conducida hasta las regiones de nuestra corteza cerebral cuya activación nos provoca una experiencia visual. El sistema visual está formado por aquellos componentes del sistema nervioso que, conectados entre sí, reúnen ambas condiciones.

En este texto, describiremos los componentes del sistema nervioso que forman parte del sistema visual y veremos cómo se aplican los principios de procesamiento de los sistemas sensoriales a dicho sistema. Nos centraremos en el procesamiento jerárquico y serial a lo largo de las sucesivas estaciones de relevo y en la especialización funcional de las regiones que componen las vías de procesamiento paralelo. Por último, mencionaremos la existencia de áreas corticales especializadas para el procesamiento de clases específicas de información visual y cómo las lesiones de estas redes pueden provocar la aparición de alteraciones sorprendentemente selectivas en el procesamiento visual.

Pero antes, necesitamos definir el tipo de información que capta el ojo humano. La luz visible es una onda electromagnética que posee una longitud de entre 380 a 760 nanómetros, aproximadamente. La longitud de las ondas de luz determina el color que percibimos; una onda de longitud corta es percibida como violeta-azul, una de longitud media, como verde-amarilla, y una de longitud larga, como anaranjada-roja. La luz también puede ser definida como partículas cargadas de energía llamadas fotones; la cantidad de fotones captados por el ojo determina el grado de brillo o luminosidad percibido.

La retina

La retina es el órgano receptor del sistema visual humano, ya que contiene los **fotorreceptores**, neuronas especializadas en traducir la luz a una señal neural.

La retina está formada por cinco capas celulares que tapizan por dentro la parte posterior del globo ocular. En estas capas, se ubican los siguientes tipos de neuronas, de adelante hacia atrás: las células ganglionares, las amacrinas, las bipolares, las horizontales y los fotorreceptores. De modo que la luz que ingresa al ojo a través de la pupila, debe atravesar las primeras cuatro capas celulares, antes de ser captada por los fotorreceptores.

Luego de traducir la luz a una señal neural, los fotorreceptores establecen sinapsis con las células bipolares y éstas, a su vez, se contactan con las células ganglionares. Los axones

de las células ganglionares se reúnen en un punto de la retina llamado *papila óptica*, forman el **nervio óptico** y salen de la retina hacia atrás, atravesando las cinco capas celulares. Las células horizontales modulan la información que transmiten los fotorreceptores a las células bipolares, mientras que las células amacrinas modulan la información que transmiten las células bipolares a las ganglionares (figura 1). Ambos tipos de células, horizontales y amacrinas, tienen a su cargo la *inhibición lateral*, que determina la forma característica de los campos receptivos de las células ganglionares (ver más adelante).

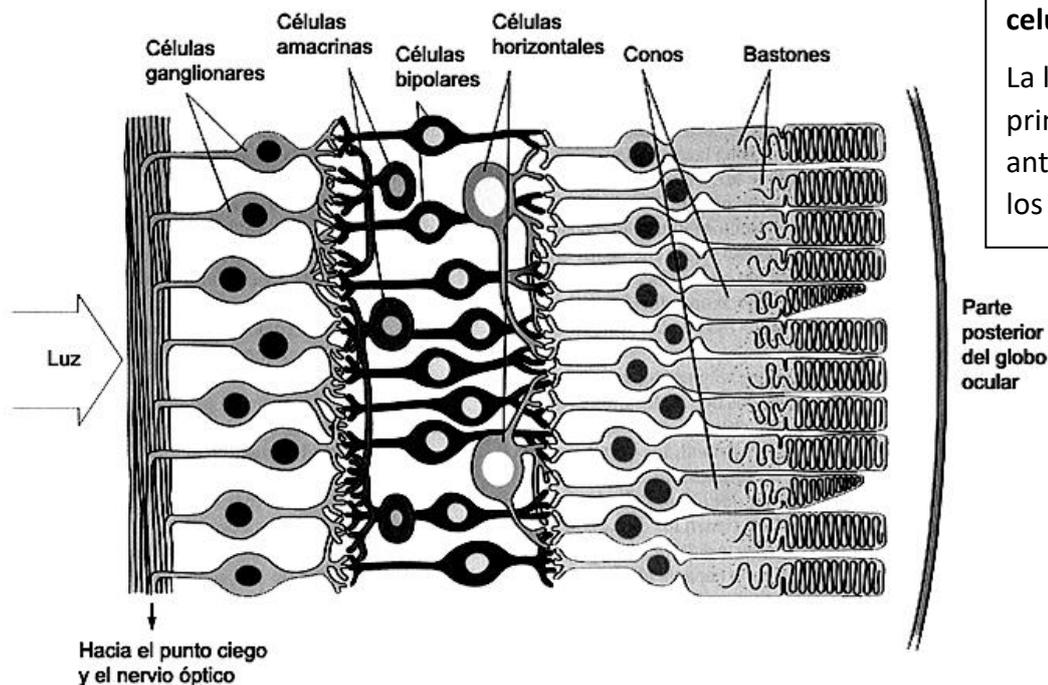


Figura 1. Las cinco capas celulares de la retina.
La luz debe atravesar las primeras cuatro capas antes de ser captada por los fotorreceptores.

En la superficie de la retina existe una pequeña depresión central, la **fóvea central**, que es la región de mayor agudeza visual. A unos pocos milímetros, en una posición medial relativa a la fóvea, se encuentra la **papila óptica** en donde se origina el nervio óptico y por donde ingresa la arteria destinada a irrigar la retina. La papila óptica es la única región de la retina que carece de fotorreceptores; esto explica la existencia de un punto ciego en el campo visual (la luz que se proyecta a la papila óptica no genera una señal neural y, por lo tanto, no es detectada) (figura 2).

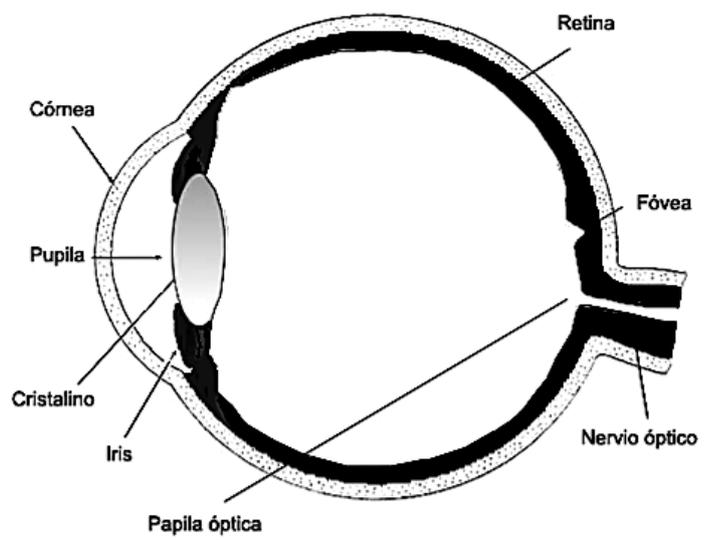


Figura 2. Gráfico de un corte del globo ocular
Se señala la ubicación de la fóvea central y la papila óptica en la retina

Fotorreceptores

Los fotorreceptores son neuronas que sintetizan fotopigmentos, una clase de proteínas de membrana que absorben la luz y provocan cambios químicos en el fotorreceptor, generando una señal neural. La mayoría de los vertebrados poseemos dos tipos de fotorreceptores: los conos y los bastones.

Los **conos** son responsables de la visión del color. En los primates, cada cono sintetiza uno de tres tipos de fotopigmentos que absorben ondas de luz de diferentes longitudes. En consecuencia, cada tipo de cono es más sensible a un rango de longitudes de onda de luz.

Debido a que poseen una baja cantidad de fotopigmento, no permiten detectar estímulos muy débiles, de baja luminosidad, sino que funcionan en condiciones de luz intensa. Por lo tanto, se dice que los conos son responsables de la visión diurna (el refrán que afirma que “de noche, todos los gatos son grises” tiene sentido porque en condiciones de luz escasa, los conos no contribuyen a la visión).

En la retina humana existen alrededor de 6 millones de conos. La mayoría se concentra en la fóvea central, y su cantidad disminuye de manera drástica hacia las regiones periféricas de la retina. Sus campos receptivos son pequeños (es decir, los conos captan las imágenes de una porción muy pequeña del campo visual) y están muy densamente agrupados en la fóvea central; por lo tanto, esta región de la retina es la que tiene la mayor resolución espacial o agudeza visual. La agudeza visual también está determinada por el patrón de conexiones entre los conos y las células bipolares, y entre las células bipolares y las ganglionares, que en esta región se caracterizan por la escasa de convergencia de la información. Esto significa que la relación numérica entre las células de una y otra capa es de “uno a uno”. Por lo tanto, la actividad de las células ganglionares que reciben información de la fóvea central brinda una representación inicial altamente detallada de la distribución de la actividad de los conos (figura 3).

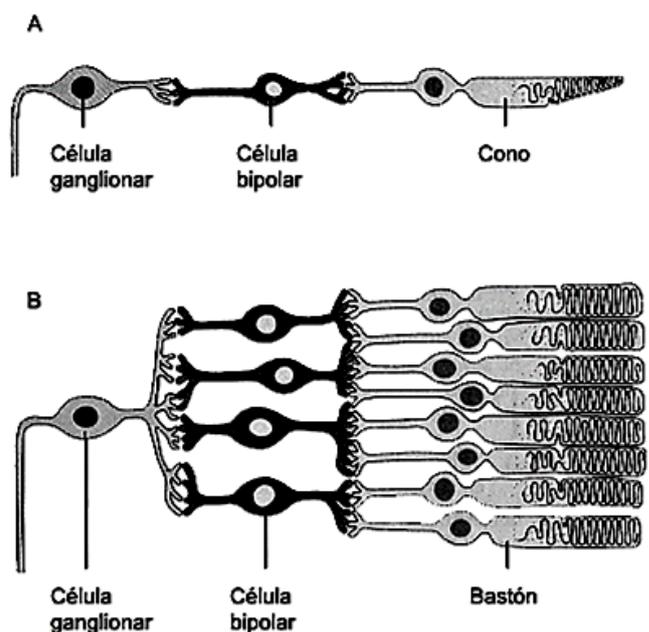


Figura 3. Relación numérica entre los fotorreceptores, las células bipolares y las ganglionares

A: Escasa convergencia en la región de la fóvea central de la retina.

B: Alto grado de convergencia en las regiones periféricas de la retina.

A diferencia de los conos, los **bastones** no participan en la visión del color, ya que poseen un solo tipo de fotorreceptor y no muestran una actividad diferencial frente a luces de diferentes longitudes de onda. Sin embargo, debido a que poseen una gran cantidad de fotorreceptor, son sensibles a estímulos muy débiles; un solo fotón puede provocar un cambio en el potencial de membrana. Por eso, se dice que los bastones son responsables de la visión nocturna. Durante el día, con una mayor cantidad de luz, su respuesta eléctrica se satura y dejan de responder a variaciones de luminosidad.

En las regiones periféricas de la retina se ubican alrededor de 120 millones de bastones; no hay bastones en la fóvea central. Poseen baja resolución espacial debido a que poseen campos receptivos grandes y a que están menos densamente agrupados. La baja resolución espacial también está determinada por el alto grado de convergencia de la información que transmiten a las células bipolares, que a su vez establecen sinapsis convergentes con las células ganglionares. Esto significa que el detalle de la actividad diferenciada de los bastones no se mantiene, sino que finalmente se suma en señal transmitida a la célula ganglionar en la que converge. Esta suma, por otro lado, contribuye a que varios estímulos débiles alcancen el umbral para activar a la célula ganglionar (ver tabla 1).

Tabla 1. Cuadro comparativo de los fotorreceptores de la retina

	Conos	Bastones
Tipos	Tres: poseen fotorreceptores diferentes para la luz azul, verde y roja	Uno: poseen un solo tipo de fotorreceptor
Visión del color	Sí: visión tricromática	No: visión acromática
Ubicación en la retina	Dominan la fóvea central; escasean en la periferia	Predominan en la periferia; ausentes en la fóvea central
Resolución espacial	Sí: campos receptivos más pequeños, mayor densidad, baja convergencia	No: campos receptivos más grandes, menor densidad, alta convergencia
Convergencia	Baja, en la fóvea: pocos conos convergen en una célula bipolar En la zona central de la fóvea, la <i>foveola</i> , un solo cono contacta con una célula bipolar	Alta: muchos bastones convergen en una célula bipolar
Sensibilidad a la luz	Baja: poseen una menor cantidad de fotorreceptor, menor convergencia Visión diurna	Alta: poseen una mayor cantidad de fotorreceptor, mayor convergencia Visión nocturna

Campos receptivos de las células bipolares y ganglionares

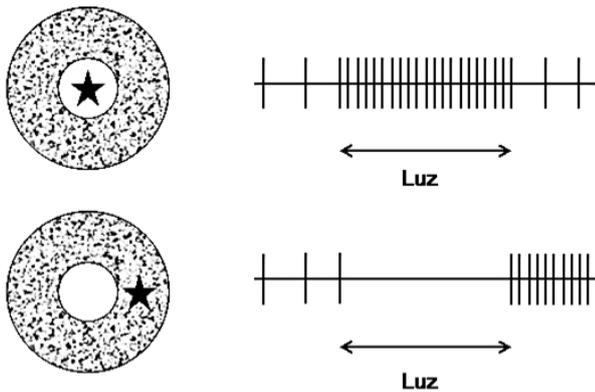
El concepto de campo receptivo es crucial para comprender qué tipo de información es relevante para el sistema visual. El campo receptivo de una neurona visual es el conjunto de fotorreceptores de los cuales recibe información; al ser estimulados, estos fotorreceptores provocan un cambio en el potencial de membrana de dicha neurona visual.

Los campos receptivos de las células bipolares y ganglionares tienen una forma circular, con una zona central y una zona periférica. Los fotorreceptores que ocupan la zona central del campo receptivo muestran una actividad antagonista a la actividad de los fotorreceptores que ocupan la zona periférica. Esto se debe a la ***inhibición lateral*** que ejercen las células horizontales sobre los fotorreceptores de la zona central o periférica del campo receptivo. Cuando un punto luminoso es captado por un grupo de fotorreceptores, la información se transmite a una célula horizontal que, a través de prolongaciones cortas inhibe a los fotorreceptores próximos a los que captaron el estímulo. De modo que la célula bipolar conectada a ambos grupos de fotorreceptores recibe información acerca del antagonismo entre ambas zonas de su campo receptivo. A su vez, este fenómeno es acentuado por la inhibición lateral que ejercen las células amacrinas sobre las células bipolares.

El antagonismo centro/periferia de los campos receptivos permite diferenciar dos tipos de células bipolares y ganglionares: células con centro “encendido” y células con centro “apagado” (figura 4). Las células con centro “encendido” se excitan cuando un punto luminoso es captado por los fotorreceptores de la zona central de su campo receptivo, y se inhiben cuando el estímulo es captado por los fotorreceptores de la zona periférica; lo inverso ocurre en las células con centro “apagado”. Este descubrimiento revela que la información que sale de la retina son los contrastes luminosos más que la intensidad absoluta de la luz que captan. Otro tipo de células poseen campos receptivos con antagonismo centro/periferia para pares de colores complementarios “centro verde-periferia roja” y a la inversa, o “centro azul-periferia amarilla” y a la inversa.

Además, las células ganglionares pueden diferenciarse por el tamaño de sus campos receptivos. Las células ganglionares P poseen campos receptivos pequeños, mientras que las células ganglionares M poseen campos receptivos grandes.

Célula con centro "encendido"



Célula con centro "apagado"

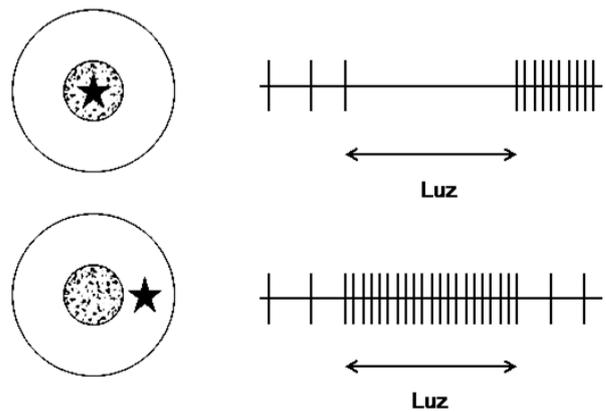


Figura 4. Campos receptivos de las células con antagonismo centro/periferia

A la izquierda: puntos luminosos (representados por una estrella) captados por los fotorreceptores de la zona central (arriba) y de la zona periférica (abajo) del campo receptivo de una célula con "centro encendido". La descarga de la neurona aumenta cuando se estimula la zona central y disminuye cuando se estimula la zona periférica.

A la derecha: se muestran las respuestas de una célula con "centro apagado". La descarga de la neurona disminuye cuando se estimula la zona central y aumenta cuando se estimula la zona periférica.

Las vías visuales retino-genículo-estriadas

Las vías que llevan la información desde ambas retinas hacia la corteza estriada (corteza visual primaria o V1) de ambos hemisferios incluyen un relevo en los núcleos geniculados laterales, situados en el extremo posterior de ambos tálamos (figura 5 y recuadro 1).

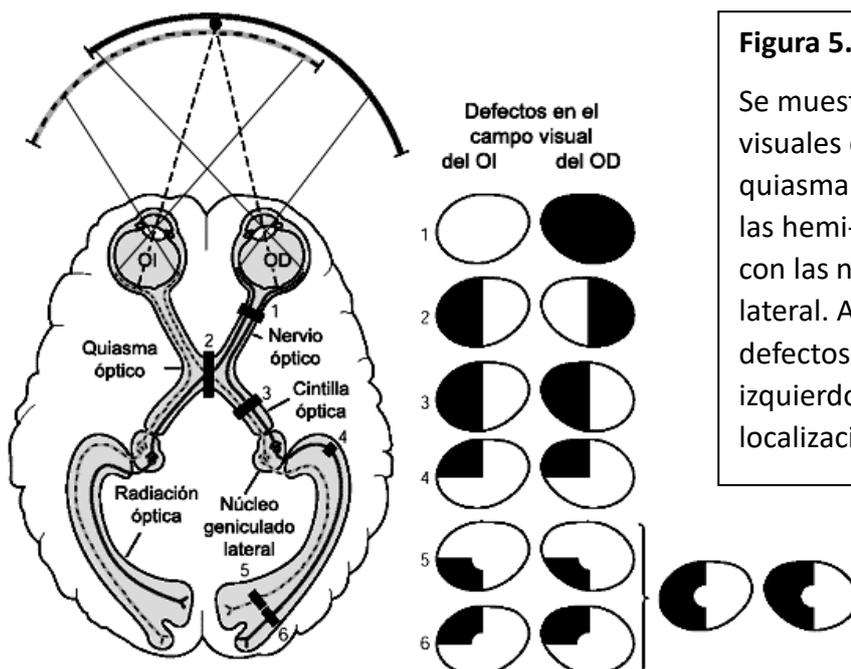


Figura 5. Las vías retino-genículo-estriadas

Se muestra la superposición de los campos visuales de ambos ojos y la decusación en el quiasma óptico de las fibras originadas en las hemi-retinas nasales, antes de la sinapsis con las neuronas del núcleo geniculado lateral. A la derecha, se muestran los defectos en los campos visuales del ojo izquierdo (OI) y derecho (OD), según la localización de distintas lesiones (1 a 6)

Recuadro 1. Las vías retino-genículo-estriadas

Los axones de las células ganglionares de cada retina salen hacia atrás por la papila óptica, formando el nervio óptico. Aproximadamente la mitad de los axones de cada nervio óptico se decusan (cruzan al lado opuesto) en un punto llamado quiasma óptico. Los axones que se decusan son los de las células ganglionares ubicadas en las mitades mediales de la retina, mientras que los axones que siguen su recorrido por el mismo lado son los de las células ganglionares ubicadas en las mitades laterales.

Del quiasma óptico parten dos manojos de axones, las cintillas ópticas. Cada cintilla óptica reúne los axones de las células ganglionares de la retina contralateral que se decusaron en el quiasma óptico y los axones de las células ganglionares de la retina homolateral (del mismo lado) que siguieron su recorrido sin cruzarse. El 90% de los axones que forman las cintillas ópticas establecen sinapsis con las neuronas del núcleo geniculado lateral del tálamo. Los axones de estas neuronas geniculadas forman un gran manajo de fibras de sustancia blanca, las radiaciones ópticas, en su recorrido hacia la corteza estriada homolateral.

El 10% restante de los axones de las cintillas ópticas se dirigen a otras regiones subcorticales; estas vías visuales controlan los reflejos pupilares, los movimientos oculares y la orientación de la atención a estímulos visuales.

Cuando un objeto de una escena visual impresiona nuestra retina, obtenemos información de distinta naturaleza. Por un lado, la información acerca de los contornos, el color y la textura nos permite identificar el objeto. Por otro lado, la información acerca de su localización y su movimiento en el espacio contribuye a que podamos dirigir nuestra conducta para, eventualmente, manipularlo o evitarlo. Estos dos tipos de información llegan a niveles diferentes de la capa IV de la corteza estriada, a través de dos vías retino-genículo-estriadas que constituyen el **procesamiento en paralelo** en el sistema visual.

La **vía parvocelular** proyecta a la corteza estriada información aportada predominantemente por los conos (la palabra latina “parvus” significa pequeño). Estos fotorreceptores establecen sinapsis con las células bipolares, que a su vez lo hacen con células ganglionares P. Los axones de las células ganglionares P contactan a las neuronas de las cuatro capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral. Estas neuronas poseen cuerpos celulares pequeños y envían axones a un nivel profundo de la capa IV de la corteza estriada. La vía parvocelular es la vía retino-genículo-estriada especializada en el procesamiento de los contornos, el color y la textura, debido a que las células que la componen procesan los contrastes de brillo y color de manera muy detallada, con una alta resolución espacial. En la tabla 2, se resumen las características del procesamiento de las células que componen esta vía y se las compara con las del procesamiento de las células que componen la vía magnocelular, que se describe a continuación.

Paralelamente, la **vía magnocelular** transmite información aportada predominantemente por los bastones que, a su vez, establecen sinapsis con las células bipolares (la palabra latina “magnus” significa grande). A diferencia de las células bipolares de la vía parvocelular, las de la vía magnocelular contactan a las células ganglionares M,

cuyos axones toman contacto con las neuronas de las dos capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral. Las neuronas de las capas magnocelulares constituyen una población mucho menor que la de las neuronas de las capas parvocelulares, poseen cuerpos celulares grandes y axones gruesos, y responden más rápidamente a los cambios de la imagen visual que las neuronas de las capas parvocelulares. Este último atributo determina la alta resolución temporal del procesamiento en esta vía. Finalmente, de las capas magnocelulares parten los axones que se dirigen a un nivel menos profundo de la capa IV de la corteza estriada. La especialización de la vía magnocelular para el procesamiento de la localización y el movimiento en el espacio está determinada por el mayor tamaño de los campos receptivos de sus células y la alta resolución temporal para el procesamiento de atributos generales de los estímulos (ver tabla 2).

Tabla 2. Características del procesamiento de las células que componen las vías parvocelular y magnocelular

	Vía parvocelular	Vía magnocelular
Fotorreceptores	Predominio de conos Visión del color Baja convergencia Mayor densidad	Predominio de bastones Visión del brillo Alta convergencia Menor densidad
Células ganglionares	Campos receptivos pequeños Detección de detalles espaciales	Campos receptivos grandes Detección de atributos generales
Células geniculadas	Parvocelulares Mayor número Distribuidas en cuatro capas Cuerpos celulares pequeños Alta resolución espacial Baja resolución temporal	Magnocelulares Menor número Distribuidas en dos capas Cuerpos celulares grandes Baja resolución espacial Alta resolución temporal

La corteza visual primaria

Al igual que las cortezas primarias somatosensitiva y auditiva, la corteza visual primaria o estriada posee una representación topográfica de la superficie receptora. Dado que la superficie receptora del sistema visual es la retina, la representación topográfica (es decir, el mapa topográfico) que se constituye en la corteza estriada es retinotópico. Esto se debe a que, la disposición de los cuerpos neuronales en cada estación de relevo, así como la disposición de los axones en las vías de proyección, a lo largo de las vías retino-genículo-estriadas, refleja la disposición de los fotorreceptores en la retina. Por otro lado, la región de la fóvea central de la retina está representada de manera desproporcionada en la corteza estriada, ya que, pese a que constituye una pequeña región de menos del 3% de la

superficie total de la retina, concentra una gran cantidad de fotorreceptores. Por lo tanto, su representación en la corteza estriada ocupa alrededor del 25% (figura 6).

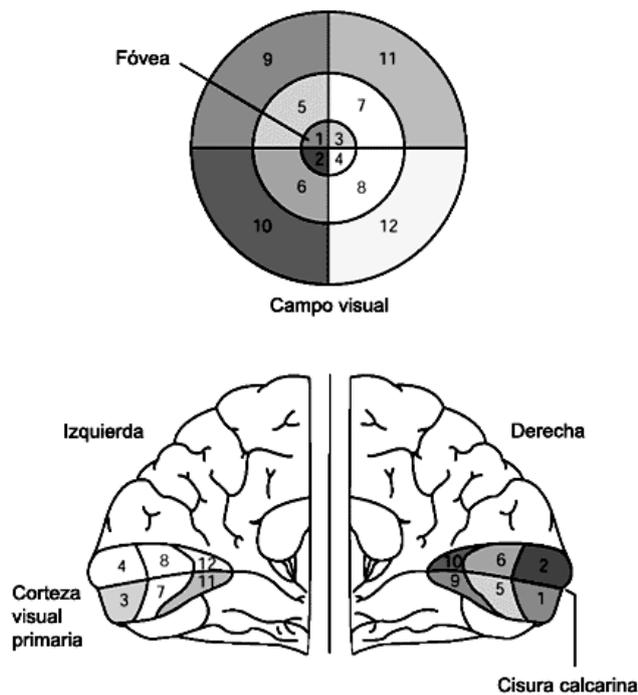


Figura 6. Mapa retinotópico en la corteza estriada, sobre ambos bordes de la cisura calcarina

Se muestra la desproporción de la representación de la zona de la fovea.

Nótese que cada mitad (derecha e izquierda) del campo visual se proyecta a la corteza estriada del hemisferio contralateral; además, la mitad superior del campo visual se proyecta al borde inferior de ambas cisuras calcarinas, así como la mitad inferior se proyecta al borde superior.

En el sistema visual, la organización jerárquica en el procesamiento serial, característica de los demás sistemas sensoriales y del sistema motor, resulta evidente cuando se comparan los campos receptivos de las células visuales subcorticales (ganglionares y geniculadas) con los campos receptivos de la mayoría de las neuronas de la corteza estriada. Al igual que las células ganglionares de la retina, las células del núcleo geniculado lateral poseen campos receptivos circulares en los que se observa el antagonismo centro/periferia. Si bien algunas neuronas de la corteza estriada poseen campos receptivos con las mismas características, constituyen la excepción más que la regla. La mayoría de las neuronas estriadas se caracteriza por tener campos receptivos de mayor tamaño, así como una sensibilidad a estímulos más complejos que los que desencadenan la actividad de las células visuales subcorticales, como consecuencia de la convergencia de la información aportada por varias células geniculadas. Estas neuronas estriadas se diferencian en células simples y complejas.

Las **células simples** de la corteza estriada también poseen campos receptivos en los que se observa actividad antagonista en zonas “encendidas” y “apagadas”. Sin embargo, la forma de estos campos receptivos no es circular, sino alargada, y la actividad antagonista no se distribuye en una zona central y otra periférica, sino en áreas paralelas con una orientación preferida. Como consecuencia, las células simples son insensibles a estímulos elementales como los puntos luminosos y, en cambio, se activan por la presentación de una barra luminosa que tiene la orientación preferida de la célula, en la zona “encendida” de su campo receptivo. Así, existen distintos tipos de células simples, que se diferencian

por la ubicación de las zonas “encendidas” y “apagadas” en el campo receptivo y por la orientación preferida (figura 7).

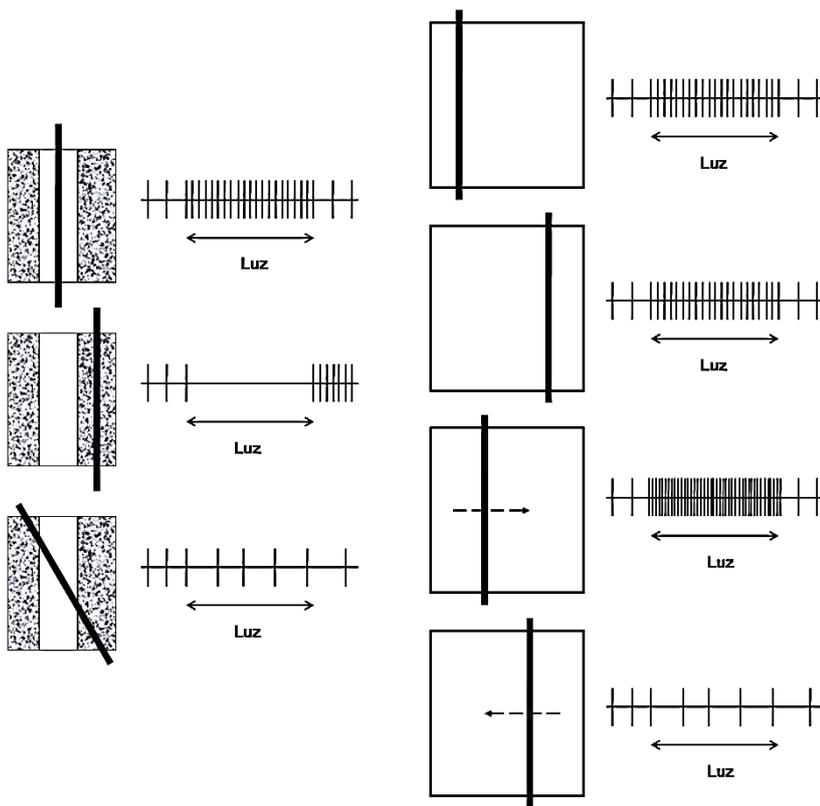


Figura 7. Campos receptivos de las células simples y complejas de la corteza estriada

A la izquierda: las respuestas de una célula simple a barras luminosas presentadas en distinta posición y con distinta orientación.

A la derecha: las respuestas de una célula compleja a barras luminosas presentadas con la orientación preferida de la célula, estáticas en diferentes posiciones, y en movimiento con distintas direcciones.

Las **células complejas** de la corteza estriada superan en cantidad a las células simples. Comparten con ellas el tener campos receptivos con forma alargada y una orientación preferida, pero se diferencian de ellas porque sus campos receptivos son de mayor tamaño y porque sus zonas “encendidas” y “apagadas” no tienen una posición fija dentro del campo receptivo. Como consecuencia, son sensibles a barras luminosas que tienen la orientación preferida de la célula y que se presentan en cualquier ubicación dentro del campo receptivo. Por eso, los estímulos más eficaces para provocar la activación de una célula compleja son las barras luminosas con la orientación preferida de la célula, que recorren el campo receptivo en su totalidad, es decir las barras luminosas en movimiento. Muchas células complejas exhiben además una preferencia para la dirección del movimiento (figura 7 y recuadro 2).

Recuadro 2. Percepción tridimensional

Las células simples y las células complejas de la corteza estriada también se diferencian porque las primeras son en su totalidad monoculares, es decir que su campo receptivo corresponde a un sector de la retina de un solo ojo, mientras que las últimas pueden ser monoculares o binoculares, es decir que pueden poseer campos receptivos en las retinas de ambos ojos. Muchas células complejas binoculares contribuyen a la transformación de la representación bidimensional generada en la retina en una percepción tridimensional del mundo que nos rodea, característica de nuestra experiencia visual consciente.

Cuando nos encontramos frente a una escena visual, no somos conscientes de que nuestro campo visual realmente está compuesto por la superposición de los campos visuales de cada ojo, que difieren levemente entre sí. Sólo cuando cerramos y abrimos alternadamente uno y otro ojo, manteniendo la vista fija en un punto, caemos en la cuenta de que cada ojo tiene una perspectiva diferente de la escena en torno al punto de fijación. Esta disparidad entre las perspectivas de ambos ojos resulta en una disparidad de las imágenes captadas por ambas retinas. La existencia de células complejas binoculares que son sensibles a distintos grados de disparidad retiniana es lo que nos permite percibir la profundidad y la distancia en la experiencia de percepción tridimensional.

El procesamiento de la información visual no culmina con la llegada de la información a la corteza estriada desde las vías retino-genículo-estriadas paralelas, sino que allí, la información es integrada y luego segregada (separada) nuevamente para un procesamiento jerárquico aún más complejo en áreas visuales secundarias y áreas terciarias de distintas regiones de los lóbulos occipital, temporal y parietal. Las áreas visuales secundarias o áreas de asociación visual unimodal están ubicadas en la corteza preestriada, por delante de la corteza estriada, y en la corteza temporal inferior. La principal área terciaria o de asociación multimodal que recibe información visual es la corteza parietal posterior.

Las vías visuales corticales ventral y dorsal: las vías del “qué” y del “dónde”

La información que llega a la corteza estriada es luego procesada a lo largo de dos vías paralelas especializadas en la percepción de distinto tipo de información visual.

La **vía ventral** comienza en los niveles más profundos de la capa IV de la corteza estriada, en donde se ubican las neuronas que son alcanzadas por los axones provenientes principalmente de la *vía retino-genículo-estriada parvocelular*. Las células de la capa IV establecen conexiones con las neuronas de las regiones más ventrales (inferiores) de la corteza preestriada (por delante de la corteza estriada) y éstas, a su vez, proyectan sus axones a la corteza temporal inferior. La vía ventral está especializada en el procesamiento del color y la forma, que posibilita el reconocimiento o la identificación de los objetos. Es por ello que a esta vía también se la llama la vía del “qué”. Posteriormente, el reconocimiento del objeto conduce a la recuperación del significado asociado al mismo, que depende de las cortezas prefrontales, temporales inferiores y el polo temporal, predominantemente del hemisferio izquierdo (figura 8).

La **vía dorsal** comienza en niveles menos profundos de la capa IV de la corteza estriada, por encima del sitio de inicio de la vía ventral. Las neuronas ubicadas en esos niveles son contactadas por los axones provenientes principalmente de la *vía retino-genículo-estriada magnocelular* y, a su vez, establecen conexiones con las neuronas de las regiones más dorsales (superiores) de la corteza preestriada. Las neuronas preestriadas dorsales proyectan sus axones a la corteza de asociación multimodal parietal posterior, considerada

como la región encargada de generar una representación del espacio a partir de información sensorial multimodal. La vía dorsal está especializada en el procesamiento de la localización y el movimiento de los objetos en el espacio o campo visual, lo cual posibilita la interacción con los mismos. Es por ello que a esta vía se la conoce como la vía del “dónde” (figura 8).

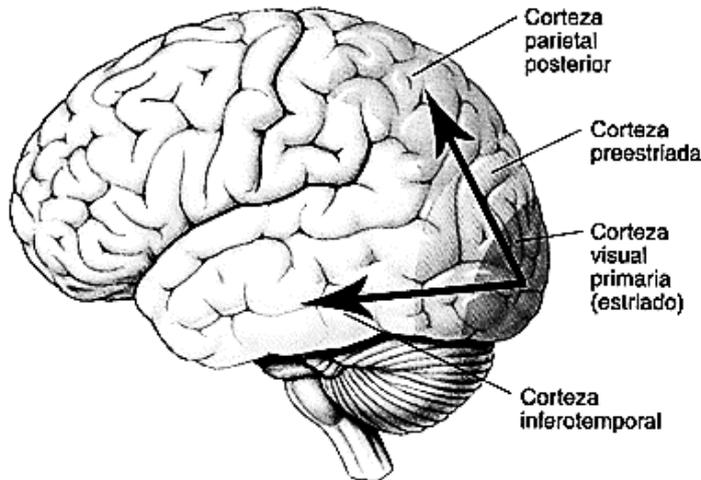


Figura 8. Vías visuales corticales ventral (del “qué”) y dorsal (del “dónde”)

Las evidencias para la existencia de ambas vías visuales corticales paralelas provienen de estudios que utilizan métodos y técnicas diferentes, como los estudios conductuales realizados en primates, los estudios de neuroimagen funcional en personas normales, y los estudios conductuales en personas con lesión cerebral, entre otros. Los estudios conductuales en primates lesionados fueron los primeros en revelar, a principios de la década de 1980, la existencia de estas vías paralelas de procesamiento cortical de la información visual. Ungerleider y Mishkin (1982) estudiaron el rendimiento de monos macacos en distintos tipos de tareas visuales. Los monos con lesiones en la corteza temporal inferior no lograban realizar las tareas de reconocimiento de objetos, mientras que los que tenían lesiones en la corteza parietal posterior fracasaban en las tareas de localización espacial. Entre los estudios de imágenes funcionales en personas normales, se destaca el estudio realizado por Zeki y colegas (1991), quienes utilizaron la técnica de PET (tomografía por emisión de positrones) para estudiar los cambios en la actividad cerebral producida durante la observación de imágenes estáticas coloreadas y de imágenes en movimiento en blanco y negro. Los autores descubrieron que las imágenes coloreadas provocaban una mayor actividad en las regiones preestriadas ventrales, mientras que las imágenes en movimiento provocaban una mayor actividad en la confluencia tampo-parieto-occipital, cercana a las regiones preestriadas dorsales. Por último, el estudio de personas con lesión cerebral aporta evidencias sorprendentes para la existencia de las vías visuales corticales ventral y dorsal. El daño a las regiones que componen la vía ventral puede provocar un cuadro llamado “agnosia visual de objetos”; las personas con estas lesiones no pueden analizar la información acerca de la forma, los colores y las texturas

para reconocer los objetos, pero conservan la capacidad para localizar esos mismos objetos en el espacio. Por ejemplo, una paciente descrita por Goodale y Milner (1992) presentaba lesiones bilaterales de las regiones preestriadas ventrales del lóbulo occipital y fracasaba en tareas de percepción de la forma tan simples como la detección de diferencias de tamaño entre dos bloques rectangulares. Sin embargo, no tenía dificultades cuando se le pedía que dirigiera una acción hacia uno de los bloques, como tomarlo con su mano. En esta tarea, la paciente no sólo era capaz de localizar adecuadamente el objeto en el espacio, sino que además lograba ajustar la apertura de la mano al tamaño del objeto. A diferencia de las personas con agnosia visual de objetos, quienes padecen el cuadro llamado "akinetopsia" (ceguera para el movimiento) presentan lesiones a lo largo de la vía dorsal, por ejemplo, en la región temporal superior. Estos pacientes no pueden percibir el movimiento de los objetos; en cambio, perciben una sucesión de escenas estáticas en las que los objetos ocupan posiciones ligeramente diferentes. Además, no presentan dificultades en la percepción visual de la forma, el color y la textura.

En resumen, resulta evidente que desde el momento en que una escena visual activa dos tipos diferentes de fotorreceptores en la retina, la información es sometida a procesamientos paralelos. Primero, a lo largo de las dos vías retino-genículo-estriadas parvocelular y magnocelular, y luego, en las vías visuales corticales ventral y dorsal que las continúan, respectivamente. La vía retino-genículo-estriada parvocelular y la vía visual cortical ventral están especializadas en el procesamiento de la forma, el color y la textura de los objetos, que permite su reconocimiento para una recuperación posterior del significado. La vía retino-genículo-estriada magnocelular y la vía visual cortical dorsal están especializadas en el procesamiento de la localización y el movimiento de los objetos en el espacio, que permite interactuar con los mismos.

Redes corticales especializadas para la percepción visual

Además de las vías corticales especializadas en el reconocimiento de los objetos y en su localización y movimiento en el espacio, en la corteza cerebral existen áreas que se han relacionado con otras clases específicas de información visual. Se ha reportado que lesiones localizadas en distintas áreas de la corteza cerebral humana producen alteraciones en el reconocimiento de rostros conocidos (prosopagnosia), de las expresiones emocionales de rostros, de letras y palabras escritas y de movimiento biológico. Estas alteraciones se pueden presentar asociadas con las alteraciones de la percepción y/o el reconocimiento de objetos, pero también se pueden encontrar de manera aislada. Por ejemplo, una persona puede presentar dificultades para reconocer rostros sin dificultades para reconocer objetos. Asimismo, la mayoría de los pacientes con alteraciones para reconocer letras y palabras (alexia pura) no muestran dificultades para reconocer rostros y

objetos. Estas disociaciones sugieren que existen áreas especializadas en el almacenamiento de distinto tipo de información visual.

Bibliografía consultada

Kandel E., Schwartz J. y Jessell T. (2001). *Principios de Neurociencia*. Cuarta edición. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana. (Capítulos 21: Codificación de la información sensorial, 25: Formación de la imagen visual, 26: Procesamiento visual por la retina, 27: Vías centrales de la visión, 28: Percepción del movimiento, la profundidad y la forma, y 29: Visión del color).

Pinel J. (2001). *Biopsicología*. Cuarta edición. Madrid: Prentice Hall. (Capítulos 7: El sistema visual: del ojo a la corteza cerebral, y 8: Mecanismos de la percepción, la consciencia y la atención.).

Zigmond M. (Ed.). (1999). *Fundamental Neuroscience*. Academic Press. (Capítulos 23: Fundamentals of sensory systems, 24: Sensory transduction, y 28: Vision).

Referencias

Goodale M.A. y Milner A.D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15, 20-25.

Ungerleider L.G. y Mishkin M. (1982). Two cortical visual systems. En D.J. Ingle, M.A. Goodale y R.J.W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behaviour* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.

Zeki S., Watson J.D., Lueck C.J., Friston K.J., Kennard C. y Frackowiak R.S. (1991). A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 11(3), 641-649.