

LIBRO PARA LA FORMACIÓN DE LOS RESIDENTES EN OFTALMOLOGÍA

NEUROFTALMOLOGÍA

1

Anatomía de la vía óptica y vías visuales

Francisco J Muñoz Negrete, Gema Rebolleda Fernández,
Constanza Barrancos Julián



SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE OFTALMOLOGÍA

La vía óptica comienza en la retina, donde los fotorreceptores sinaptan con las células ganglionares. Las células bipolares conectan con las células ganglionares de la retina (CGR), cuyo conjunto de axones conforma el nervio óptico. En el quiasma óptico las fibras nerviosas de cada ojo se dividen en una mitad temporal, que sigue por la vía óptica homolateral y otra nasal que cruza a la vía óptica contralateral. La primera sinapsis tiene lugar en el ganglio geniculado lateral y desde aquí las fibras nerviosas continúan hasta la corteza visual occipital.

CAPA DE FIBRAS NERVIOSAS DE LA RETINA

Los axones de las CGR forman la capa de fibras nerviosas de la retina (CFNR), que puede ser visualizada en retinografías de personas jóvenes en las arcadas superior e inferior y también se puede visualizar y medir su espesor mediante tomografía de coherencia óptica (OCT), donde aparece como una capa hiperreflectiva en la superficie interna de la retina (fig. 1).

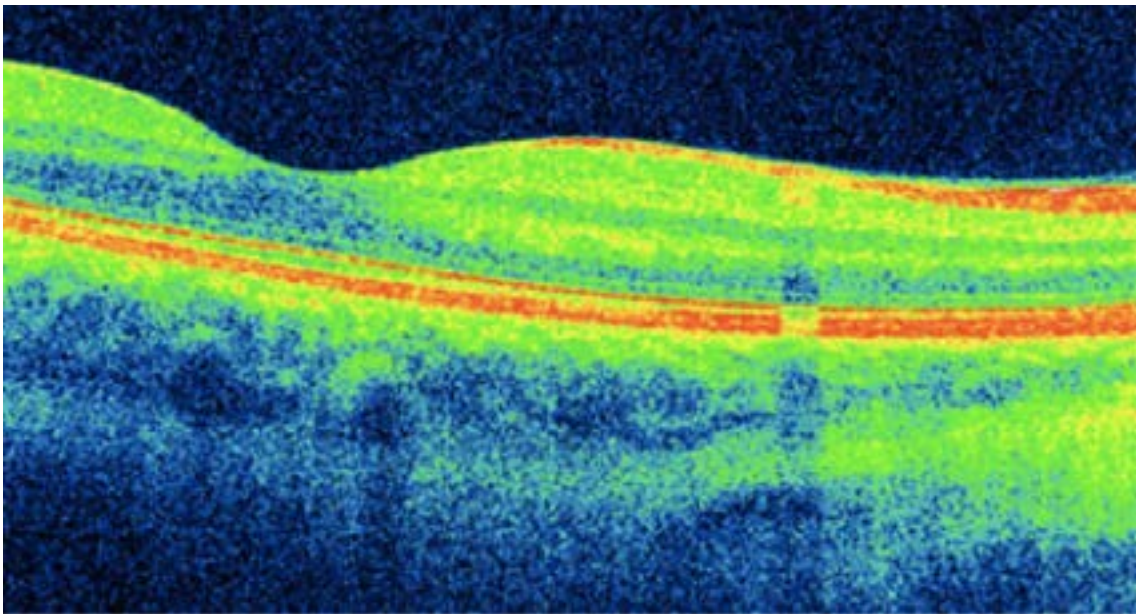


Figura 1: Imagen de OCT: La CFNR se observa como una capa hiperreflectiva superficial (color rojo, señalada con la flecha amarilla).

La retina nasal y temporal están separadas por una línea vertical que atraviesa la fóvea. Los axones de las CGR nasales a fóvea se decusan a nivel del quiasma y los temporales permanecen ipsilaterales. Dado que la papila óptica se sitúa nasal a la fóvea, los axones de la hemirretina nasal llegan directamente al nervio óptico, mientras que los de la hemirretina temporal toman un curso arqueado para llegar a los polos superior e inferior del nervio óptico. Esto determina también que las fibras maculares nasales entren en el lado temporal del nervio óptico, formando parte del haz papi-

lo-macular. Las hemirretinas superior e inferior están separadas por un rafe horizontal temporal, que explica el típico escalón nasal en los defectos de la CFNR del campo visual (CV) (fig. 2).

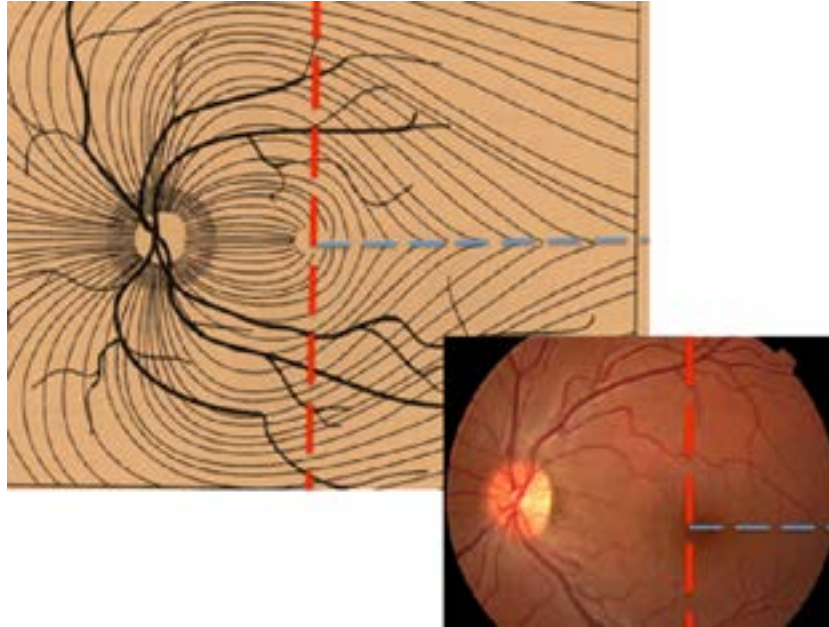


Figura 2: Las hemirretinas nasal y temporal están separadas por una línea vertical (rojo intermitente) que pasa por el centro de la fóvea. La línea intermitente azul representa el rafe horizontal temporal que divide las hemirretinas superior e inferior.

NERVIO ÓPTICO

El nervio o fascículo óptico (II par craneal) se compone de aproximadamente 1,2 millones de axones de CGR. Además de las fibras nerviosas, que transmiten la información visual, contiene fibras aferentes del reflejo pupilar, fibras eferentes del sistema extraestriado que se dirigen de la corteza occipital hacia la retina, fibras fotostáticas que se dirigen de la retina hacia colículo superior y fibras vegetativas de conexión entre retina e hipotálamo. Tiene una longitud total de 35-55 mm, y un diámetro de 3-7 mm. Clásicamente se divide en 4 segmentos (tabla 1, fig. 3):

Tabla 1. Segmentos del nervio óptico

SEGMENTO	LONGITUD (MM)	DIÁMETRO (MM)	VASCULARIZACIÓN
Intraocular	1	1,5 x 1,75	Arteriolas retinianas Art. Ciliares posteriores
Intraorbitario	25	3-4	Art. Ciliares posteriores
Intracanalicular	4-10		Arteria oftálmica
Intracraneal	10	4-7	Arteria oftálmica, ramas arteria carótida interna

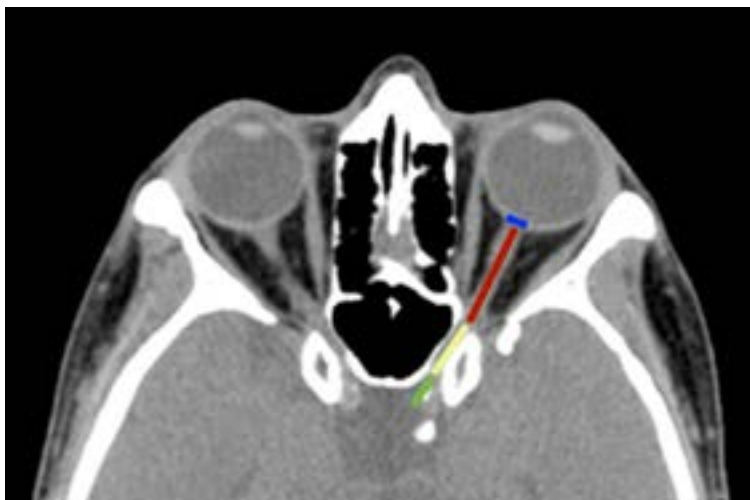


Figura 3: Imagen de tomografía computarizada en la que se observan las diferentes porciones del nervio óptico: intraocular (azul), intraorbitaria (rojo), intracanalicular (amarillo) e intracraneal (verde).

1. Porción intraocular: Formado por los axones de todas las CGR, que convergen en la papila óptica, estructura de forma oval vertical, con un diámetro horizontal de 1,76 mm y vertical de 1,92 mm. La papila óptica no contiene fotorreceptores, por lo que se representa con un escotoma absoluto en el CV, la mancha ciega fisiológica de Mariotte. La porción intraocular a su vez se divide en cuatro partes (fig. 4):

- a. **Capa superficial de fibras nerviosas:** Conservan su distribución retinotópica. Las fibras maculares representan un tercio del nervio y se sitúan lateralmente. Las fibras de áreas periféricas se sitúan periféricamente y las peripapilares centralmente.
- b. **Región prelaminar.** El 10% del nervio óptico está formado por astrocitos que forman una red de soporte atravesada por los axones. A este nivel no existen células de Müller, por lo que la membrana limitante interna (MLI) está formada por los astrocitos.
- c. **Región laminar.** La lámina cribosa está formada por placas de tejido conectivo (colágeno tipo I y III) integradas con la esclerótica y a través de cuyos poros pasan los axones de la CFNR.
- d. **Región retrolaminar:** Detrás de la lámina cribosa, el nervio óptico aumenta hasta 3 mm de diámetro, debido a la mielinización de los axones y a la presencia de las vainas meníngeas.

2. Porción intraorbitaria: Tiene forma de S itálica para permitir los movimientos del globo ocular sin estiramiento mecánico del nervio óptico. También permite hasta 9 mm de exoftalmos sin estiramiento completo del mismo. En su origen se encuentra rodeado por los vasos y nervios ciliares posteriores. La arteria central de la retina atraviesa el nervio óptico en su cara inferior a unos 12 mm detrás del globo ocular.

1. Anatomía de la vía óptica y vías visuales

Francisco J Muñoz Negrete, Gema Rebolleda Fernández, Constanza Barrancos Julián

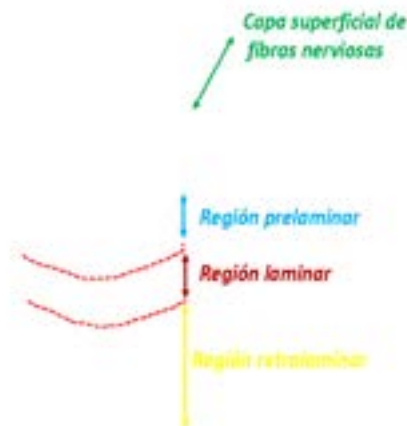


Figura 4: La porción intraocular del nervio óptico se divide de dentro a fuera en capa de fibras nerviosas de la retina (verde), porción prelaminar (azul), lámina cribosa (rojo) y región retrolaminar (amarillo).

3. Porción intracanalicular: Antes de llegar al canal óptico, el nervio óptico está rodeado por el anillo de Zinn, formado por los orígenes de los músculos rectos. El nervio óptico entra en el canal óptico a través del agujero óptico acompañado de la arteria oftálmica. Este segmento está irrigado por los vasos de la piamadre procedentes de la arteria oftálmica. Esta porción tiene alto riesgo de lesión traumática. Por otro lado, el edema del nervio óptico puede producir un síndrome compartimental.

4. Porción intracraneal: Se relaciona con las estructuras siguientes:

- Superior: Arteria cerebral anterior, fascículo olfatorio y lóbulo frontal.
- Externa: Arteria carótida interna.
- Inferior: Seno cavernoso, seno esfenoidal y celdas etmoidales.
- Inferoexterna: Arteria oftálmica.

Como norma cualquier lesión que afecte al nervio óptico será estrictamente unilateral, con la excepción de las lesiones en la unión del nervio óptico con el quiasma.

QUIASMA ÓPTICO

Se denomina **quiasma óptico** a la estructura constituida por la unión de los nervios ópticos, donde tiene lugar el cruce de parte de las fibras nerviosas. Las fibras de la hemirretina temporal (47%) no se decusan, y continúan por el tracto óptico ipsilateral. Las fibras de la hemirretina nasal (53%) cruzan la línea media en el quiasma, llegando al tracto óptico contralateral. Clásicamente se dice que un pequeño número de fibras inferonasales cruzan al nervio óptico contralateral unos milímetros, formando la rodilla de Wilbrand, antes de pasar a la cintilla óptica (fig. 5). Es discutible si realmente existe o se trata de un artefacto, pero está apoyado por la aparición de escotomas superotemporales contralaterales (yuncionales) en lesiones compresivas del nervio óptico distal. Las fibras maculares están más concentradas en la porción dorsal y central del quiasma.

1. Anatomía de la vía óptica y vías visuales

Francisco J Muñoz Negrete, Gema Rebolleda Fernández, Constanza Barrancos Julián



Figura 5: Decusación a nivel del quiasma óptico. Se observa también el trayecto de las fibras inferonasales formando la rodilla de Wilbrand.

El quiasma óptico forma parte del suelo inferior y anterior del tercer ventrículo, midiendo aproximadamente 12 mm de ancho, 8 mm de largo y 4 mm de altura. Está recubierto por aracnoides y piamadre, excepto en su unión al cerebro. Se relaciona con diversas estructuras anatómicas:

- Superior: Lámina terminalis (límite anterior del diencefalo, receso óptico del III ventrículo e hipotálamo).
- Lateral: Arteria carótida interna (que a veces determina una escotadura en el quiasma).
- Posterior: Área interpeduncular, III ventrículo, tubérculos mamilares, receso infundibular.
- Inferior: Hipófisis, diafragma de la silla turca, cisterna basal y esfenoides.
- Anterior: Arteria cerebral anterior y arteria comunicante anterior.

El quiasma puede presentar variaciones anatómicas (fig. 6): quiasma central (80%), encima de la silla turca; quiasma prefijado (10%), más anterior, sobre el tubérculo de la silla; quiasma postfijado (10%), más posterior, sobre el dorso de la silla turca.

La irrigación del quiasma depende de los vasos que le rodean, arteria comunicante anterior, cerebrales anteriores y posteriores y arteria basilar, lo que explica la extraordinaria rareza de los infartos quiasmáticos.

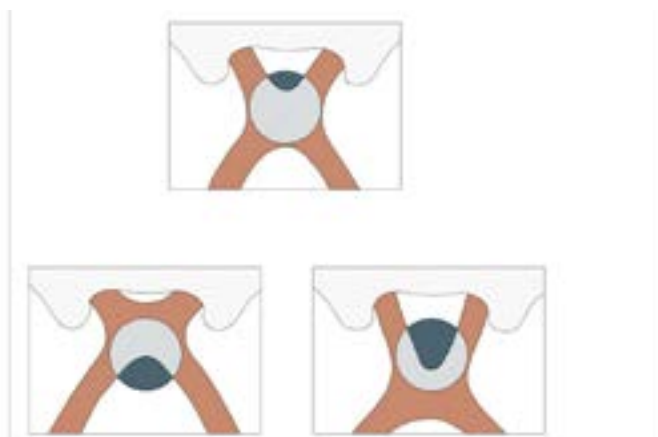


Figura 6: El quiasma óptico, según su localización relativa a la hipófisis, puede estar situado central (arriba, 80%), prefijado (abajo izquierda, 10%) o postfijado (abajo derecha, 10%).

CINTILLAS ÓPTICAS

En los extremos posteriores del quiasma óptico nacen **los tractos o cintillas ópticas** que divergen hacia atrás bordeando los pedúnculos cerebrales hasta alcanzar el cuerpo geniculado lateral (CGL) (fig. 7). Están compuestas por las fibras nerviosas temporales ipsilaterales y nasales contralaterales. Tienen una longitud aproximada de 20-30 mm. La mayor parte de las fibras nerviosas llevan información visual y se dirigen hacia el CGL, con excepción de un pequeño porcentaje de fibras aferentes pupilares que se separan de la cintilla óptica dirigiéndose al mesencéfalo antes de llegar al CGL, por lo que cualquier lesión posterior a este nivel no afectará los reflejos pupilares. La irrigación de las cintillas procede de la arteria coroidea anterior, rama de la arteria carótida interna.

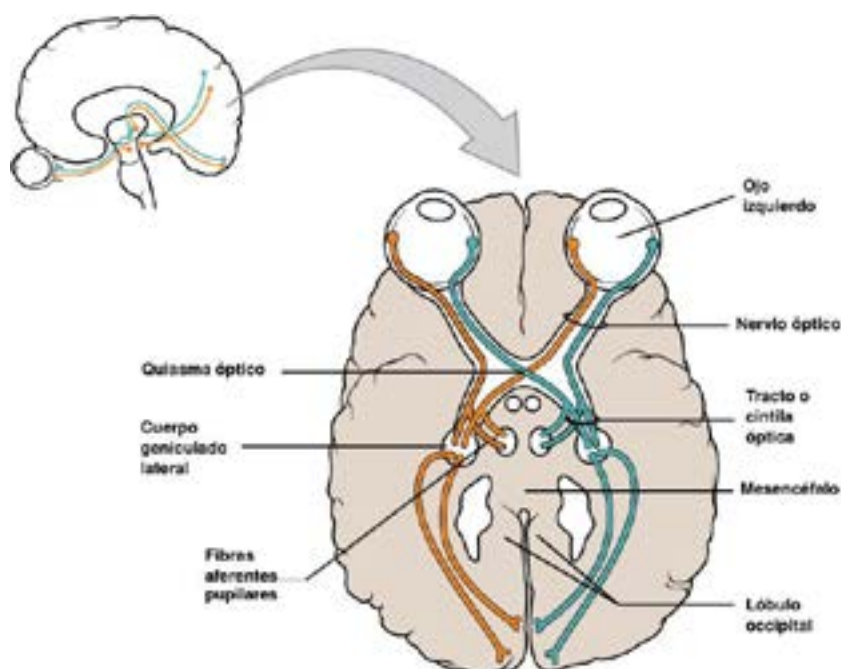


Figura 7: Esquema de la vía visual. En naranja, las fibras nerviosas que recogen la información del hemicampo visual izquierdo, juntándose tras el quiasma en las cintillas para acabar en la corteza occipital derecha. En verde, las fibras nerviosas del hemicampo visual derecho, que llegan hasta la corteza visual izquierda. Imagen modificada a partir de by OpenStax <https://cnx.org/contents/FPtK1z mh@8.25:fE13C8Ot@10/Preface>, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30147910>

CUERPO GENICULADO LATERAL

En el CGL sinapsan los axones de las CGR y de ahí parten las fibras nerviosas hacia la corteza occipital. Se localiza a nivel del tálamo y está constituido por seis capas alternas de sustancia gris y blanca, numeradas consecutivamente desde abajo hacia arriba. Las fibras cruzadas terminan en las capas 1, 4 y 6, mientras que las no cruzadas terminan en las capas 2, 3 y 5. Las dos capas ventrales reciben información de las CGR magnocelulares, que transmiten información de movimiento y contraste, mientras que las otras cuatro

capas sinapsan con las células parvocelulares, relacionadas fundamentalmente con la percepción del color y la forma. Presenta además una marcada organización retinotópica: las fibras maculares se localizan en el hilius, las periféricas ventralmente, los cuernos mediales reciben información de la retina superior y los laterales de la retina inferior.

RADIACIONES ÓPTICAS DE GRATIOLET

Desde el CGL parten las fibras que se dirigen a la corteza visual constituyendo las **radiaciones ópticas** (fig. 8). A este nivel las fibras superiores e inferiores se separan. Las fibras superiores atraviesan el lóbulo parietal antes de alcanzar la parte superior del lóbulo occipital. Llevan la información visual correspondiente al CV inferior contralateral. Están irrigadas por ramas de la división inferior de la arteria cerebral media. Las fibras inferiores forman un asa alrededor del cuerno temporal del ventrículo lateral en el lóbulo temporal (asa de Meyer), en íntima relación con las fibras motoras y sensitivas de la cápsula interna. Transmiten la información visual del CV superior contralateral y están irrigadas predominantemente por la arteria cerebral posterior.

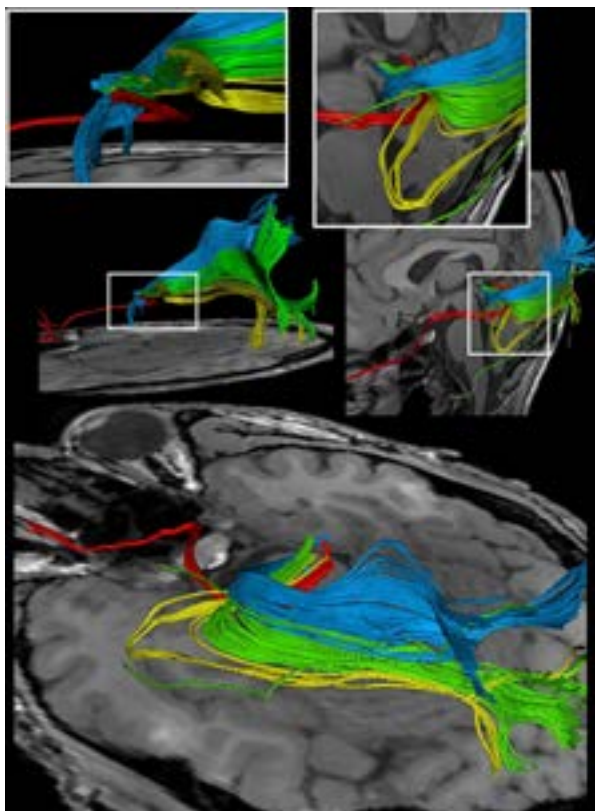


Figura 8: Reconstrucción del nervio óptico y la cintilla (rojo) y radiaciones ópticas; haz inferior o asa de Meyer (amarillo), haz central (verde) y haz superior (azul). Imagen modificada de Hofer S, Karaus A and Frahm J - Hofer S, Karaus A and Frahm J (2010). Reconstruction and dissection of the entire human visual pathway using diffusion tensor MRI. *Front. Neuroanat.* 4:15. doi: 10.3389/fnana.2010.00015 <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnana.2010.00015/full>, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43975665>

CORTEZA VISUAL

La **corteza visual primaria**, también llamada corteza calcarina, corteza estriada, área 17 de Brodmann o área V1, se localiza en los labios superior e inferior de la cisura calcarina, en las superficies posterior y medial de los lóbulos occipitales, siendo la área más fina del córtex cerebral humano. La mayor parte corresponde a la representación macular, que se localiza en la porción más posterior del lóbulo occipital, de forma que los 10º centrales del CV están representados por el 50-60% del córtex estriado y los 24º centrales se corresponden con el 80% del mismo (magnificación cortical).

Cada lóbulo del córtex visual integra información visual de ambos ojos, con excepción de la porción más anterior de la cisura calcarina que está ocupada sólo por fibras retinianas nasales periféricas contralaterales (única área de la corteza occipital con representación estrictamente unilateral en el CV, que explica el defecto en semiluna temporal contralateral) (fig. 9).

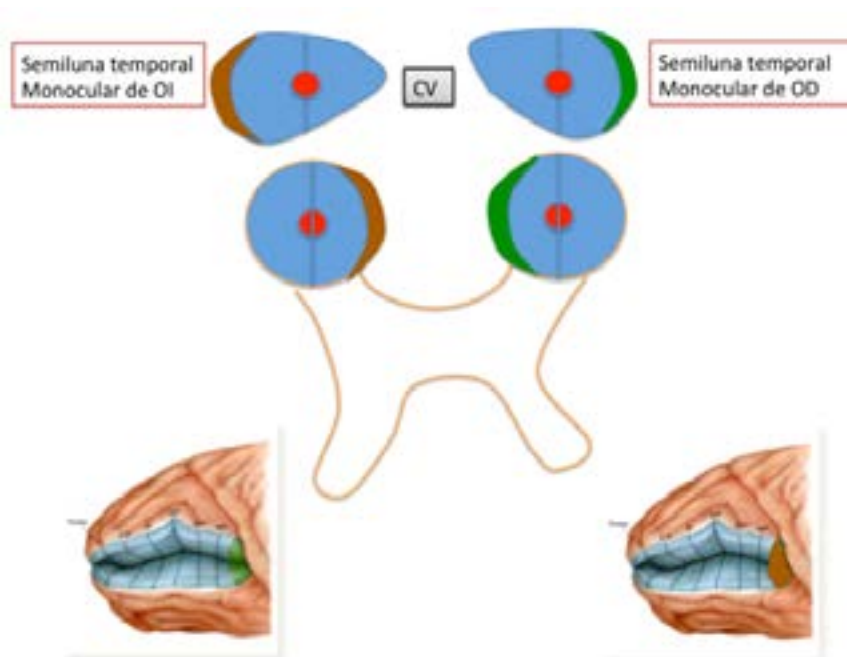


Figura 9: Representación de la semiluna periférica temporal del CV, única área estrictamente monocular del CV, que se corresponde con la retina nasal extrema y se proyecta en el polo anterior del lóbulo occipital.

Su irrigación se nutre de una rica red anastomótica de ramas terminales de las arterias cerebral media y posterior. Las ramas primarias de la arteria cerebral media para el córtex occipital son las ramas occipitales. Las ramas primarias de la arteria cerebral posterior son la parieto-occipitales (superiormente), calcarinas (centralmente) y temporales posteriores (inferiormente). Esta representación magnificada del área macular y la irrigación dual, explica la presencia de respeto macular en los defectos campimétricos de origen occipital.

ÁREAS DE ASOCIACIÓN

El área estriada es la responsable de las **sensaciones visuales primarias** (luz, forma, color, fusión binocular y situación espacial). Adyacente a la corteza estriada está la corteza paraestriada (área 18 de Brodmann o V2), que rodea al área estriada por las caras medial y lateral; y la corteza periestriada (área 19), que rodea el área 18. Estas áreas son esenciales para la integración de la visión. Las áreas visuales para y periestriadas elaboran los **mecanismos psico-visuales**, integrándose con otras actividades sensitivas.

Las circunvoluciones angular y supramarginal corresponden a las áreas 39 y 40 respectivamente, y se localizan en la cara lateral del **lóbulo parietal** (del dominante, que generalmente es el lóbulo parietal izquierdo), constituyendo una zona de asociación. En ellas se elaboran fenómenos de conocimiento que requieren una síntesis de **elementos analíticos** primarios. Las áreas del **lóbulo temporal 20 y 21** son áreas de **memoria** para las funciones sensoriales y sensitivas, incluida la visión.

PUNTOS CLAVE

- La línea teórica de división de las hemirretina nasal y temporal es la fóvea. La papila se encuentra en la hemirretina nasal.
- Las fibras nasales acceden de forma directa a la papila. Las fibras temporales siguen un curso arqueado y llegan a la papila por los polos superior e inferior.
- La porción intracanalicular del nervio óptico es la más susceptible a daño traumático.
- En el quiasma óptico, las fibras nasales (53%) cruzan a la cintilla óptica del lado opuesto y las temporales permanecen homolaterales. Las fibras inferonasales tienen un corto recorrido en el nervio óptico contralateral, formando la rodilla de Wilbrand.
- A partir de la cintilla óptica la vía visual lleva información del CV contralateral de ambos ojos.
- Las fibras aferentes pupilares abandonan la vía óptica antes de alcanzar el cuerpo geniculado lateral.
- A nivel de las radiaciones ópticas, la vía óptica se divide en una parte superior (parieto-occipital), que lleva información de los hemicampos inferiores, y una parte inferior (temporo-occipital), que lleva información de los hemicampos superiores.
- La corteza visual presenta una circulación dual y una representación macular magnificada, lo que explica los fenómenos de respeto macular en el CV.
- El área más central se representa en los polos posteriores del lóbulo occipital, mientras que los polos anteriores representan el área semilunar temporal periférica del CV contralateral (única área estrictamente monocular del CV).

BIBLIOGRAFÍA

1. Brar VS, Law SK, Lindsay JL, Mackey DA, Schultze RL, Singh RSJ, Silverstein E. Fundamentals and Principle of Ophthalmology 2019-20. Basic and clinical Science Course. San Francisco: American Academy of Ophthalmology. 2020:149-165.
2. Muñoz Negrete FJ, Rebolleda G, Barrancos Julián C, Alió del Barrio JL. Perimetría automática en neuro-oftalmología. Correlación topográfica. En: Protocolos en Neuro-oftalmología. Mesa Redonda SEO. Madrid: MACLINE SL, 2010:123-137.
3. Wirtschafter JD. Anatomic basis and differential diagnosis of field defects. In: Walsh TJ. Visual Fields. Examination and interpretation. Ophthalmology monographs 3. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 1996:39-83.

PREGUNTA TIPO TEST

(pulse en la flecha para comprobar las respuestas)

- 1. En relación con la vía visual y las alteraciones campimétricas:**
 - a) La papila se encuentra en la hemirretina nasal de modo que la mancha ciega se encuentra en el campo visual temporal.
 - b) Las lesiones que respeten el meridiano vertical sugieren afectación a nivel de la vía óptica posterior al nervio óptico, las lesiones que respeten el meridiano horizontal son características de lesiones a nivel del globo ocular o nervio óptico.
 - c) En el quiasma se decusan las fibras de la hemirretina temporal.
 - d) Las lesiones posteriores al quiasma son homónimas.
 - e) La irrigación dual explica la presencia de respeto macular en los defectos campimétricos de origen occipital.

- 2. En relación con el cuerpo geniculado lateral (CGL):**
 - a) La vía aferente pupilar hace sinapsis en el CGL antes de dirigirse al mesencéfalo.
 - b) Las células ganglionares de la retina sinaptan en el CGL con la siguiente neurona de la vía visual que constituye la cintilla óptica.
 - c) Las fibras cruzadas terminan en las capas 1, 4 y 6, mientras que las no cruzadas terminan en las capas 2, 3 y 5.
 - d) Las fibras maculares se localizan en el hilius, las periféricas ventralmente, los cuernos mediales reciben información de la retina superior y los laterales de la retina inferior.
 - e) Las capas ventrales reciben información de las CGR magnocelulares, que fundamentalmente informan de la percepción del color y la forma.

3. Señale que afirmaciones son correctas respecto a la anatomía del nervio óptico:

- a) La porción intraocular del nervio óptico mide aproximadamente 25 mm.
- b) La porción intracraneal el nervio óptico es la más sensible a traumatismos.
- c) El nervio óptico se mieliniza una vez llega a la porción intracraneal.
- d) Existe una distribución retinotópica: las fibras de áreas periféricas se sitúan periféricamente y las peripapilares centralmente.
- e) El nervio o fascículo óptico se compone de aproximadamente 1,2 millones de axones de células bipolares.

4. El quiasma óptico es una estructura clave de la vía visual con importantes implicaciones anatómicas y funcionales. Señale las respuestas correctas:

- a) En su porción lateral se relaciona con la arteria carótida interna.
- b) La mayoría de los quiasmas en la población general están «prefijado», más anterior, sobre el tubérculo de la silla turca.
- c) Los infartos quiasmáticos son raros por la irrigación múltiple.
- d) El quiasma óptico forma parte del suelo inferior y anterior del tercer ventrículo.
- e) Un pequeño número de fibras inferonasales cruzan al nervio óptico contralateral unos milímetros, formando la rodilla de Wilbrand.