

# célula bipolar – bipolar cell

Authored by  
**memjavad**

November 8, 2025

## RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *célula bipolar – bipolar cell*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=3364>

## Célula Bipolar

**Primary Disciplinary Field(s):** Neurociencia, Fisiología Sensorial, [Oftalmología](#).

### 1. Definición Central y Clasificación

La célula bipolar es un tipo de interneurona fundamental en el sistema nervioso central, específicamente ubicada en la retina. Su función primordial radica en servir como el eslabón de conexión sináptica entre los fotorreceptores (conos y bastones), que capturan la luz, y las células ganglionares, cuyos axones forman el nervio óptico. Estas células son esenciales para el procesamiento visual inicial, actuando como la segunda neurona en la vía visual directa. El término "bipolar" deriva de su morfología característica, que presenta un soma central del cual emergen dos procesos principales: un árbol dendrítico que recibe la información en la capa plexiforme externa (OPL) y un axón terminal que transmite la señal en la capa plexiforme interna (IPL).

La importancia de las células bipolares trasciende la mera transmisión, ya que realizan la primera etapa de modulación y procesamiento de la señal visual. A diferencia de los fotorreceptores, que responden a la luz con potenciales graduados hiperpolarizantes, las células bipolares son capaces de transformar esta señal en una respuesta que puede ser tanto excitatoria (despolarización) como inhibitoria (hiperpolarización), dependiendo del subtipo celular y del contexto sináptico. Esta capacidad de segregación y procesamiento paralelo es crítica para la codificación de información compleja, como el contraste y la detección de bordes, antes de que la señal abandone la retina.

La clasificación de las células bipolares es compleja y multifacética, basándose principalmente en criterios morfológicos y funcionales. Desde una perspectiva morfológica, se distinguen las células bipolares de bastón (especializadas en visión escotópica o nocturna) y las células bipolares de cono (especializadas en visión fotópica o diurna, y subdivididas en múltiples subtipos). Funcionalmente, la distinción más crucial es la que separa las vías ON y OFF. Las células bipolares **ON** responden a un aumento en la intensidad de la luz (encendido), mientras que las células bipolares **OFF** responden a una disminución de la intensidad de la luz (apagado). Esta dicotomía funcional es el pilar sobre el cual se construye la detección de contraste.

### 2. Estructura Morfológica y Ubicación Retiniana

La estructura de la célula bipolar es altamente especializada para su función de interconexión. El cuerpo celular o soma reside en la capa nuclear interna de la retina. Desde el soma, el proceso dendrítico se extiende hacia la capa plexiforme externa (OPL), donde establece sinapsis con los terminales axónicos de los fotorreceptores (conos y bastones) y recibe modulación de las células horizontales. Esta región sináptica es crucial, ya que es donde la señal eléctrica del fotorreceptor se convierte en una señal química (liberación de glutamato) que la célula bipolar traduce.

En el polo opuesto del soma, el axón se proyecta hacia la capa plexiforme interna (IPL), la capa más densamente sináptica de la retina. Es en la IPL donde el axón de la célula bipolar libera neurotransmisores (típicamente glutamato) para comunicarse con las células ganglionares y las células amacrinas. La longitud y el patrón de ramificación de este axón dentro de la IPL son determinantes para la clasificación funcional de la célula. Por ejemplo, las células bipolares ON y OFF terminan en subcapas distintas de la IPL, manteniendo una estricta segregación espacial de sus respectivas vías de procesamiento.

La organización espacial de las terminaciones axónicas en la IPL es un ejemplo notable de la precisión del cableado neuronal. La IPL se divide conceptualmente en dos subcapas principales: la subcapa A (más cercana a la capa nuclear interna) y la subcapa B (más cercana a las células ganglionares). Las células bipolares **OFF** proyectan exclusivamente a la subcapa A, mientras que las células bipolares **ON** proyectan exclusivamente a la subcapa B. Esta segregación laminar asegura que las células ganglionares asociadas con la detección de luz creciente y decreciente reciban su información de manera independiente y paralela, un principio conocido como la "vía paralela" o [circuitos retinianos](#).

### 3. Función Fisiológica Principal: Transmisión de Señales

La función esencial de las células bipolares es actuar como un transductor y amplificador de la señal visual. Los fotorreceptores liberan continuamente el neurotransmisor glutamato en la oscuridad. Cuando la luz incide sobre ellos, se hiperpolarizan y reducen la liberación de glutamato. La célula bipolar debe interpretar esta reducción de glutamato y transformarla en la respuesta adecuada para la célula ganglionar subsiguiente.

Es importante destacar que, en la mayoría de los casos, las células bipolares no generan potenciales de acción (es decir, no disparan "spikes"). En su lugar, operan mediante potenciales graduados, modulando la liberación de neurotransmisores de manera continua en sus terminales axónicos en la IPL. La magnitud y el signo (despolarización o hiperpolarización) de este potencial graduado son directamente proporcionales a la intensidad y duración del estímulo luminoso que recibe el fotorreceptor. Este mecanismo permite una transmisión de información más rápida y con mayor fidelidad temporal y espacial que el sistema de disparo de potenciales de acción.

El procesamiento de la señal también incluye la formación del campo receptivo. Aunque los fotorreceptores solo responden a la luz en su punto exacto, las células bipolares integran la información de un grupo de fotorreceptores, formando el "centro" del campo receptivo. Además, reciben información moduladora de las células horizontales. Las células horizontales ejercen una inhibición lateral que da forma al "entorno" o "periferia" del campo receptivo de la célula bipolar. Este antagonismo centro-periferia (por ejemplo, una célula que se excita con luz en el centro pero se inhibe con luz en la periferia) es crucial para realzar el contraste y detectar los límites de los

objetos.

#### 4. Clasificación Funcional: Células Bipolares ON y OFF

La división funcional en células ON y OFF es la característica más definitoria y fundamental del procesamiento visual retiniano. Esta dicotomía asegura que el sistema visual no solo registre la presencia de luz, sino también los cambios, tanto positivos como negativos, en la iluminación ambiental. Esta segregación se establece mediante la expresión de diferentes tipos de receptores de glutamato en la membrana dendrítica de la célula bipolar.

Las células bipolares **OFF** expresan receptores ionotrópicos de glutamato, como los receptores AMPA o Kainato. Dado que los fotorreceptores liberan glutamato continuamente en la oscuridad, estos receptores se activan constantemente en la oscuridad, causando la despolarización de la célula OFF. Cuando la luz incide, la liberación de glutamato cesa, los receptores se inactivan y la célula OFF se hiperpolariza. Consecuentemente, estas células están activas cuando la luz se apaga o cuando una sombra aparece en su campo receptivo.

Por el contrario, las células bipolares **ON** expresan receptores metabotrópicos de glutamato, específicamente el receptor mGluR6. Este receptor es acoplado a proteínas G y opera de manera inhibitoria. Cuando el glutamato está presente (oscuridad), el mGluR6 se activa, lo que resulta en el cierre de canales de sodio y calcio, hiperpolarizando la célula ON. Cuando la luz incide y la liberación de glutamato cesa, el mGluR6 se inactiva, los canales iónicos se abren y la célula ON se despolariza. Por lo tanto, las células ON están activas cuando la luz se enciende o cuando se detecta un incremento luminoso.

**Vía OFF (Oscuridad/Apagado):** Mediada por receptores ionotrópicos. La célula se activa por la presencia de glutamato, señalizando la oscuridad.

**Vía ON (Luz/Encendido):** Mediada por receptores metabotrópicos (mGluR6). La célula se activa por la ausencia de glutamato, señalizando la luz.

**Significado Fisiológico:** La existencia de estas dos vías paralelas permite al cerebro procesar simultáneamente los incrementos y decrementos de luz en el entorno, lo cual es fundamental para la percepción del contraste y el movimiento.

#### 5. Tipos Específicos de Células Bipolares (Bastones vs. Conos)

La distinción entre las células bipolares de bastón y las de cono refleja la dualidad de la visión escotópica (nocturna) y fotópica (diurna). Aunque ambas cumplen la función de interneuronas, sus circuitos y propiedades sinápticas están finamente ajustados a los requisitos de sensibilidad y resolución de sus respectivos fotorreceptores.

Las **células bipolares de bastón** representan una población celular morfológicamente homogénea (existe un solo tipo principal) y están especializadas en la detección de luz muy tenue. Un solo bastón bipolar recibe el aporte sináptico convergente de decenas de bastones, lo que maximiza la sensibilidad a expensas de la resolución espacial. Una característica distintiva de la vía de bastón es su indirecta conexión con las células ganglionares. El bastón bipolar es siempre de tipo **ON** (utiliza receptores mGluR6) y, en lugar de sinaptar directamente con una célula ganglionar, se conecta con un tipo de célula amacrina llamada AII. La célula AII amacrina luego distribuye esta señal a las células ganglionares OFF a través de sinapsis eléctricas y a las células ganglionares ON a través de sinapsis químicas, integrando la visión nocturna en los circuitos diurnos.

Las **células bipolares de cono** son mucho más diversas, con al menos diez subtipos distintos identificados en la retina de primates. Esta diversidad morfológica y funcional es necesaria para manejar la alta resolución y el amplio rango cromático de la visión fotópica. Los subtipos de conos bipolares se clasifican tanto por su tipo funcional (ON u OFF) como por la profundidad exacta en la que terminan en la IPL. La mayoría de ellas establecen conexiones sinápticas directas con las células ganglionares de cono, manteniendo un alto grado de fidelidad espacial y temporal, lo que es esencial para la agudeza visual. Además, los conos bipolares tienen campos receptivos más pequeños y menos convergentes que los bastones bipolares, lo que contribuye a la alta resolución de la visión diurna.

## 6. Circuitos Sinápticos y Conexiones Horizontales

La célula bipolar no opera de forma aislada; es un nodo central en la compleja red retiniana que incluye células horizontales y amacrinas. La interacción sináptica de la célula bipolar es bidireccional, recibiendo aportes en la OPL y emitiendo señales en la IPL, y siendo modulada en ambos extremos.

En la OPL, la célula bipolar recibe señales de los fotorreceptores, pero esta señal es constantemente moldeada por las **células horizontales**. Las células horizontales, que también operan con potenciales graduados, son esenciales para el mecanismo de inhibición lateral. Cuando un fotorreceptor adyacente al centro del campo receptivo de una célula bipolar es estimulado, la célula horizontal se activa e inhibe la liberación de glutamato en el centro. Esto intensifica la respuesta antagónica entre el centro y la periferia del campo receptivo, permitiendo a la célula bipolar actuar como un detector de diferencias de luminancia, lo que es crucial para la percepción de los bordes y el contraste.

En la IPL, las células bipolares liberan neurotransmisores sobre las células ganglionares y las **células amacrinas**. Las células amacrinas son un grupo heterogéneo de interneuronas que modulan la señal temporalmente, espacialmente y cromáticamente, antes de que llegue a la célula

ganglionar. Por ejemplo, algunas células amacrinas son responsables de añadir la detección de movimiento (direccionalidad) o propiedades de respuesta transitoria a la señal que sale de la célula bipolar. La interacción entre las células bipolares y las células amacrinas es lo que permite la codificación de patrones visuales complejos, transformando la simple información de luz y oscuridad en características visuales significativas.

## 7. Desarrollo Histórico y Descubrimiento

El descubrimiento y la elucidación de la estructura de la célula bipolar están íntimamente ligados al desarrollo de técnicas de tinción histológica a finales del siglo XIX. La figura central en este esfuerzo fue el neuroanatomista español [Santiago Ramón y Cajal](#). Utilizando la técnica de tinción de Golgi, Ramón y Cajal fue capaz de visualizar por primera vez la morfología completa y detallada de las neuronas retinianas, incluyendo las células bipolares.

Antes de Cajal, la retina era vista como una masa de células interconectadas de manera difusa, siguiendo la teoría reticular prevaleciente. Cajal, sin embargo, demostró que la retina estaba compuesta por neuronas individuales (la doctrina neuronal) y que la célula bipolar actuaba como un puente directo, estableciendo una conexión vertical y jerárquica desde los fotorreceptores hasta las células ganglionares. Su trabajo, publicado a principios del siglo XX, estableció el esquema básico del circuito visual: fotorreceptor → célula bipolar → célula ganglionar. Este modelo de conexión vertical ha resistido la prueba del tiempo, aunque investigaciones posteriores han revelado la complejidad de las interacciones laterales mediadas por células horizontales y amacrinas.

El entendimiento funcional de la célula bipolar se profundizó significativamente en la segunda mitad del siglo XX, con el avance de la electrofisiología. Investigadores como John Dowling y Frank Werblin utilizaron registros intracelulares para demostrar que las células bipolares operan mediante potenciales graduados, en contraste con los potenciales de acción de las células ganglionares. El descubrimiento de las vías ON y OFF y la identificación de los receptores metabotrópicos (mGluR6) en las células ON solidificaron la comprensión de la célula bipolar no solo como un transmisor pasivo, sino como un procesador activo de la información visual.

## 8. Importancia Clínica y Patologías Asociadas

Dada su posición crítica en la vía visual, cualquier disfunción en las células bipolares tiene un impacto directo y a menudo devastador en la capacidad visual. La salud de estas células es esencial para la transducción de la señal luminosa en un código neuronal interpretable por el cerebro. Las patologías que afectan la función bipolar suelen ser de origen genético o degenerativo.

Una de las condiciones más estudiadas que afecta directamente a las células bipolares es la

**Ceguera Nocturna Estacionaria Congénita (CSNB).** Existen varias formas de CSNB, pero el tipo incompleto o el tipo ligado al cromosoma X (CSNB X-linked) a menudo se debe a mutaciones en genes que codifican proteínas esenciales para la función de las células bipolares ON. Por ejemplo, mutaciones en el gen GRM6, que codifica el receptor mGluR6, o en genes que codifican los canales iónicos activados por la proteína G, impiden que las células bipolares ON se despolaricen correctamente en respuesta a la luz. Esto resulta en una incapacidad para percibir incrementos de luz, aunque la vía OFF y la visión diurna pueden permanecer relativamente intactas.

Además, las células bipolares son vulnerables en enfermedades neurodegenerativas de la retina como la **Retinitis Pigmentosa (RP)** y algunas formas de **degeneración macular**. Si bien la RP comienza típicamente con la muerte de los fotorreceptores (bastones), la pérdida de su aporte sináptico a las células bipolares provoca una desregulación y, finalmente, la degeneración de estas interneuronas. La investigación actual en terapias de restauración visual, como los implantes de retina artificial (prótesis retinianas), a menudo depende de la capacidad de estimular directamente las células bipolares supervivientes para puentear los fotorreceptores dañados y restaurar una forma funcional de visión.

## 9. Lecturas Adicionales

[Wikipedia: Célula bipolar de la retina](#)

[Webvision: The Organization of the Retina and Visual System \(University of Utah\)](#)

[The Journal of Physiology: Retinal Bipolar Cell Circuits](#)