

# CUADERNOS

## Mente & Cerebro

# LA VISIÓN

Qué vemos, cómo  
y por qué

### Neurobiología

Mecanismos neuronales  
de la percepción visual

### Psicología

Factores que determinan  
la sensibilidad estética

### Evolución

La visión de los colores  
en los primates

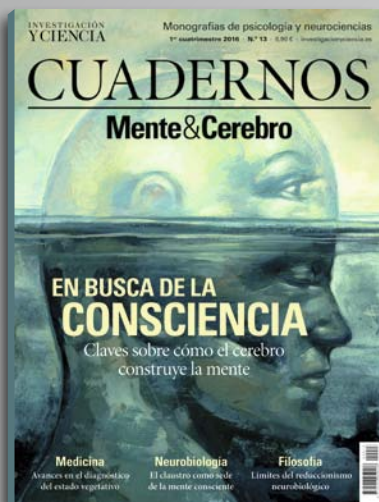


# Monografías con nuestros mejores artículos sobre temas clave



## CUADERNOS 14: DEPRESIÓN

Trastorno depresivo en el trabajo • Depresión en el hombre y en la mujer • Electrodo cerebral para la depresión resistente • El éxito de la terapia cognitivo-conductual



## CUADERNOS 13: EN BUSCA DE LA CONSCIENCIA

Avances en el diagnóstico del estado vegetativo • El claustró como sede de la consciencia • Límites del reduccionismo neurobiológico • Pérdida y recuperación de la consciencia



## CUADERNOS 12: EL DOLOR

Combatir el dolor crónico • Causas de la migraña • La psique como calmante • ¿Funciona la acupuntura?



## CUADERNOS 11: LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

La influencia del lenguaje en el pensamiento • Modelos neurales del habla y el entendimiento • Claves de la gestualidad social • Niños con mutismo selectivo



## CUADERNOS 10: ADICCIONES

Alteraciones en el sistema de recompensa • Raíces evolutivas del alcoholismo • Enganchados a la inanición • Huellas cerebrales de la nicotina • Tratamientos de neuroimagen



## CUADERNOS 9: LA MEMORIA

Circuitos neuronales de los recuerdos • Estudios con ratones transgénicos • El síndrome de Korsakoff y la hipertimesia • Técnicas para mejorar el aprendizaje

[www.investigacionyciencia.es/revistas/cuadernos](http://www.investigacionyciencia.es/revistas/cuadernos)



# Un proceso creativo

La capacidad de ver no se limita a nuestros ojos, a la retina o al cristalino. También depende del procesamiento que el cerebro realiza sobre la información lumínica que le llega del exterior en forma de impulsos eléctricos. A ello se suman los conocimientos previos y los aspectos emocionales de lo que vemos. Pero ¿cómo funciona nuestro sistema visual? ¿Qué mecanismos cerebrales se desarrollan para que nos formemos una imagen del mundo que nos rodea? ¿Por qué algunos invidentes son capaces de reaccionar ante objetos que no ven? ¿Percibimos hombres y mujeres la belleza de la misma manera?

Desde diferentes ámbitos de la investigación (neurobiología, psico-

logía, oftalmología, neurociencia cognitiva, filosofía y antropología, entre otros) se está avanzando en el conocimiento de la percepción visual humana, aunque todavía queda camino por recorrer.

Este nuevo número de la colección *Cuadernos* reúne una docena de artículos, publicados en *Mente y Cerebro e Investigación y Ciencia*, que repasan los fundamentos neurobiológicos de la visión y ahondan en los hallazgos más recientes sobre varias alteraciones visuales, desde algunas poco frecuentes hasta la miopía, que ya está alcanzando cotas epidémicas.

Volviendo a la complejidad del procesamiento de la información visual, además de hablar de fotorreceptores, tálamo, corteza

visual primaria, tronco encefálico y movimientos microsacádicos, cabe tener en cuenta factores como el entorno inmediato, las ilusiones ópticas, la cultura, la memoria, la consciencia y mucho más. Por ello el monográfico se centra también en las dimensiones estéticas y antropológicas del fenómeno.

Como apunta Javier Cudeiro en su artículo «Mecanismos neuronales de la percepción visual» (página 4), el neurólogo estadounidense Vernon Mountcastle (1918-2015) describió en su día que la percepción visual es un proceso creativo, no una réplica del mundo real. Con esta misma visión arranca el monográfico.

—La redacción



ISTOCK / DELPIXART

## 1 Presentación

Un proceso creativo. *Por la redacción*

## Neurobiología de la visión

### Procesamiento visual

## 4 Mecanismos neuronales de la percepción visual

La percepción visual es una actividad creativa: el cerebro utiliza la información sensorial y la experiencia previa. Nuestra percepción del mundo se perfila gracias a la interacción continua entre las etapas del sistema visual. *Por Javier Cudeiro Mazaira*

### Movimientos microsacádicos

## 12 Las ventanas de la mente

Considerados antaño meros tics nerviosos, ciertos movimientos inconscientes de los ojos son en buena medida responsables de nuestra capacidad de ver. Estos movimientos minúsculos podrían incluso revelar pensamientos subliminales. *Por Susana Martínez-Conde y Stephen L. Macknik*

### Actividad neuronal

## 20 El rompecabezas de las ondas cerebrales

Cuando dirigimos nuestra atención a un punto concreto, diversos grupos de neuronas se ponen en marcha de forma simultánea. ¿Abre esta actividad sincrónica la puerta de acceso a la percepción? *Por Anneke Meyer*

### Vías visuales

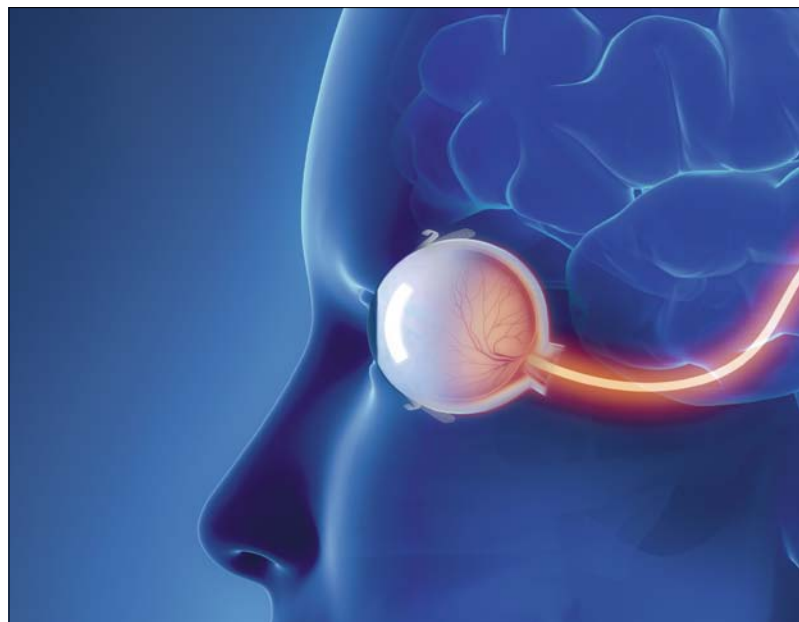
## 26 El tálamo y la visión

Nuestra percepción visual consciente depende de un pequeño núcleo talámico de apenas seis milímetros de diámetro, el núcleo geniculado lateral, cuyos circuitos neuronales determinan la calidad e intensidad de las imágenes que percibimos. *Por José Manuel Alonso*

### Oponencia del color

## 34 Visión prohibida del color

Aunque prohibida en las teorías de la percepción del color, la visión del verde rojizo o del azul amarillento no es imposible. Estas y otras alucinaciones permiten atisbar en el fenómeno de la oponencia visual. *Por Vincent A. Billock y Brian H. Tsou*



## Alteraciones visuales

### Miopía

## 42 La epidemia de la miopía

Acabar con los altos índices de miopía se ha convertido en un problema sanitario a escala mundial. Un simple cambio en nuestra conducta diaria podría ser la solución. *Por Diana Kwon*

### Hemiomisión

## 50 Un mundo a medias

Las personas que sufren trastorno de omisión no consiguen percibir una imagen completa de la realidad. *Por Vilayanur S. Ramachandran y Diane Rogers-Ramachandran*

### Visión ciega

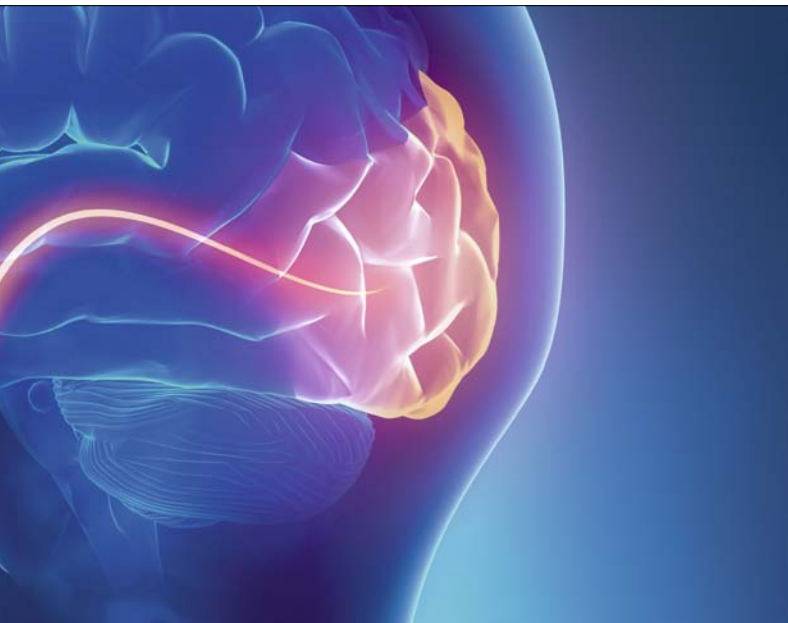
## 54 Ciegos con visión

En la invidencia por lesión cerebral, algunos pacientes son capaces de orientarse a ciegas, reaccionar ante expresiones faciales e incluso esquivar obstáculos. *Por Beatrice de Gelder*

### Síndrome de Bálint

## 62 El síndrome de Bálint: la visión desorientada

El sistema visual trata por separado tres aspectos fundamentales de la escena: la naturaleza de los objetos, su localización y su utilidad. Un mismo trastorno afecta estas tres funciones. *Por Simon Clavagnier*



ISTOCK / JANULLA

## Percepción y genética

### Sensibilidad estética

**68** **La percepción del arte**  
Desde siempre la filosofía se esforzó por encontrar una teoría coherente de la sensibilidad estética. Los psicólogos comienzan ahora a indagar los secretos que constituyen el atractivo particular de una obra de arte. *Por Bernd Kersten*

### Antropología

## 76 La valoración estética, ¿una actividad ligada al sexo?

Existe la opinión generalizada de que mujeres y hombres percibimos de forma diferente la dimensión estética de las cosas. Aunque la bibliografía existente aporta pocos datos al respecto, el estudio de atributos visuales tales como el color añade alguna información al respecto. *Por Enric Munar, Marcos Nadal, Camilo J. Cela y Fernando Maestu*

### Evolución

## 86 Evolución de la visión de los colores en los primates

El análisis de los pigmentos visuales en los primates revela que nuestra visión cromática siguió un curso evolutivo singular y que el cerebro es más adaptable de lo que suele creerse. *Por Gerald H. Jacobs y Jeremy Nathans*

### Colaboradores de este número

#### Asesoramiento y traducción:

Susana Martínez-Conde: *Las ventanas de la mente*; Francesc Asensi: *El rompecabezas de las ondas cerebrales. La epidemia de la miopía*; Luis Bou: *Visión prohibida del color. Un mundo a medias. Ciegos con visión*; J. M. García de la Mora: *El síndrome de Bálint: la visión desorientada*; A. Prevosti Monclús: *La percepción del arte*; Anna Ferran: *Evolución de la visión de los colores en los primates*

Portada: iStock / Vosmanius / aetb

### Mente y Cerebro

**Directora general:** Pilar Bronchal Garfella

**Directora editorial:** Laia Torres Casas

**Ediciones:** Yvonne Buchholz, Anna Ferran Cabeza,

Ernesto Lozano Tellechea, Carlo Ferri

**Producción:** M.ª Cruz Iglesias Capón, Albert Marín Garau

**Secretaría:** Purificación Mayoral Martínez

**Administración:** Victoria Andrés Laiglesia

**Suscripciones:** Concepción Orenes Delgado, Olga Blanco Romero

#### EDITA

Prensa Científica, S.A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª

08021 Barcelona (España)

Teléfono 934 143 344 Fax 934 145 413

e-mail [precisa@investigacionyciencia.es](mailto:precisa@investigacionyciencia.es)

[www.investigacionyciencia.es](http://www.investigacionyciencia.es)

### Gehirn und Geist

**Chefredakteur:** Carsten Könneker (verantwortlich)

**Artdirector:** Karsten Kramarczik

**Redaktionsleiterin:** Christiane Gelitz

**Redaktion:** Steve Ayan, Katja Gaschler, Andreas Jahn

**Freie Mitarbeit:** Liesa Klotzbücher, Rabea Rentschler, Joachim

Retzbach, Daniela Zeibig

**Schlussredaktion:** Christina Meyberg, Sigrid Spies, Katharina Werle

**Bildredaktion:** Alice Krüßmann, Anke Lingg, Gabriela Rabe

**Redaktionsassistent:** Hanna Hillert

**Geschäftsleitung:** Markus Bossle, Thomas Bleck

#### DISTRIBUCIÓN

para España:

LOGISTA, S. A.

Pol. Ind. Polvoranca - Trigo, 39, edificio B

28914 Leganés (Madrid)

Teléfono 916 657 158

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª - 08021 Barcelona

#### PUBLICIDAD

Prensa Científica S. A.

Tel. 934 143 344

[publicidad@investigacionyciencia.es](mailto:publicidad@investigacionyciencia.es)

#### SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª

08021 Barcelona (España)

Teléfono 934 143 344

Fax 934 145 413

[www.investigacionyciencia.es](http://www.investigacionyciencia.es)

Copyright © 2016 Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,

D-69126 Heidelberg

Copyright © 2016 Prensa Científica S.A.

Muntaner, 339 pral. 1.ª 08021 Barcelona (España)

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción en todo o en parte por ningún medio mecánico, fotográfico o electrónico, así como cualquier clase de copia, reproducción, registro o transmisión para uso público o privado, sin la previa autorización escrita del editor de la revista.

ISSN edición impresa: 1695-0887 ISSN edición digital: 2385-5681  
Dep. legal: B. 39.017 - 2002

Imprime Rotocayfo (Impresia Ibérica)

Ctra. de Caldes, km 3 - 08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

**PROCESAMIENTO VISUAL** La percepción visual es una actividad creativa: el cerebro utiliza la información sensorial y la experiencia previa. Nuestra percepción del mundo se perfila gracias a la interacción continua entre las etapas del sistema visual

## Mecanismos neuronales de la percepción visual

JAVIER CUDEIRO MAZAIRA

**S**i usted centra su atención en la figura de la pagina contigua, podrá observar un fenómeno genuino de creación por el cerebro. Percibirá la franja intermedia más clara en la parte izquierda que en la derecha. Sin embargo, desde el punto de vista físico, eso no es cierto: si medimos la cantidad de luz reflejada, esta será la misma en ambas zonas. Si quiere comprobarlo de una forma más fácil, tan solo necesita tapar con las manos las franjas superior e inferior de la imagen. El resultado revela que se trata de una ilusión óptica, producto de la actividad del sistema nervioso.

Este ejemplo sencillo ilustra lo que en su día avanzó el neurólogo estadounidense Vernon Mountcastle (1918-

2015): la percepción es un proceso creativo, no una réplica del mundo real. Para los humanos, como para todos los primates, la visión es un sentido de una importancia capital. Constituye la piedra angular de nuestro conocimiento y nuestra interrelación con el entorno. Asimismo, muchos procesos mentales, entre ellos la memoria, se cimientan en la información visual.

### El proceso de la visión

Imagine ahora una escena cotidiana. El contenido que cubre su campo visual se halla poblado de figuras, colores y formas en movimiento. El conocimiento sobre lo que ocurre en el exterior se basa en la actividad nerviosa que desencadena la luz que reflejan los objetos. Esa luz

### En síntesis: La visión en el cerebro

**1** La percepción visual comienza en la retina, pero no acaba allí. Las señales resultantes de la actividad retiniana alcanzan el núcleo geniculado lateral, la corteza visual y otra treintena de estructuras más.

**2** El núcleo geniculado lateral del tálamo constituye una estructura clave en el proceso visual. Funciona como un filtro dinámico capaz de controlar la información que llega a la corteza visual.

**3** El óxido nítrico forma parte de los mecanismos globales de modulación en el sistema visual: modifica la actividad neuronal. De esta manera, facilita la transmisión de la información visual desde la retina a la corteza.



TODAS LAS ILUSTRACIONES DE ESTE ARTICULO: CORTESIA DE JAVIER CUDEIRO

**La percepción visual depende del entorno. Al observar esta figura, advertimos de inmediato que la franja central es más oscura en un extremo que en el otro. Mas se trata de una ilusión óptica, pues el nivel gris es uniforme. Esta creación del cerebro se puede explicar por la forma en que nuestro sistema visual procesa el contraste, a saber, compara la figura con su entorno, aquí las bandas superior e inferior. Si las tapamos, la ilusión desaparece.**

atraviesa el ojo y alcanza la capa de células más interna, la retina. Aquí se inicia la visión, un proceso complejo, a la par que maravilloso.

Los fotorreceptores, un tipo especial de células, transforman un fenómeno físico, como es la luz, en uno eléctrico. Esta es la forma en que las células nerviosas o neuronas se comunican; pequeños cambios de voltaje (del orden de milivoltios), transmisibles de célula a célula.

Si bien la percepción visual comienza en nuestra retina, no acaba ahí. Eso sería tanto como decir que oímos con nuestras orejas o que percibimos los olores con la nariz. La actividad de las células de la retina se transfiere hacia el interior del cerebro mediante las fibras que componen los nervios ópticos y progresa por numerosas estructuras con una función relacionada con la visión hasta que, finalmente, experimentamos de manera consciente la percepción del mundo que nos rodea. Con todo, la información que obtenemos del exterior no se limita a la mera experiencia sensorial que sigue a la activación de un receptor. En el proceso se implican el conocimiento previo y los aspectos emocionales de lo que vemos.

### Vías de información

Cuando hablamos de procesamiento visual y de la información que llega al cerebro desde la retina debemos referirnos, al menos, a tres vías de información, las cua-

les trabajan en paralelo para percibir forma, color y movimiento. A lo largo del sistema visual encontramos neuronas capacitadas para señalar, de forma específica, las características de la imagen que observamos; eso nos faculta para identificar células que indican con precisión la dirección en la que se mueve un objeto, la orientación que tiene en el espacio o su color. Hace años, el neurocientífico visual británico Horace Barlow acuñó la expresión «detectores de características» para referirse a las neuronas que se pueden hallar a lo largo del sistema visual.

Las señales resultantes de la actividad retiniana (potenciales de acción) se dirigen, a través de los nervios ópticos, hacia el núcleo geniculado lateral (NGL) del tálamo; de allí pasan a la corteza visual primaria (V1), que se aloja en la parte posterior del cerebro, en el lóbulo occipital. Junto con V1, otras 32 regiones de la corteza cerebral participan en el proceso visual. De estas, 25 están predominante o exclusivamente relacionadas con la visión; las otras 7 constituyen áreas visuales de asociación, implicadas, además, en otras funciones.

### Mapas corticales

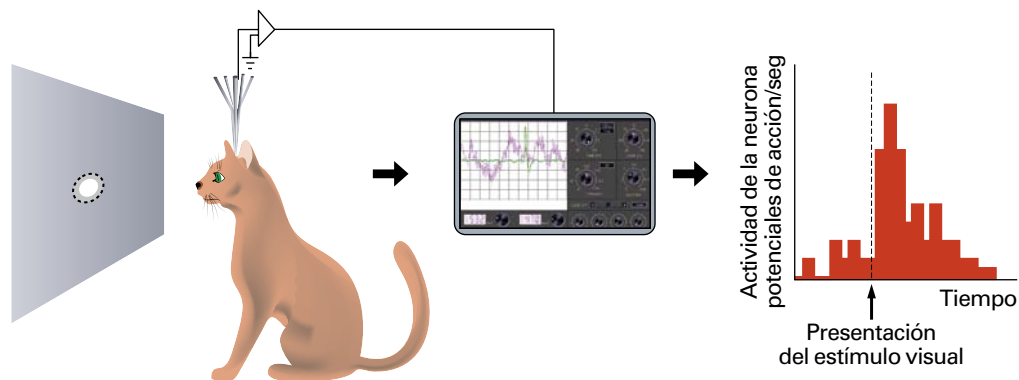
Cada región levanta un mapa de lo que vemos. Los mapas difieren entre sí en cuanto al detalle de la representación del mundo visual y a las características de las imágenes

## Estudio del sistema visual en felinos

El sujeto experimental, en este caso un gato, se sitúa enfrente de una pantalla de ordenador, donde se proyectan los estímulos visuales sobre el campo receptor (*línea de puntos*) de la célula que queremos estudiar. La actividad neuronal se

registra mediante un electrodo múltiple, que permite captar los potenciales de acción en respuesta a la presentación de los estímulos y también eyectar diferentes sustancias de interés. La actividad registrada se visualiza en un oscilos-

copio en tiempo real. Una vez recogidos los datos, se representan en forma de histogramas periéstímulos, los cuales indican los potenciales de acción a lo largo del tiempo y en relación con los estímulos presentados.



representadas. En unas áreas tendrá especial relevancia el color; en otras, la orientación de los bordes que configuran un objeto, y en otra más, la percepción de una forma compleja (un rostro, por ejemplo).

Las representaciones o mapas corticales están conectados entre sí y tejen una red intrincada. Aunque la percepción visual se origina por la actividad global de la corteza cerebral, los datos fisiológicos y neurológicos apuntan hacia cierta especialización funcional dentro de cada área.

Las señales eléctricas que se generan en la retina forman un primer mapa visual, un auténtico mosaico del mundo que observamos. Hace setenta años, el premio nóbel Keffer Hartline (1903-1983) consiguió registrar, mediante electrodos de metal muy finos, la actividad eléctrica en las células de salida de la retina de un cangrejo marino mientras proyectaba una luz sobre el ojo del animal. Con ese montaje pudo correlacionar la tasa de excitación de las neuronas, es decir, los potenciales de acción, con el contraste del estímulo luminoso.

Hartline observó, además, que los mejores estímulos eran los más simples, como son pequeños puntos de luz que se encienden y apagan. Daba la impresión de que

toda la complejidad del mundo se detectaba descompuesta en pequeños fragmentos, de forma similar a los píxeles que componen una imagen de ordenador. Cada célula ganglionar «ve» una minúscula fracción del campo visual: su campo receptor. La escena abarcada depende del número de fotorreceptores que recogen la luz de esa parte del espacio y muestrean la luz reflejada de esa determinada zona. Experimentos similares llevados a cabo posteriormente en otras especies confirmaron los hallazgos y demostraron que la retina constituía un sistema perfecto para detectar cambios de contraste en la imagen.

### El papel del núcleo geniculado lateral

Una vez que abandonan la retina, los nervios ópticos de ambos ojos se dirigen hacia el centro del cerebro, hasta alcanzar el núcleo geniculado lateral. Esta estructura talámica resulta de suma importancia, sobre todo en los mamíferos: toda la información que viene del exterior pasa por ella antes de alcanzar la corteza cerebral.

El hecho de que el tálamo se interponga en el camino de los axones retinianos podría inducirnos a pensar que se comporta como una estación de relevo o centro repe-



#### EL AUTOR

Javier Cudeiro Mazaira es doctor en medicina y catedrático de fisiología humana. Coordina el Grupo de Neurociencia y Control Motor (NEUROcom) de la Universidad de La Coruña y dirige el Centro de Estimulación Cerebral de Galicia.