

Neurobiología

El miedo en el cerebro humano

La sensación de temor depende de una compleja red cerebral, no solo de la amígdala, como se pensaba hasta ahora

Aina Ávila Parcet y Miquel Àngel Fullana Rivas

Los científicos solemos llamar «miedo» a un sistema de alarma que nuestro cerebro activa cuando detecta una posible amenaza. Se trata de una respuesta útil y adaptativa que conlleva cambios en la fisiología, los pensamientos y el comportamiento. Pero ¿dónde se origina el miedo?

En los últimos años, el estudio de las bases neurobiológicas del miedo se ha centrado en una región cerebral concreta: la amígdala, una pequeña estructura alojada en el seno del sistema límbico (nuestro «cerebro emocional»). Esta área desempeña un papel clave en la búsqueda y detección de señales de peligro. Se podría decir que trabaja de forma análoga a un detector de humo: permanece inactiva hasta que el más mínimo estímulo amenazante la pone en marcha. Si no tuviéramos amígdala, probablemente no sentiríamos miedo, como les sucede a las personas que sufren la enfermedad de Urbach-Wiethe, una patología genética poco frecuente que produce una calcificación lenta de la amígdala.

Sin embargo, estudios recientes con humanos han demostrado que el miedo va más allá de la amígdala, puesto que existen otras estructuras cerebrales relevantes que contribuyen a dicha emoción. Con el fin de confirmar las sospechas, investigamos, a partir de un metanálisis, los hallazgos existentes hasta ahora sobre los mecanismos neurales que intervienen en nuestro aprendizaje del miedo. Sorprendentemente, la amígdala no apareció como una de las áreas más implicadas.

Condicionamiento del miedo

Los 27 estudios que analizamos se basaban en datos obtenidos a partir de la resonancia magnética funcional (RMf) de, en total, 677 personas. Como método experimental utilizaban el condicionamiento del miedo, un aprendizaje de tipo pavloviano. Este aprendizaje asociativo se produce tras emparejar de manera repetida un estímulo neutro (la imagen de un círculo) con uno aversivo (un sonido fuerte). De esta manera, el estímulo neutro, que en un inicio no evoca ninguna reacción en el individuo, se convierte en estímulo condicionado (EC) y provoca una respuesta condicionada después de empa-

rejarlo con el estímulo incondicionado (EI) aversivo (el sonido fuerte). En pocas palabras, después de unos cuantos ensayos puede observarse que el sujeto ha aprendido una respuesta de miedo.

El metanálisis nos ha permitido describir los mecanismos cerebrales que se activan ante los EC aversivos (EC+) en comparación con aquellos que se activan ante los EC de seguridad (EC-, es decir, la misma imagen del círculo sin que vaya seguida del EI).

Varias áreas cerebrales involucradas

Según publicamos a mediados de 2015 en la revista *Molecular Psychiatry*, diversas áreas cerebrales se encuentran implicadas en la sensación de miedo, a saber, la ínsula bilateral, la corteza cingulada anterior dorsal y la corteza prefrontal dorsolateral. Veamos cómo y por qué.

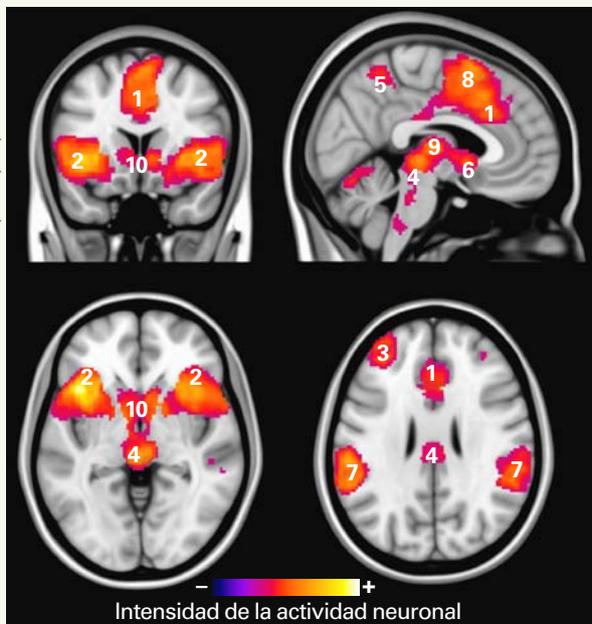
La ínsula se encuentra en la superficie lateral de ambos lados del cerebro, por detrás de la cisura de Silvio. Integra información cognitiva, sensaciones fisiológicas y predicciones de lo que pasará. También procesa la información de los sentidos y las emociones que provienen de la amígdala, de manera que nos permite afrontar las situaciones importantes o amenazadoras. Asimismo, participa en la conversión de un estímulo neutro a uno condicionado (que genera miedo), de modo que predice y anticipa las posibles consecuencias negativas del mismo.

Por su parte, la corteza cingulada anterior dorsal ejerce un papel relevante en el aprendizaje del miedo y en la conducta de evitación, así como en la experiencia subjetiva de ansiedad. Se le atribuye una función de «mediador racional» en situaciones de conflicto cognitivo, ya que determina la importancia que tiene el estímulo

LOS AUTORES

Aina Ávila Parcet pertenece al departamento de psiquiatría del Hospital de San Pablo, en Barcelona.

Miquel Àngel Fullana Rivas trabaja en el Hospital del Mar de Barcelona e imparte clases en el departamento de psiquiatría de la Universidad Autónoma de Barcelona.



Las imágenes muestran las áreas cerebrales que se activan durante el aprendizaje del miedo (miedo condicionado): corteza cingulada anterior dorsal (1), ínsula anterior (2), corteza prefrontal dorsolateral (3), región dorsal del tronco craneoencefálico (4), precúneo dorsal (5), hipotálamo (6), corteza somatosensorial (7), corteza suplementaria motora (8), tálamo (9) y estriado ventral (10).

que se presenta y hace que dirijamos la atención a este. Cuanto más se activa esa área, mayor es la atención que dedicamos hacia el estímulo; también aumenta nuestra respuesta de miedo.

La corteza prefrontal dorsolateral participa en la regulación emocional del miedo como vía de salida (*output*) de las respuestas fisiológicas procesadas inicialmente (*input*) en la ínsula.

Otro hallazgo destacable de nuestro metanálisis radica en que al comparar el efecto del EC- (seguridad) respecto al EC+ (miedo) se observa una reducción en la actividad de la corteza prefrontal ventromedial. Ello sugiere que dicha área se encuentra relacionada con la regulación emocional del estímulo, de manera que permite distinguir los estímulos amenazantes de los seguros. De alguna forma, posibilita el aprendizaje de una interpretación positiva ante un estímulo negativo al suprimir la respuesta condicionada de miedo.

Del cerebro al cuerpo y a la conducta

Imagínese que se encuentra paseando por la calle y, de repente, alguien se dirige hacia usted de forma amenazadora, con clara intención de atacarle. Antes incluso de que sea consciente de ello, su cerebro activa una compleja red de «mensajería» con el fin de evitar la ame-

naza. Su cuerpo adopta las medidas necesarias para protegerle del atraco: empieza a sudar, su corazón se acelera y sus piernas intentan correr en dirección contraria. Esta respuesta de miedo le podría salvar la vida (o, en este caso, la cartera); pero también puede convertirse en problemática si a partir de aquel día deja de salir a pasear incluso sabiendo que no existe ningún peligro.

Volvamos a nuestro estudio. Hemos visto que el encuentro con el atracador supone la activación de una serie de áreas cerebrales que permiten elaborar una respuesta. La ínsula sería la encargada de recibir la alerta de la amígdala y rápidamente activar las respuestas fisiológicas pertinentes como la sudoración o aumento de la frecuencia cardíaca en función del miedo que genere la situación con el maleante. Por su lado, la corteza cingulada anterior dorsal nos ayudaría a centrarnos en el peligro. La corteza prefrontal dorsolateral sería la responsable de ofrecer soluciones cognitivas para la situación (salir corriendo, pedir ayuda, etcétera).

Pero si este circuito no «funciona» correctamente, el miedo se convierte en un problema: la ínsula integra información visual, fisiológica y cognitiva sobre un estímulo que no debería generar temor; la corteza cingulada favorece que la atención se centre en estímulos inocuos, y la corteza prefrontal dorsolateral pone su esfuerzo en huir o evitar un estímulo no amenazante. Es lo que sucede cuando se desencadenan respuestas de huida frente a estímulos no amenazantes, o se anticipa un hipotético peligro (por ejemplo, mientras pasea por otra calle una noche cualquiera). Cuando esta generalización se produce, el miedo se convierte en patológico.

En resumen, nuestro estudio revela que, al contrario de lo que se pensaba hasta ahora, la amígdala no constituye la sede cerebral del miedo en los humanos, como sí puede darse en otros animales. No obstante, se requiere más investigación para confirmarlo. Saber qué áreas del cerebro nos llevan a «aprender» el miedo supone un paso esencial para que podamos «borrar» el aprendizaje patológico del mismo. Las personas con trastornos del miedo, millones en todo el mundo, lo agradecerán. ★

PARA SABER MÁS

Coming to terms with fear. K. E. LeDoux en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 111, n.º 8, págs. 2871-2878, 2014.

Neuronal signatures of human fear conditioning: an updated and extended meta-analysis of fMRI studies. M. A. Fullana et al. en *Molecular Psychiatry*, en línea 10.1038/mp.2015.88, 2015.

EN NUESTRO ARCHIVO

Neurobiología del miedo. Rüdiger Vaas en *MyC* n.º 1, 2002.

El miedo en el cerebro. Carmen Agustín Pavón en *MyC* n.º 58, 2013.

El estudio del miedo. Dominik R. Bach en *MyC* n.º 75, 2015.

Suscríbete a Mente & Cerebro



Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** de hasta un **21%** sobre el precio de portada 35 € por un año (6 números), 65 € por dos años (12 números)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción (artículos en pdf)

... y recibe
GRATIS
un número
de la colección
CUADERNOS



www.investigacionyciencia.es/suscripciones

Teléfono: +34 934 143 344