

Neurociencia •

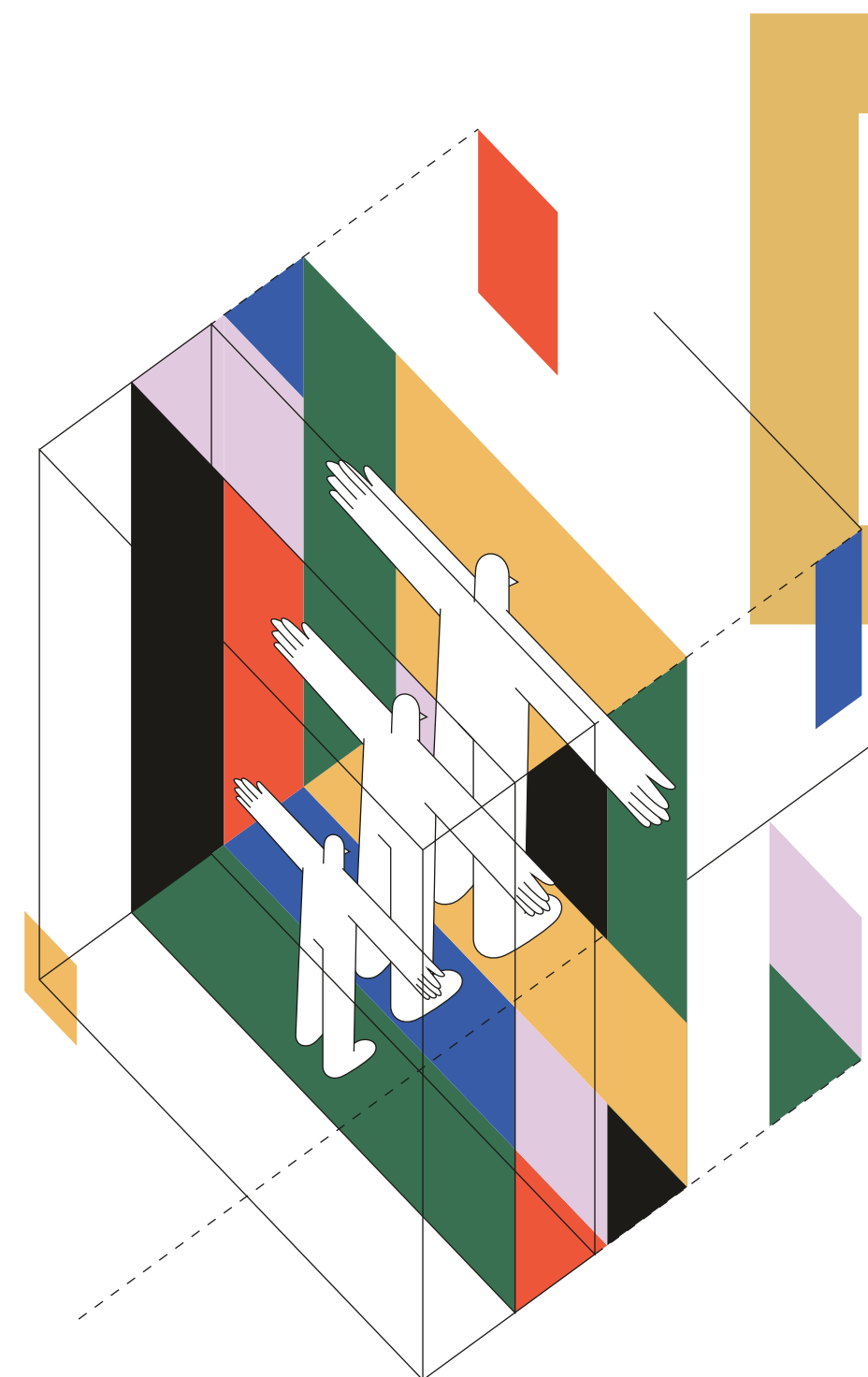
del cerebro adolescente

La transformación física que ocurre cuando dejamos de ser niños va acompañada de importantes cambios en la forma de ser. La intensidad emocional, la impulsividad y la búsqueda de identidad son el resultado natural de un proceso de desarrollo cerebral.

TEXTO: NOELIA VALLE BENÍTEZ
ILUSTRACIÓN: ANDREA DEVIA NUÑO

LA PUBERTAD
ES UNA ETAPA
DE CAMBIOS INTENSOS
Y TRASCENDENTES

Palabras clave:
plasticidad neuronal,
corteza cerebral,
conectividad,
hipocampo,
capacidades sociocognitivas.



Durante la pubertad nos cambia el olor corporal, sufrimos acné, nos crece el vello púbico y nos cambia la forma del cuerpo. Las niñas tienen que aprender a convivir con la menstruación, mientras los chicos controlan su nueva voz. Todos tenemos claro que esos cambios son inducidos por hormonas que estaban silenciadas durante la niñez, pero ¿qué despierta a esas hormonas y nos arranca de la apacible infancia? La respuesta es el encéfalo. En concreto, el hipotálamo, un pequeño órgano que forma parte de nuestro sistema central más primitivo.

Esta etapa de transición física está acompañada de importantes cambios emocionales y cognitivos, como la búsqueda de identidad, autonomía y aceptación social o el desarrollo del pensamiento crítico. A estas transformaciones, provocadas por el desarrollo estructural y funcional del cerebro, es a lo que llamamos “adolescencia”.

Después de la infancia, es el periodo de mayor plasticidad neuronal. Conocer la forma en la que el cerebro se transforma durante la adolescencia y los factores externos que afectan a estos cambios nos permite entender mejor esa etapa de la vida y diseñar mejores modelos de educación y acompañamiento.

Durante la pubertad, las hormonas ejercen efectos organizativos sobre los circuitos neuronales como, por ejemplo, los implicados en las conductas reproductivas¹. Esto lo sabemos gracias a experimentos realizados en animales; en humanos, la imposibilidad de realizar experimentos impide establecer relaciones causales. Sin embargo, gracias a las técnicas de neuroimagen y los estudios longitudinales (observación de los mismos sujetos a lo largo del tiempo), se han recopilado

datos correlacionales que respaldan que el cerebro humano también se transforma durante esta etapa.

La transformación del cerebro durante la adolescencia afecta a la materia gris, a la materia blanca y a las regiones profundas (subcorticales) del cerebro.

La materia gris, localizada en la corteza y algunas regiones internas del cerebro, contiene las conexiones entre neuronas y es la encargada del procesamiento de la información, el control muscular y las funciones cognitivas. Durante la pubertad, su área superficial aumenta, mientras que su grosor y volumen se reducen. Esto no es sorprendente, dado que el grosor y la superficie reflejan procesos celulares distintos². La pérdida de volumen, lejos de ser un efecto negativo, se debe a la eliminación de las conexiones menos utilizadas para optimizar la eficiencia cognitiva, algo que llamamos “poda sináptica”.

Cambios del cerebro

La materia blanca, formada por los axones mielinizados (prolongaciones a través de las cuales se comunican las neuronas), se encarga de conectar las diferentes regiones del cerebro y la médula espinal. Su volumen y densidad aumenta durante la pubertad, especialmente en los lóbulos frontal (responsable de las funciones ejecutivas, el comportamiento social o el movimiento voluntario, entre otras) y temporal (implicado, por ejemplo, en el pensamiento auditivo, el lenguaje o la memoria), así como en los tractos que conectan estas regiones³.

Respecto a las regiones subcorticales, destacan los cambios ocurridos en el hipocampo y la amígdala, donde precisamente hay mayor cantidad de receptores para responder a las hormonas sexuales⁴. En estas dos regiones, que son esenciales en el procesamiento emocional, la memoria y el aprendizaje, se observan diferencias de maduración según el sexo pero, en cualquier caso, dicha maduración se completa mucho antes que la de la corteza. Por este motivo, los adolescentes a menudo experimentan emociones intensas y reaccionan de forma impulsiva, pues su sistema emocional está más desarrollado que la corteza prefrontal, responsable de moderar las respuestas a esas emociones.

En resumen, este radical “recableado” de nuestro cerebro supone la disminución de la materia gris cortical y el aumento de materia blanca de las partes evolutivamente más nuevas del cerebro, especialmente la corteza prefrontal y parietal, que están asociadas a las funciones ejecutivas superiores y la cognición social⁵. ¿Qué influencias tienen esos cambios físicos en el comportamiento del adolescente? ¿O son las experiencias y el comportamiento lo que transforman el cerebro?

Durante la adolescencia, el pensamiento evoluciona hacia un procesamiento sociocognitivo más sofisticado que permite una mejor comprensión de las interacciones sociales y emocionales. Los aspectos de este comportamiento psicosocial pueden dividirse en aspectos afectivos o emocionales y en capacidades cognitivas.

Los aspectos emocionales incluyen una mayor intensidad emocional y una mayor sensibilidad, impulsividad o conflicto con la autoridad. Dos ejemplos de actividad cerebral ►►

Aunque la estructura cerebral es altamente hereditaria, los factores ambientales pueden afectar al ritmo de maduración del cerebro

relacionada con las emociones son la mayor activación en adolescentes de los circuitos neuronales de la recompensa (generación del placer) en comparación con los adultos, o una mayor activación de la amígdala (generación de miedo o ira) ante factores emocionales adversos⁶.

Entre las capacidades cognitivas desarrolladas durante la adolescencia se encuentran: la mentalización o capacidad para reconocer e interpretar los sentimientos e intenciones de los demás, el surgimiento de la autoconciencia, la autoevaluación, la autocrítica, la evaluación de riesgos, la toma de decisiones, la flexibilidad cognitiva o la inhibición de los impulsos. Todas estas capacidades sociocognitivas se correlacionan con el aumento de actividad en el llamado “cerebro social”.

Factores externos

De los párrafos anteriores se deduce que las neuronas de la corteza y las áreas subcorticales son altamente plásticas, lo que significa que los cambios en los patrones de actividad neuronal modifican la función y la estructura sináptica. Es decir, factores capaces de alterar la actividad cerebral, aumentándola o disminuyéndola, podrían influir sobre la función y maduración futura de dichas áreas. Y es que, aunque la estructura cerebral es altamente hereditaria⁷, hay múltiples evidencias sobre cómo los factores ambientales pueden afectar al ritmo de maduración del cerebro y, con ello, a su efectividad.

Cuestiones tan aparentemente triviales como las características del vecindario, incluidas la contaminación ambiental y acústica o los espacios verdes, el estatus socioeconómico,

La cantidad de “me gusta” obtenidos se correlaciona con una mayor actividad del sistema neuronal de la recompensa

la calidad del cuidado en la infancia, la calidad de las amistades cercanas o la discriminación racial y étnica, influyen en el desarrollo cerebral y, en muchos casos, en la salud mental⁸.

En general, un contexto negativo duradero resulta en un desarrollo cerebral acelerado y una plasticidad reducida, lo que genera unas redes neuronales menos eficientes⁹. Al contrario, un contexto favorable como, por ejemplo, la crianza positiva materna durante la propia adolescencia se asocia con un crecimiento atenuado en el volumen de la amígdala y un adelgazamiento de la corteza acelerado (mayor maduración) en áreas de la red cerebral social¹⁰. Es decir, unas circunstancias vitales favorecedoras podrían acompasar los ritmos de maduración de las áreas corticales (decisiones) y subcorticales (emoción), acelerando el adelgazamiento de la corteza y ralentizando el crecimiento de la amígdala. Recordemos que esta diferencia temporal entre el desarrollo de las áreas emocionales y las áreas de las funciones ejecutivas es la res-

ponsable de gran parte de la conducta adolescente “impulsiva e intensa”.

Centrémonos ahora en la relación entre el apego o calidad de los cuidados y el desarrollo del hipocampo y la amígdala (emoción, aprendizaje y memoria) como ejemplo de factores externos que moldean el cerebro del adolescente.

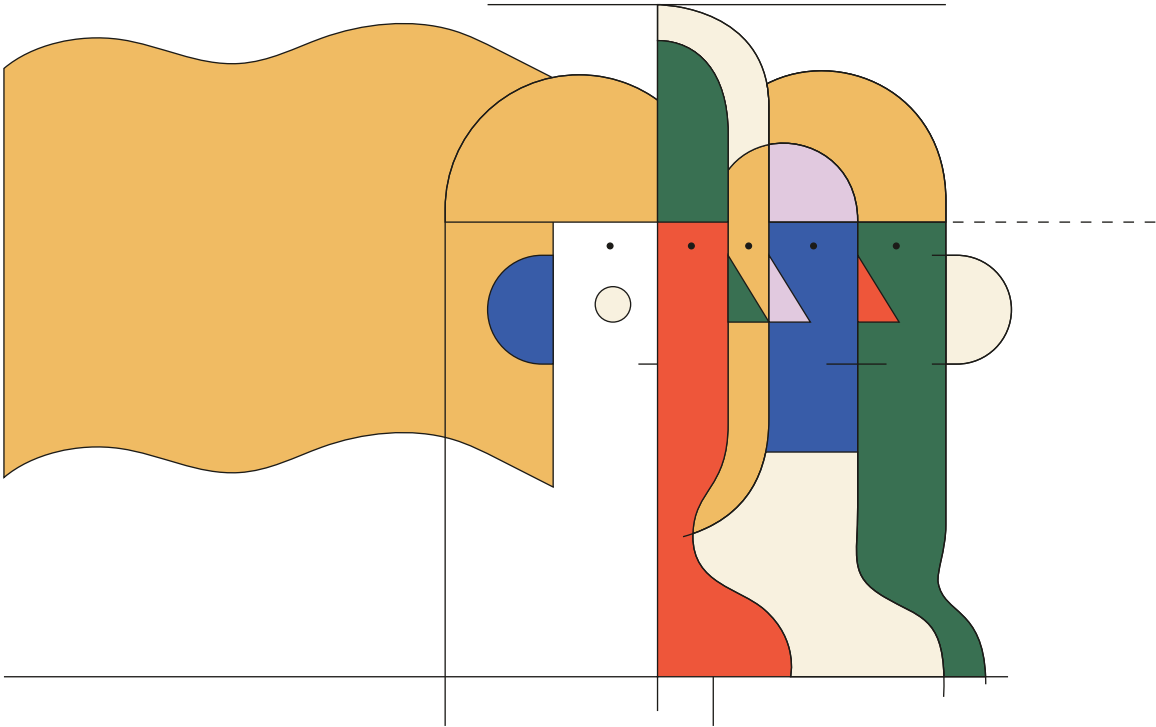
Un estudio longitudinal demostró la disminución en el tamaño de la amígdala y el hipocampo de 93 adolescentes criados en instituciones en comparación con aquellos criados por sus familias¹¹. La reducción en el crecimiento hipocampal podría deberse al mayor nivel de cortisol (hormona liberada en situaciones de estrés) detectado en estos jóvenes, dado que el hipocampo cuenta con una elevada cantidad de receptores para esta hormona.

Sin embargo, en otro estudio con 551 niños de 10 años se observaron mayores volúmenes del hipocampo en aquellos que habían exhibido (a los 14,6 meses de edad) un apego infantil desorganizado (el niño muestra tanto seguridad como miedo ante su cuidador)¹². Este crecimiento acelerado del hipotálamo durante la adolescencia se ha observado en otros estudios y podría tener una explicación evolutiva si se entiende como una estrategia biológica para aumentar la supervivencia y la reproducción en condiciones desfavorables.

Pero entonces, ¿las condiciones de crianza negativas reducen o aumentan el hipocampo? La respuesta parece ser “depende”. Las discrepancias en los estudios pueden estar relacionadas con el tipo de adversidad analizada, el momento y contexto en el que ocurre (institución o familia, como vemos en los ejemplos) o el sexo, lo que hace necesario seguir investigando en estas relaciones. ►►



Para acompañar mejor a los adolescentes es fundamental entender qué está ocurriendo en su cerebro



Otro vínculo social especialmente relevante en la adolescencia es el de la amistad. Curiosamente, la calidad de las amistades tiene una correlación directa con el grosor de la corteza cerebral al principio de la pubertad (es decir, una mayor superficie y grosor mejora la calidad de las amistades). Hacia el final de la adolescencia, esta correlación es inversa: cuanto menor es el grosor cortical (indicador de maduración y especialización neuronal), mejores son nuestras relaciones amistosas, porque somos más eficientes en la toma de decisiones y el control de impulsos¹³. En definitiva, la calidad de las amistades va asociado a la maduración natural del cerebro. Que el uso intensivo de medios digitales tiene efectos sobre el cerebro

está en boca de todos, pero ¿cuánto hay de cierto en ello? ¿Son efectos positivos o negativos? Desde que en las décadas de 1950 y 1960 Wilder Penfield mapeó la corteza somatosensitiva (el área que recibe la información táctil) y David Hubel y Torsten Wiesel descubrieron la organización de la corteza visual, no ha dejado de demostrarse que el cerebro se reorganiza y cambia con la experiencia y el aprendizaje. El uso de la tecnología no puede ser una excepción. Así, se ha visto que el uso de pantallas táctiles produce una reorganización de la corteza somatosensitiva¹⁴, mientras que los videojuegos tienen un efecto sobre la organización de la corteza visual. Estos no son cambios positivos o negativos, sino simple-

mente adaptaciones cerebrales asociadas a una experiencia. Por ejemplo, cuando a una persona que jugó intensamente a Pokémon durante su infancia se le muestra una de estas figuras, se le activa la región cortical cercana al área de reconocimiento facial¹⁵. Esto quiere decir que el uso prolongado del juego ha organizado su corteza visual de forma que reconocen esas figuras como seres cercanos y conocidos. Para otros adultos es probable que esta región se active con los Playmobil o los Pin y Pon. Independientemente de si es digital o no, es la experiencia lo que moldea nuestro cerebro. Pero uno de los mayores focos de interés en la actualidad es la relación entre el uso de las redes sociales y el desarrollo cerebral. Respecto a esto

Autora



NOELIA VALLE BENÍTEZ
Bióloga, doctora en ciencias y máster en Innovación Educativa. Docente universitaria desde hace 17 años, es la creadora del canal *La Pizarra de Noe*, con más de 73.000 suscriptores y dos premios a la divulgación científica, desde donde enseña fisiología y biología.

English

Puberty is a time of intense and transcendental changes
NEUROSCIENCE OF THE ADOLESCENT BRAIN
The physical transformation that occurs when we stop being children is accompanied by important changes in the way of being. Emotional intensity, impulsivity and the search for identity are the natural result of a process of brain development.
Keywords: neuronal plasticity, cerebral cortex, connectivity, hippocampus, sociocognitive abilities.

Bibliografía

Becht, A. I., Wierenga, L. M., Mills, K. L., Meuwese, R., van Duijvenvoorde, A., Blakemore, S.-J., Güroğlu, B., & Crone, E. A. "Beyond the average brain: individual differences in social brain development are associated with friendship quality" en *Social Cognitive and Affective Neuroscience* (2020), 16(3), pp. 292-301. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa166>

Choudhury, S. "Culturing the adolescent brain: what can neuroscience learn from anthropology?" en *Social Cognitive and Affective Neuroscience* (2010), 5(2-3), pp. 159-167. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/scan/nsp030>

Cortes Hidalgo, A. P., Muetzel, R., Luijk, M. P. C. M., Bakermans-Kranenburg, M. J., El Marroun, H., Vernooij, M. W., van IJzendoorn, M. H., White, T., & Tiemeier, H. "Observed infant-parent attachment and brain morphology in middle childhood. A population-based study" en *Developmental Cognitive Neuroscience* (2019), 40, 100724. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100724>

Ferschmann, L., Bos, M. G. N., Herting, M. M., Mills, K. L., & Tamnes, C. K. "Contextualizing adolescent structural brain development: Environmental determinants and mental health outcomes" en *Current Opinion in Psychology* (2022), 44, pp. 170-176. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.09.014>

Giedd J. N. "Adolescent brain and the natural allure of digital media" en *Dialogues in Clinical Neuroscience* (2020), 22(2), pp. 127-133. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.31887/DCNS.2020.22.2/jgiedd#d1e110>

Gindrat, A.D., Chytiris, M., Balerna, M., Eric M. Rouiller, & Ghosh, A. "Use-Dependent Cortical Processing from Fingertips in Touchscreen Phone Users" en *Current Biology* (2015), 25(1), pp. 109-116. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.026>

He, Q., Turel, O., & Bechara, A. "Brain anatomy alterations associated with Social Networking Site (SNS) addiction" en *Scientific Reports* (2017), 7, 45064. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/srep45064>

Kanai, R., Bahrami, B., Roylance, R., & Rees, G. "Online social network size is reflected in human brain structure" en *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (2011), 279(1732), pp. 1327-1334. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1959>

Korte M. "The impact of the digital revolution on human brain and behavior: where do we stand?" en *Dialogues in Clinical Neuroscience* (2020), 22(2), pp. 101-111. Disponible en: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte>

Schulz K. M., Molenda-Figueira H. A., Sisk C. L. "Back to the future: The organizational-activational hypothesis adapted to puberty and adolescence" en *Hormones and Behavior* (2009), 55(5), 597-604. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0018506X0900066X?via%3Dihub>

Notas

- Schulz *et al.*, 2009.
- Vijayakumar, 2019.
- Vijayakumar, N. *et al.*, 2018.
- Idem.*
- Choudhury, S., 2009.
- Vijayakumar, N. *et al.*, 2018.
- Strike, L. T. *et al.*, 2019.
- Ferschmann L. *et al.*, 2022.
- Tooley U. A. *et al.*, 2021.
- Whittle, S. *et al.*, 2014.
- Van Tieghem, M. *et al.*, 2021.
- Cortés Hidalgo, A. P. *et al.*, 2019.
- Becht A.-I. *et al.*, 2020.
- Gindrat A.-D. *et al.*, 2015.
- Korte M., 2022.
- Kanai R., 2012.
- Giedd, J. N., 2022.
- He Q., 2017.
- Korte M., 2022.

ya se sabe, por ejemplo, que el tamaño de la red de amigos virtuales influye en la densidad de la materia gris de la amígdala y de otras áreas del cerebro involucradas en las interacciones sociales. Esta relación también se asocia con la cantidad de amigos en el mundo real¹⁶. De momento se ignora si es el tamaño de la red de amigos lo que amplía la superficie cerebral, o si se tienen más amigos por tener más grande esa área del cerebro. Por otro lado, la cantidad de “me gusta” obtenidos en estas redes se correlaciona con una mayor actividad del sistema neuronal de la recompensa, y la exposición de información personal (algo relacionado con la aceptación social) tiene efectos similares en el cerebro a ingerir alimentos

muy ricos¹⁷. En relación con esto, se ha observado una correlación entre el uso abusivo de las redes sociales y la alteración de la materia gris de las áreas involucradas con las conductas adictivas¹⁸. Dicha correlación únicamente corrobora la fina línea que separa la gratificación y la adicción, algo que no solo ocurre en relación con la tecnología. Por último, uno de los aspectos más destacados de los medios digitales es que facilitan una tendencia hacia la multitarea. Ya en 1949, Donald O. Hebb sugirió que los cambios en la actividad neuronal debido al uso, el entrenamiento, el hábito o el aprendizaje se almacenan en conjuntos de neuronas, dando lugar al aprendizaje y la memoria. Es decir, que las neuronas

que se activan juntas establecen redes de memoria. Sin embargo, la activación de varios conjuntos de neuronas en periodos de tiempo cercano puede conducir a un fortalecimiento de las poblaciones de forma arbitraria, y no necesariamente de las más importantes. Esto podría explicar la reducción en la capacidad de la memoria de trabajo (que guarda de forma temporal y selecciona la información relevante) y la disminución del rendimiento de las tareas cognitivas¹⁹.