

Bases Neuronales de la Regulación Emocional en adolescentes. Revisión narrativa

Neural Basis of Emotional Regulation in Adolescents. Narrative review

Luis V. Rueda Leon^a, Gabriela Orozco Calderón^b, Andrómeda I. Valencia-Ortiz^c, Monserrat Rodríguez Servín^d

Abstract:

The objective of this manuscript was to carry out a narrative review of the neural bases of the adolescent emotional brain and its implications for behavior, as well as the disciplines that frame this relationship between emotion and behavior. The procedure searched databases such as PUBMED, ScienceDirect, SciELO, Redalyc, and Google Scholar. Word combinations with Booleans (AND and OR) were used in English and Spanish; the terms used were Neurodevelopment, Adolescents, Executive Functions, and Emotional Regulation. The literature shows that the adolescent emotional brain is guided by the development of subcortical areas over cortical areas in the early stages of adolescence, a situation that changes by the end of it. This change is manifested with modifications at functional and structural levels, which lead to the modulation of reactivity and impulsiveness characteristic of the adolescent stage to a largely controlled process of the emotional and behavioral area.

Keywords:

Brain maturation, puberty, emotional processes, adolescence, neurobiology

Resumen:

El objetivo del presente manuscrito fue realizar una revisión narrativa sobre las bases neuronales del cerebro emocional adolescente y sus implicaciones en la conducta, así como las disciplinas que enmarcan esta relación entre emoción y comportamiento. El procedimiento consistió en la búsqueda en bases de datos como: PUBMED, ScienceDirect, SciELO, Redalyc y Google Académico. Se utilizaron combinaciones de palabras con booleanos (AND y OR) en inglés y español; los términos utilizados fueron: *Neurodesarrollo, Adolescentes, Funciones Ejecutivas y Regulación Emocional*. La literatura muestra que el cerebro emocional adolescente está guiado por el desarrollo de áreas subcorticales sobre zonas corticales en las primeras etapas de la adolescencia, situación que cambia para el final de esta. Este cambio se manifiesta con modificaciones a niveles funcionales y estructurales los cuales conllevan a la modulación de la reactividad e impulsividad característica de la etapa adolescente, a un proceso mayormente controlado del área emocional y conductual.

Palabras Clave:

Maduración cerebral, pubertad, procesos emocionales, adolescencia, neurobiología

Introducción

^a Servicios Psicológicos Integrales de México | | Ciudad de México-México | México, <https://orcid.org/0000-0002-4750-5423>, Email: vicruedaleo95@gmail.com

^b Universidad Nacional Autónoma de México | | Ciudad de México-México | México, <https://orcid.org/0000-0002-4978-1667>, Email: gabrielaorocal@gmail.com

^c Autor de Correspondencia, Asociación Nacional de Profesionales en Ciencias Cognitivas y del Comportamiento | | Ciudad de México-México | México, <https://orcid.org/0000-0001-9664-1993>, Email: andromeda.valencia.23@gmail.com

^d Centro de Atención y Evaluación Psicológica "Dr. Benjamín Domínguez" | | Texcoco-México | México, <https://orcid.org/0000-0002-2081-5499>, Email: terapeutacaepsi.monserrats@gmail.com

La adolescencia es definida por la Organización Mundial de la Salud¹ como el periodo de crecimiento y desarrollo humano que se da entre la niñez y la edad adulta (10-19 años), el cual, se caracteriza por cambios biopsicosociales. Se han propuesto tres subetapas en este periodo: *adolescencia temprana* (10-14 años), *adolescencia media* (14-17 años) y *adolescencia tardía* (18 años en adelante). Sin embargo, se ha reportado que los resultados esperados para la fase final de la adolescencia llegan a partir de 24 en adelante, reconociendo una maduración más tardía².

Desarrollo adolescente

A nivel biológico, se presentan cambios en el eje *hipotálamo-hipófiso-gonadal*, influyendo en la liberación de hormonas como la testosterona, estrógeno y somatotropina, favoreciendo el desarrollo de órganos internos, huesos y maduración sexual. De igual manera, hay cambios en el volumen de estructuras subcorticales y corticales del cerebro³.

Respecto al nivel psicosocial, se identifican cambios que son vulnerables a condiciones desfavorables del entorno, posibilitando el desarrollo de malestares emocionales, psicológicos o conductuales⁴, como lo son: alta susceptibilidad a la crítica, constante preocupación por la imagen personal y diferencia con los pares; de igual manera, idealización de las relaciones personales, logros vocacionales e interés por la pertenencia a un grupo y se espera que al final de este periodo se consolide la personalidad².

Finalmente, a nivel cognitivo, hay una transición de pensamiento concreto a uno formal, abandonando la percepción de realidad inmediata, directa y manifiesta, a aprehender una realidad abstracta, con el desarrollo de habilidades cognitivas como el razonamiento hipotético-deductivo, la construcción de esquemas teóricos, actitud analítica, crítica al ambiente y a su propio pensamiento; a través de la maduración en los lóbulos frontales². Esta maduración cerebral se da a través de cambios neuronales en áreas específicas del cerebro, las cuales presentan cambios funcionales y anatómicos antes que otras; por ejemplo, la Corteza Prefrontal (CPF) termina su proceso de mielinización hasta llegado los 30 años, con el logro de adquisición de habilidades cognitivas y establecimiento de las Funciones Ejecutivas (FE)⁵.

Cerebro y desarrollo emocional

Desarrollo Subcortical

El desarrollo del cerebro ocurre jerárquicamente; inicialmente, áreas corticales de orden inferior, asociadas a procesos básicos como los sensoriales y motores

(como la amígdala, tálamo, núcleo caudado, putamen, núcleo accumbens e hipocampo). Este desarrollo tiene implicaciones estructurales y funcionales; por ejemplo se ha reconocido que el aumento de la densidad durante este periodo se asocia con una mayor actividad sobre el área límbica lo cual evoca una mayor cantidad reacciones emocionales reactivas antes que respuestas controladas⁶.

Los cambios en el comportamiento humano implican la interconexión de varias estructuras, sin embargo algunas tienen una mayor relación con cierto aspectos que otras. Por ejemplo, la *amígdala* es una estructura subcortical que se ha relacionado con el procesamiento de emociones como el miedo, el desagrado y la ansiedad⁷. El *tálamo* se implica en funciones como la integración de datos sensoriales, el ciclo de sueño-vigilia, la atención y la consciencia, y la regulación de las emociones; se puede inferir que este favorece la integración de la información que desencadena un proceso emocional o la percepción del proceso emocional en sí mismo^{8, 9}. El *cuerpo estriado* está conformado por diversas áreas (núcleo caudado, putamen, núcleo accumbens y ganglios basales) las cuales están implicadas en la regulación emocional y conductual de los adolescentes. El *núcleo caudado*, permite la regulación de la conducta y está involucrada en funciones como el control de movimiento, memoria y aprendizaje, sensación de alarma y motivación¹⁰. El *putamen*, está relacionado con la regulación del movimiento, así como con distintos tipos de aprendizaje, como el operante, aprendizaje implícito y por categorías. De igual manera, se le ha asociado con emociones como el asco, desprecio y odio¹¹. El *núcleo accumbens*, tiene influencia en la integración de aspectos cognitivos, motivacionales y motores para la búsqueda de recompensa o placer, asociado a mecanismos necesarios para la acción¹².

Por otro lado, se ha reconocido que la disminución y/o alteración en la activación de áreas frontales y la activación del cuerpo estriado, puede traer consigo una mayor toma de riesgos, asociado al aumento en la sensibilidad o motivación por la recompensa^{13, 14} y disminución en la capacidad inhibitoria¹⁵ y la flexibilidad cognitiva¹⁶. El *hipocampo*, se relaciona principalmente con procesos de memoria, aprendizaje, navegación espacial, así como, producción y regulación de estados emocionales, esto permite la integración y recuperación de recuerdos con valores emocionales que pueden ser positivos o negativos, favoreciendo así, el aprendizaje de experiencias que pueden ser agradables o no¹⁷.

Este desarrollo temprano, caracterizado por cambios en estructuras subcorticales asociadas con el sistema límbico sienta las bases para expresiones emocionales

más reactivas antes que respuestas controladas^{18, 19, 20}. Sin embargo, los cambios se dirigen a que esta dinámica sea inversa, es decir que el comportamiento sea mayormente controlado y consciente. Esto se observa cuando se alcanza la madurez, ya que a mayor edad existe un incremento de conexiones entre estructuras límbicas y frontales. Lo anterior se observa en cambios como la disminución de la activación en la corteza ventromedial, la amígdala bilateral, la corteza temporal y el cerebelo ante los estímulos del ambiente y más bien ahora estos se visualizan en la actividad de la zona dorsolateral^{6, 15}

Desarrollo Cortical

Con base en lo anterior Casey y colaboradores²¹ proponen las siguientes implicaciones de cada interconexión según la dirección de conectividad entre estructuras.

- **Conectividad subcortical-subcortical y emoción reactividad.** Regiones como la amígdala y estriado ventral, sobre todo el núcleo accumbens, interactúan de tal forma que se crea un sistema impulsivo empujado por señales emocionales, independiente de la valencia o la gratificación.
- **Conectividad subcortical-cortical y emociones en conflicto.** La corteza prefrontal guía el comportamiento con base en los estímulos recibidos por la amígdala, según si se reconoce como recompensa o castigo, teniendo como resultado una disminución de las respuestas impulsivas y un mejor control cognitivo de las señales emocionales.
- **Conectividad cortico-subcortical y regulación emocional.** De manera lineal a la edad, se genera una disminución de la actividad subcortical a las señales emocionales, generando proyecciones límbicas descendentes a la CPF provocando la modificación en la regulación emocional y conductual.
- **Conectividad cortico-cortical y el control cognitivo bajo la influencia emocional.** Se ha mencionado que los circuitos prefrontales mediales se involucran en la regulación de las emociones y las frontales laterales en la reevaluación cognitiva de las emociones y la atención. Se hipotetiza que los cambios entre la CPF ventromedial y la amígdala pueden ser requisito previo para la modulación efectiva mediante circuitos prefrontales laterales.

Implicaciones clínicas

Como se ha mencionado la maduración de la corteza cerebral no sigue un proceso lineal, por lo que, puede presentar un desarrollo diferente en cada individuo, como lo es entre los volúmenes estructurales entre hombres y mujeres, asociado a una mayor o menor probabilidad de desarrollar alguna patología psicológica o neuropsicológica^{22, 23}. De igual manera, procesos neurales o fisiológicos (propios de la pubertad), son una regla que determina el adecuado o inadecuado funcionamiento del organismo, en relación con factores ambientales, que pueden alterar el comportamiento funcional esperado. Se ha reportado que alteraciones en el volumen del tálamo puede relacionarse con padecimientos emocionales directos (depresión) o indirectos (esquizofrenia)²⁴. Alteraciones en el núcleo caudado se ven asociadas a problemas motores como la enfermedad de Parkinson y de Huntington²⁵, así como en el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH)²⁶ y el Obsesivo Compulsivo (TOC)²⁷. En relación con ello, alteraciones de este tipo pueden mostrar similitudes con los estados emocionales desorganizados caracterizados con la dificultad en la toma de decisiones y disminución de visualización de probabilidades de recompensa²⁸. Alteraciones en el núcleo accumbens tienen un impacto en la evaluación, integración y valoración de las percepciones emocionales, las cuales transmite a la CPF para planificar conductas a ejecutar. Este tipo de alteraciones está asociada a la aparición de procesos de adicción, comportamientos impulsivos, carente de valoración de riesgos o consecuencias para otros^{11, 29}. Por último, alteraciones en el hipocampo, principalmente asociados a una reducción del volumen hipocampal, están asociadas a dificultades para la regulación del estrés, implicadas en psicopatologías que inician en la adolescencia y que se mantienen en la adultez¹⁴.

El desarrollo del lóbulo frontal es fundamental para la adquisición, ejecución y control de una amplia gama de funciones, desde funciones motoras hasta la toma de decisiones complejas³⁰. Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de zonas fronto-estriales está relacionado con la capacidad inhibitoria y su función adaptativa al contexto, la cual está implicada en el aplazamiento de respuestas impulsivas emitidas por algunas estructuras cerebrales de carácter motriz, afectivo o representacional; al existir un déficit de esta función en la adolescencia, representa un factor de riesgo, asociado al consumo de sustancias, deserción escolar, TDAH, exceso en el uso de dispositivos electrónicos, trastornos de la conducta alimentaria, entre otros^{31, 32}. De manera contraria, un desarrollo óptimo de estas funciones permite la evolución adecuada de habilidades como la planificación, el razonamiento, el

autocontrol y la construcción de la moralidad³³. Kersey y colaboradores³⁴, reportan que una maduración funcional de la corteza prefrontal ventrolateral y dorsolateral está asociada a un mejor mantenimiento de la información en la memoria de trabajo asociado con el logro en diferentes áreas de la vida como el académico³⁵.

La CPF tiene subdivisiones funcionales: dorsal/ventral y lateral/medial. Con ello, se clasifica la corteza prefrontal dorsomedial (CPFDM), corteza prefrontal ventromedial (CPFVM), corteza prefrontal dorsolateral (CPFDL) y corteza prefrontal ventrolateral (CPFVL). Principalmente, las zonas mediales de la corteza se encuentran activas ante desencadenantes emocionales³⁶. Por ello, se han realizado investigaciones asociadas a la recompensa y toma de decisiones en relación con la CPFVM y cortezas prefrontales orbitofrontal (COF); así como investigaciones relacionadas a la regulación emocional, asociada a la corteza prefrontal lateral (CPFL) y la corteza cingulada anterior^{30,37}. Estos resultados, se han obtenido a través de la provocación de emociones, midiendo la magnitud, ubicación y persistencia de la actividad prefrontal^{38,39}.

Las funciones ejecutivas son las capacidades cognitivas localizadas principalmente en los lóbulos frontales, las cuales permiten controlar, regular y planear la conducta y procesos cognitivos, así como la comprensión, manipulación y expresión de las variables emocionales. Se presentan tres posibles componentes principales: conexiones frontales dorsolaterales interhemisféricas, una subred frontoparietal dorsolateral, y conexiones fronto-estriatales²⁰. El auge de estas funciones se desarrolla entre los 9 y 12 años en conjunto con funciones neuropsicológicas como la fluidez verbal, generación de categorías abstractas o la metacognición la cual se desarrolla hasta los 16 años. Están relacionadas con la CPFDL, en específico, funciones como la planeación, memoria de trabajo, fluidez verbal, flexibilidad mental, metacognición y abstracción. De igual manera, se ha identificado en el COF funciones como la autorregulación y el procesamiento riesgo beneficio y en la CPFM funciones como la atención sostenida, inhibición y mentalización⁴⁰.

A manera de resumen se presenta un esquema de algunos aspectos sobre las bases neuronales de la regulación emocional en adolescentes (Ver Figura 1).

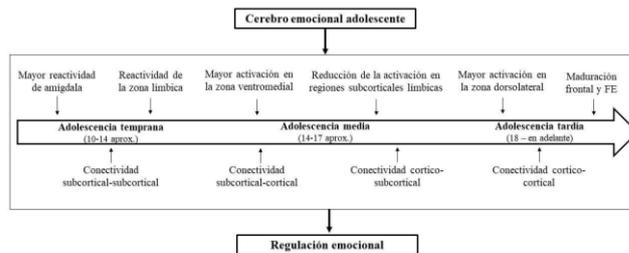


Figura 1. Algunas características del cerebro emocional adolescente (Elaboración propia)^{6, 18, 21}

Importancia de la integración de las Neurociencias y la Psicobiología a la Regulación Emocional (RE).

Las emociones, tienen funciones adaptativas y de supervivencia, intrapersonal e interpersonal, en el desarrollo del organismo como lo son los cambios fisiológicos, los sentimientos subjetivos y la tendencia a la acción (reposo-activación / aproximación-evitación). Se ha demostrado en investigaciones neurocientíficas con roedores, primates no humanos y humanos, que las emociones son influenciadas por múltiples sistemas cerebrales, desde el tallo cerebral hasta la corteza prefrontal en relación con su ambiente³⁶. Esta interacción se da a través de estímulos emocionalmente competentes y en su conjunto con la experiencia y vivencia de la emoción, así como su relato verbal, por lo que requiere de funciones cognitivas como la memoria y el procesamiento de información, así como de procesos psicofisiológicos en el cuerpo^{41,42}.

Es así como existen varias aproximaciones que pueden dar explicación de cómo el organismo humano experimenta las emociones y describen sus implicaciones en el contexto. Por ejemplo, reconociendo que la emoción es una respuesta fisiológica la *perspectiva psicofisiológica* la comprende en función de la activación del sistema nervioso central y endocrino, además de integrar que las experiencias vividas y la interpretación subjetiva del sujeto probabiliza la forma de responder ante las demandas ambientales⁴³. No obstante, esta también tiene su descripción neuronal pues en estas respuestas se ven implicadas las zonas como el hipotálamo y el gris periacueductal⁴⁴ relacionados con movimientos musculares generalizados, activación digestiva, actividad cardíaca y trastornos vasomotores como el rubor⁴⁵. Otras respuestas fisiológicas asociadas a situaciones emocionales son: el reflejo de sobresalto, la actividad electrodérmica y el cambio de la temperatura periférica bilateral^{46, 47}. Las respuestas fisiológicas permiten identificar y diferenciar una respuesta emocional con ayuda de técnicas de Biofeedback (BF), las cuales,

mediante aparatos electrónico el individuo recibe información de sus respuestas fisiológicas, como las ondas cerebrales, función cardíaca, respiración, actividad muscular y la temperatura de la piel. Los instrumentos o aparatos mayormente utilizados son los siguientes; Electromiógrafo (EMG), Termistor, Electrodermógrafo (EDG), Electroencefalógrafo (EEG), Fotopleetismógrafo (PPG o FPG), Electrocardiógrafo (ECG), Pneumógrafo, Capnógrafo/capnómetro, Reoencefalógrafo (REG), Hemoencefalografía (HEG)⁴⁸.

En la psicología clínica, el *enfoque cognitivo conductual* percibe a la emoción como un proceso que está dirigido al control de respuestas de activación a partir de estructuras biológicas maduras y se enfoca en la entrada de información, las interpretaciones, el manejo, el acceso a las fuentes de afrontamiento y la selección de modos adaptativos para la expresión de emociones⁴³. Por ello mismo, la psicología y áreas afines como la neuropsicología han puesto énfasis en procesos cognitivos que se desarrollan a partir de respuestas emocionales, entendidos como valoraciones sobre su relevancia y congruencia con metas que conllevan una tendencia a la acción. Dichos procesos, se basan en el uso de instrumentos psicométricos que evalúan la autopercepción del participante de sus propios comportamientos emocionales, fisiológicos y conductuales, así como con el uso de autorregistros ante un estímulo relevante⁴⁹.

Finalmente, como se ha observado a lo largo de todo el manuscrito la perspectiva de la *neurociencia cognitiva* reconoce que los cambios corporales y conductuales producto de una emoción generan una aportación a la memoria que favorece la asimilación y adaptación de eventos que posteriormente podrían repetirse representando ventajas o peligro para el organismo⁴¹; de igual manera, permite salvaguardar la integridad física y mental de los individuos, asimismo, el desarrollo y manejo de estas se va sofisticando con el paso del desarrollo humano, en el cual el sustrato neurobiológico se modifica de tal manera que permite responder de mejor manera ante las demandas características de la condición humana. En relación con ello, Pruessner y colaboradores⁵⁰ resaltan la importancia de tres aspectos cognitivos en las emociones y su regulación: inhibición de respuestas automáticas, actualización de la información en la memoria de trabajo y cambios de episodios mentales. La evaluación de las emociones desde las neurociencias, a través de la integración de diversas técnicas de imagen, muestran resultados donde los cambios discretos frente a la inducción de emociones básicas son distinguibles en su conjunto, ligados al funcionamiento cerebral dentro de un momento determinado. La imagenología cerebral permite extender

de manera notable la investigación sobre las emociones en sujetos sanos⁴⁷. Estas técnicas gozan de la ventaja de una alta resolución temporal de la señal, es decir, de poder sincronizar de manera precisa la presentación del estímulo al cambio en la función cerebral⁴⁵.

Conclusiones

Existe una necesidad imperante de integrar diferentes abordajes psicológicos para el estudio y la atención de las emociones en adolescentes. La importancia radica en la relación que existe entre las etapas de desarrollo manifestadas a nivel conductual, con los cambios, avances y retrocesos que se manifiestan en las diferentes vías y estructuras del cerebro adolescente. Esta necesidad sugiere la posibilidad de investigar cómo diferentes terapias o intervenciones basadas en evidencia pueden complementarse entre sí para mejorar los resultados en el manejo emocional de esta población.

La adolescencia se caracteriza por un crecimiento acelerado en donde se observan cambios neurológicos, cognitivos, sociales y emocionales. Por esta razón, en esta etapa del desarrollo humano, los individuos son menos eficientes al resolver cuestiones que implican el uso de regiones frontales que es el sitio en donde se asientan las funciones ejecutivas. Este cerebro aún en construcción muestra en algunos adolescentes una mayor impulsividad, una conducción ineficiente en el control emocional, dificultad para concretar metas y adecuarse a normas sociales.

Por lo tanto, se deberán incluir estudios longitudinales que sigan a los adolescentes a lo largo del tiempo para examinar cómo los cambios en el cerebro se correlacionan con cambios en el comportamiento emocional y social. De igual forma, debido a que se ha observado que los adolescentes pueden tener dificultades con las funciones ejecutivas y el control emocional debido a la inmadurez de las regiones frontales del cerebro, investigaciones futuras deberían centrarse en estrategias específicas para mejorar estas habilidades en esta población.

Estos cambios observados en el comportamiento social y cultural son el resultado de una retroalimentación constante entre el medio ambiente y el desarrollo y madurez determinado biológicamente, que puede presentarse de forma óptima algunas veces y no tan exitosamente en otras, dando lugar a patologías. El integrar el aspecto neuropsicológico, psicobiológico y clínico del sustrato que subyace a las emociones en el cerebro adolescente permitirá atender a esta población de manera óptima. Explorar cómo las influencias ambientales, como el estrés, la crianza o la exposición a experiencias traumáticas, interactúan con la biología del

cerebro adolescente para influir en el desarrollo emocional y el riesgo de patologías representa un área de investigación importante.

Los profesionales de la salud mental y educadores podrían beneficiarse al adoptar un enfoque integrado que considere tanto los aspectos neuropsicológicos como los psicobiológicos del desarrollo emocional en adolescentes. Esto podría implicar colaboraciones interdisciplinarias entre psicólogos, psiquiatras, neurocientíficos y educadores.

Basándose en la comprensión de los cambios neurológicos y emocionales durante la adolescencia, se podrían desarrollar programas de intervención específicos diseñados para mejorar las habilidades de regulación emocional, el desarrollo de las funciones ejecutivas y la adaptación social en esta población.

Se espera que al reconocer la influencia del ambiente en el desarrollo emocional de los adolescentes, las intervenciones podrían enfocarse en promover entornos familiares, escolares y comunitarios que sean seguros, solidarios y enriquecedores para fomentar el desarrollo saludable de los adolescentes.

Finalmente, integrar el conocimiento sobre el desarrollo cerebral, las funciones ejecutivas, la regulación emocional y las influencias ambientales en la adolescencia puede mejorar tanto la comprensión teórica como las prácticas de intervención para abordar las necesidades emocionales de esta población de manera más efectiva.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud. Desarrollo en la adolescencia. Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2015 Dec; Available from: https://www.who.int/maternal_child_adolescent/topics/adolescence/de/es/
- [2] Gaete V. Desarrollo psicosocial del adolescente. Revista chilena de pediatría [Internet]. 2015 Dec 1;86(6):436-43.
- [3] Pfeifer JH, Allen NB. Puberty initiates cascading relationships between neurodevelopmental, social, and internalizing processes across adolescence. *Biological Psychiatry*. 2020 Sep;89(2).
- [4] Sánchez teruel d., robles bello m. A. Factores protectores que promueven la resiliencia ante el suicidio en adolescentes y jóvenes. *Papeles del psicólogo* [internet]. 2014;35(3):181-192. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77832241003>.
- [5] Flóres LJ, Ostrosky-Shejet F, Lozano Ga. *Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales-2*. Manual Moderno; 2014.
- [6] Silvers JA, Insel C, Powers A, Franz P, Helion C, Martin R, et al. The transition from childhood to adolescence is marked by a general decrease in amygdala reactivity and an affect-specific ventral-to-dorsal shift in medial prefrontal recruitment. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2017 Jun; 25:128-37.
- [7] Villegas O, Luna FG, Jaldo R, García R, Leaniz AF, Urioste S, et al. El volumen de la amígdala como predictor del desempeño en tareas de regulación emocional: aplicación de nuevas técnicas de morfometría basada en vóxeles. *Neurología Argentina* [Internet]. 2015 jul; 7(3):148-55.
- [8] Bueno D. La neurociencia como fundamento de la educación emocional. *Revista Internacional de Educación Emocional y Bienestar* [Internet]. 2021 Jun 9;1(1):47-61. Available from: <https://riceb.iberomx.com/index.php/riceb/article/view/6>
- [9] Perea Bartolomé MV, Ladera Fernández V. El tálamo: aspectos neurofuncionales. *Revista de Neurología*. 2004;38(07):687.
- [10] Grahn JA, Parkinson JA, Owen AM. The cognitive functions of the caudate nucleus. *Progress in Neurobiology* [Internet]. 2008 Nov 1;86(3):141-55. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18824075>.
- [11] Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, Mooney RD, Platt ML, White LE. *Neuroscience Sixth Edition*. Sinauer Associates.
- [12] Fernández Espejo E. ¿Cómo funciona el nucleus accumbens? *Revista de Neurología*. 2000;30(09):845.
- [13] Freeman C, Dirks M, Weinberg A. Neural response to rewards predicts risk-taking in late but not early adolescent females. *Developmental Cognitive Neuroscience* [Internet]. 2020 Jun 21 [cited 2020 Oct 14];45. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7358180/>
- [14] León Rodríguez DA, Cárdenas Parra LF. Experiencias Adversas en la Niñez: Modificaciones Neuro-Estructurales, Neuro-Funcionales y Comportamentales. *Psyche (Santiago)*. 2021;30(2).
- [15] Vink M, Derks JM, Hoogendam JM, Hillegers M, Kahn RS. Functional differences in emotion processing during adolescence and early adulthood. *NeuroImage*. 2014 May; 91:70-6.
- [16] Martín ML. *Flexibilidad cognitiva y morfología cerebral* [Trabajo de grado Psicología]. Universidad de la Laguna; 2020.
- [17] Dhikav V, Anand KS. Hippocampus in health and disease: An overview. *Annals of Indian Academy of Neurology* [Internet]. 2012;15(4):239-46. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548359/>
- [18] Ahmed SP, Bittencourt-Hewitt A, Sebastian CL. Neurocognitive bases of emotion regulation development in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2015 Oct;15(1):11-25.
- [19] Casey BJ, Getz S, Galvan A. The adolescent brain. *Developmental Review*. 2008 Mar;28(1):62-77.
- [20] Kolb B, Neuwirth LS. Frontal-executive functions. *Psychology & Neuroscience*. 2020 Sep;13(3):241-4.
- [21] Casey BJ, Heller AS, Gee DG, Cohen AO. Development of the emotional brain. *Neuroscience Letters*. 2019 Feb; 693:29-34.
- [22] Alvarado MR. El cerebro adolescente En. M. A. Pease, F. Figallo & L. C. Ysla (eds) *Cognición, neurociencia y aprendizaje. El adolescente en la educación superior*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú; 2015. p. 135-158.
- [23] Herting MM, Johnson C, Mills KL, Vijayakumar N, Dennison M, Liu C, et al. Development of subcortical volumes across adolescence in males and females: A multisample study of longitudinal changes. *NeuroImage*. 2018 May; 172:194-205.
- [24] Vargas Rubio JG, Casas Duarte L, Reyes Gavilán P, Iragorri Cucalón AM. Síntomas afectivos en pacientes con lesiones talámicas y su correlación con el patrón de conectividad talamocortical: revisión sistemática de la literatura. *Acta Neurológica Colombiana*. 2020 Sep 1;36(3):201-9.
- [25] Orjuela-Rojas JM, Barrios Vincos GA, Martínez Gallego MA. Neuropsiquiatría de los trastornos del movimiento. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 2017 Oct; 46:59-68.

- [26] Rusca-Jordán F, Cortez-Vergara C. Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica. *Revista de Neuro-Psiquiatría*. 2020 oct 9;83(3):148–56.
- [27] Mataix-Cols D. Neuroimagen y neuropsicología del trastorno obsesivo-compulsivo avances recientes, *Psiquiatría Biológica*. 2001 8:2, 54-63.
- [28] Ken-ichi Amemori, Satoko Amemori, Gibson DJ, Graybiel AM. Striatal Microstimulation Induces Persistent and Repetitive Negative Decision-Making Predicted by Striatal Beta-Band Oscillation. 2018 Aug 1;99(4):829-841.e6.
- [29] Méndez-Díaz M, Romero TB, Cortés MJ, Ruiz-Contreras A., & Propéro GA. (2017). Neurobiología de las adicciones, *Revista de la Facultad de Medicina*, 2017 60;1, 6-16. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422017000100006&lng=es&tlng=es.
- [30] Rosch KS, Mostofsky S. Development of the frontal lobe. *Handbook of Clinical Neurology* [Internet]. 2019; 163:351–67. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31590741/>
- [31] Martínez SJ, Sánchez NJ. Regulación emocional y obesidad: un enfoque psicobiológico. *Journal of Behavior and Feeding*, 2021;1(1): 26-38.
- [32] Peña M, Gómez T, Mejía D, Hernández J, Tamayo D. (2017). Caracterización del control inhibitorio en adolescentes del grado once de la Institución Educativa Normal Superior de Envigado-Colombia. *Revista Psicoespacios*, 2017; 11(18): 37-54.
- [33] Hidalgo Vicario MI, González-Fierro MJC. Adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales. *Anales de Pediatría Continuada*. 2014 Jan;12(1):42–6.
- [34] Kersey AJ, Wakim KM, Li R, Cantlon JF. Developing, mature, and unique functions of the child's brain in reading and mathematics. *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2019 Oct; 39:100684.
- [35] Zelazo PD, Carlson SM. The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*. 2020 Sep;13(3):273–98.
- [36] Fitzgerald JM, DiGangi JA, Phan KL. Functional Neuroanatomy of Emotion and Its Regulation in PTSD. *Harvard Review of Psychiatry*. 2018;26(3):116–28.
- [37] Dixon ML, Thiruchselvam R, Todd R, Christoff K. Emotion and the prefrontal cortex: An integrative review. *Psychological Bulletin*. 2017 Oct;143(10):1033–81.
- [38] Gartstein MA, Hancock GR, Potapova NV, Calkins SD, Bell MA. Modeling development of frontal electroencephalogram (EEG) asymmetry: Sex differences and links with temperament. *Developmental Science*. 2019 Aug 22;23(1).
- [39] Lewis MD, Stieben J. Emotion Regulation in the Brain: Conceptual Issues and Directions for Developmental Research. *Child Development*. 2004 Mar;75(2):371–6.
- [40] Flores LJ. Neuropsicología de lóbulos frontales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; 2008.
- [41] Andrade A. Neurociencia de las emociones: la sociedad vista desde el individuo. Una aproximación a la vinculación sociología-neurociencia The Neuroscience of Emotions: Society Seen from the Point of View of the Individual. An Approximation to the Link between Sociology and Neuroscience [Internet]. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/soc/v34n96/2007-8358-soc-34-96-39.pdf>
- [42] Baccolo E, Macchi Cassia V. Age-Related Differences in Sensitivity to Facial Trustworthiness: Perceptual Representation and the Role of Emotional Development. *Child Development*. 2019 Nov 25;91(5):1529–47.
- [43] Ribero-Marulanda S, Gutiérrez RMV. Análisis bibliométrico sobre el concepto de regulación emocional desde la aproximación cognitivo-conductual: una mirada desde las fuentes y los autores más representativos. *Psicología desde el Caribe* [Internet]. 2013 [cited 2024 Jan 30];30(3):495–525. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21329176004>.
- [44] Barrett LF, Simmons WK. Interoceptive predictions in the brain. *Nature Reviews Neuroscience* [Internet]. 2015 May 28;16(7):419–29. Available from: <http://www.nature.com/articles/nrn3950>.
- [45] Fernández, AM, Dufey M., Mourgues, C. Expresión y reconocimiento de emociones, un punto de encuentro entre evolución, psicofisiología y neurociencias. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 2007; (2), 8-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1793/179317882002>
- [46] Fuentes N, Jaén I, Lucas I, López R, Pastor MC. Correlatos psicofisiológicos periféricos de regulación emocional. *Agora De Salud*, 2017; (4) 14, p. 133-143.
- [47] Rodríguez DA, Velasco, L. Intervención psicofisiológica para el manejo afectivo de una paciente con trastorno depresivo bipolar-II. *Revista Digital de Psicología y Ciencia Social*, 2019;(5) 1, p. 2448-8119. 10.22402/j.rdipecs.unam.5.1.2019.182.96-111.
- [48] Carrobbles JA. Bio/neurofeedback. *Clínica y Salud*. 2016 Nov;27(3):125–31.
- [49] Reyes OM, Tena, SE. Regulación emocional en la práctica. Una guía para terapeutas. *Manual Moderno*. 2016.
- [50] Pruessner L, Barnow S, Holt DV, Joormann J, Schulze K. A cognitive control framework for understanding emotion regulation flexibility. *Emotion*. 2020 Feb;20(1):21–9.