

Una estructura neurodidáctica para el desarrollo de las funciones ejecutivas en los adolescentes

¿Es posible desarrollar el control inhibitorio en el aula?

Mònica Codina^{1*†}, DUBY Aldana^{2†}, Isabel Piédrola^{3†}, Iris Ramos^{4†}

¹ Universidad de Barcelona; mcodina.palacio@gmail.com.

² Universidad de Barcelona; dubyaldana@reginahorta.com.

³ Universidad de Barcelona; ipiedrola@gmail.com.

⁴ Universidad de Barcelona; ramosiris@gmail.com.

Resum

Existeix un creixent interès per generar pràctiques neuroeducatives que posin el focus en els processos d'aprenentatge dels estudiants amb la finalitat de poder generar canvis en les seves capacitats cognitives i, per tant, facilitar una millora del rendiment acadèmic. A més, aplicar a l'aula els avanços de la neurociència i donar forma a estratègies pedagògiques concretes representa un gran desafiament per als professionals de l'educació. Si bé és cert que, en etapes infantils, aspectes com la riquesa sensorial, la sorpresa i la gestió emocional es treballen amb freqüència en el dia a dia de l'alumnat, en etapes més avançades, com en l'adolescència, a penes es dediquen hores lectives a aquests aspectes, per la qual cosa queden relegats a un treball puntual relacionat amb l'acció tutorial.

Al llarg d'aquest article es presenta una estructura neurodidàctica dissenyada per al desenvolupament de les funcions executives (FE) en l'etapa adolescent i pensada per a ser incorporada en les diferents matèries escolars, atès que, si es vol incidir en les FE, aquestes han d'estar integrades de manera transversal dins de la competència aprendre a aprendre. Per a això, s'ha revisat la literatura científica i s'han seleccionat els aspectes neuroeducatius i les seves estratègies pedagògiques concretes, directament relacionats amb l'aprenentatge i específicament dissenyats per al treball amb adolescents. D'aquesta manera, es facilita als professionals de l'educació una estructura neurodidàctica de base, fàcilment incorporable a les seves programacions didàctiques, que acosti la neuroeducació i els beneficis que aporta a l'aprenentatge dels seus estudiants.

Per a la seva aplicació, es planteja un estudi dividit en tres fases. Una primera en la qual es comptarà amb la participació d'una mostra d'experts i docents per a validar l'estructura com a eina educativa tant el seu nivell de rigor i concreció neuroeducativa com el seu nivell de facilitat d'incorporació a una programació d'aula. En una segona fase, s'aplicarà l'eina a un grup d'adolescents d'entre 15 i 17 anys i s'estudiarà la relació entre l'estructura neurodidàctica i el desenvolupament del control inhibitori com a indicador de desenvolupament de les FE. En una tercera fase, posterior a l'aplicació, es valoraran els resultats obtinguts i es redissenyarà, si fos el cas, l'estructura neuroeducativa per a una posterior rèplica de la recerca a un nombre major de centres educatius i comparar els resultats obtinguts.

*Correspondencia

Mònica Codina
mcodina.palacio@gmail.com

Citación

Codina M, Aldana D, Piédrola I, Ramos I. Una estructura neurodidáctica para el desarrollo de las funciones ejecutivas en los adolescentes. ¿Es posible desarrollar el control inhibitorio en el aula?. 2021; 2(2): 118-129. doi: 10.1344/joned.v2i2.32839

†Contribuciones de los autores

Estos autores contribuyeron igualmente a este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran la ausencia de conflicto de interés derivado de este trabajo.

Editora

Laia Lluch Molins (Universitat de Barcelona, España)

Revisores

David Bueno i Torrens
Andrea Paula Goldin

El manuscrito ha sido aceptado por todos los autores, en el caso de haber más de uno, y las figuras, tablas e imágenes no están sujetos a ningún tipo de copyright.

Com a conclusió, les autores argumenten la necessitat de promoure estratègies comunes per a la creació d'aules neuroeducatives que desenvolupin les funcions executives, afavoreixin el bon desenvolupament cognitiu dels adolescents i aportin un canvi de mirada als professionals de l'educació sobre el desenvolupament i les potencialitats de la ment adolescent.

Paraules clau: Estructura neurodidàctica, educadors, funcions executives, control inhibitori, adolescents.

Abstract

There is a growing interest in the development of neuroeducative practices which shift their focus to the students' learning process with the aim of producing changes to their cognitive abilities, and as a result, facilitating an improvement in the students' academic performance. Furthermore, both applying neuroscience advances to the classroom and creating specific pedagogical strategies pose a great challenge for education professionals. Although aspects such as sensory richness, surprise and emotion management are frequently and regularly implemented in students' development in early stages, in more advanced stages such as adolescence, these aspects hardly receive any hours in the classroom - being relegated to a one-off activity linked to tutorials.

This article presents a neurodidactic structure designed for the development of the executive functions (EF) in the adolescent stage, intended to be incorporated to different school areas, and which must be transversally integrated within the 'learn to learn' competencies in order to stress these EFs. To that effect, previous literature has been analysed and neuroeducative aspects and their specific pedagogical strategies have been selected, directly linked to the learning process and particularly designed to work with teenagers. Thus, education professionals are facilitated a base for a neurodidactical structure which can be easily incorporated to their curricular design, bringing together neuroeducation and the benefits it brings to the students' learning process.

For the implementation of the abovementioned structure, a study divided into three stages is suggested. In the first stage, a focus group of experts and educators will take part to validate this structure as an educational tool focusing on its neuroeducative accuracy and precision as well as its ease of incorporation to the class syllabus. In the second stage, this educational tool will be tested on a group of teenagers aged 15-17 years old and the relation between the neurodidactic structure and the development of the inhibitory control will be examined as an indicator of the EF development. In the third stage, after the tool has been implemented, the results will be analysed and if necessary, the neuroeducative structure will be redesigned in order to carry out a subsequent repeat of the research study with a larger number of education centres and compare the results obtained.

To conclude, the authors of the study argue the need to encourage common strategies in the creation of neuroeducative classrooms which develop the executive functions, support positive cognitive development in teenagers and change the perspective of education professionals regarding the development and potential of the adolescent brain.

Keywords: Neurodidactic structure, educators, executive functions, inhibitory control, adolescents.

Resumen

Existe un creciente interés por generar prácticas neuroeducativas que pongan el foco en los procesos de aprendizaje de los estudiantes con el fin de poder generar cambios en sus capacidades cognitivas y, por ende, facilitar una mejoría del rendimiento académico. Además, aplicar en el aula los avances de la neurociencia y dar forma a estrategias pedagógicas concretas representa un gran desafío para los profesionales de la educación. Si bien es cierto que, en etapas infantiles, aspectos como la riqueza sensorial, la sorpresa y la gestión emocional se trabajan con frecuencia en el día a día del alumnado, en etapas más avanzadas, como en la adolescencia, apenas se dedican horas lectivas a estos aspectos, por lo que quedan relegados a un trabajo puntual relacionado con la acción tutorial.

A lo largo de este artículo se presenta una estructura neurodidáctica diseñada para el desarrollo de las funciones ejecutivas (FE) en la etapa adolescente y pensada para ser incorporada en las distintas materias escolares, dado que, si se quiere incidir en las FE, estas deben estar integradas de manera transversal dentro de la competencia aprender a aprender. Para ello, se ha revisado la literatura científica y se han seleccionado los aspectos neuroeducativos y sus estrategias pedagógicas concretas, directamente relacionados con el aprendizaje y específicamente diseñados para el trabajo con adolescentes. De este modo, se facilita a los profesionales de la educación una estructura neurodidáctica de base, fácilmente incorporable a sus programaciones didácticas, que acerque la neuroeducación y los beneficios que aporta al aprendizaje de sus estudiantes.

Para su aplicación, se plantea un estudio dividido en tres fases. Una primera en la que se contará con la participación de una muestra de expertos y docentes para validar la estructura como herramienta educativa tanto su nivel de rigor y concreción neuroeducativa como su nivel de facilidad de incorporación a una programación de aula. En una segunda fase, se aplicará la herramienta a un grupo de adolescentes de entre 15 y 17 años y se estudiará la relación entre la estructura neurodidáctica y el desarrollo del control inhibitorio como indicador de desarrollo de las FE. En una tercera fase, posterior a la aplicación, se valorarán los resultados obtenidos y se rediseñará, si fuese el caso, la estructura neuroeducativa para una posterior réplica de la investigación a un número mayor de centros educativos y comparar los resultados obtenidos.

Como conclusión, las autoras argumentan la necesidad de promover estrategias comunes para la creación de aulas neuroeducativas que desarrollen las funciones ejecutivas, favorezcan el buen desarrollo cognitivo de los adolescentes y aporten un cambio de mirada a los profesionales de la educación sobre el desarrollo y las potencialidades de la mente adolescente.

Palabras clave: Estructura neurodidáctica, educadores, funciones ejecutivas, control inhibitorio, adolescentes.

Introducción

A lo largo de la adolescencia desarrollamos nuestra identidad, nos inventamos y damos sentido a quienes somos¹. Este desarrollo se traduce a nivel neuronal en cambios intensos y prolongados en un momento en que el cerebro dispone de más sustancia gris y menos sustancia blanca; dicho de otro modo, un momento en que el mismo cerebro y sus funciones ejecutivas (FE) están todavía en desarrollo². La región cerebral donde se suceden con mayor intensidad dichos cambios es la corteza prefrontal¹. En esta etapa del desarrollo, además, tiene lugar la poda neuronal donde la pérdida de conexiones neuronales da pie a la creación de nuevas y más perfeccionadas, lo que posibilita la maduración de las FE¹. Al adolescente, además, lo conocemos por su impulsividad, por asumir con gran facilidad conductas de riesgo, por su imprevisible cambio de humor, por su falta de percepción o por su juicio apresurado; todas ellas habilidades inacabadas del control inhibitorio².

No cabe duda de que este momento evolutivo debería aprovecharse desde la pedagogía por sus peculiaridades para incidir e intervenir en este proceso madurativo. Para ello, se requiere un uso sistemático, progresivo y sostenido de las FE³ y un entrenamiento práctico, relacionado con el mundo real⁴, para poder estimularlas y modificarlas¹. Numerosos estudios han demostrado que un buen nivel madurativo de las FE está directamente relacionado con un buen rendimiento académico^{5,6}. Sin embargo, aplicar en el aula los avances de la neurociencia y dar forma a estrategias pedagógicas concretas representa un gran desafío para los profesionales de la educación. ¿Es fácilmente incorporable una estructura neurodidáctica a cualquier programación de aula?

La revisión de la literatura señala diversos aspectos claves para una mayor incidencia en el buen rendimiento académico y maduración de las FE en los alumnos. Empezando con la **gamificación**, donde se crea un entorno lúdico que ofrece un espacio de aprendizaje motivador óptimo para generar neurotransmisores, a la vez que permite estructurar de manera secuenciada los objetivos y tareas⁷. Junto a ella, la **narrativa** permite mantener la atención y la línea argumental. El **trabajo cooperativo** sintoniza con la naturaleza social del cerebro activando regiones del sistema de recompensa cerebral que intervienen en la toma de decisiones⁸. Dichas deci-

siones maduran con el trabajo en **gestión emocional** y **autocontrol** en un momento en que el descontrol es la prueba de que se está madurando emocionalmente⁹ y, por consiguiente, se favorece el cambio hacia emociones gratificantes que actúen como pegamento y refuerzo del aprendizaje⁹. En la misma línea, el **vínculo** social ayuda a determinar qué conexiones se conservan y cuáles se estiman innecesarias¹, y **la sorpresa**, además, refuerza las relacionadas con el aprendizaje¹⁰, principalmente si combinamos una actividad sorpresiva y novedosa no relacionada con lo que se desea enseñar¹². Del mismo modo, si la información es **rica sensorialmente**, se asimila y ancla en la memoria más fácilmente¹¹. Por último, la **metacognición** ejerce de centro de control de los propios procesos de pensamiento, ya que está asociada al conocimiento que un sujeto tiene acerca de sus procesos cognitivos y a la supervisión y regulación de estos procesos¹³. Además, ayuda a dar mayor sentido a las experiencias de vida y a empezar a alcanzar niveles más altos de pensamiento¹⁴.

Por lo tanto, ¿es posible recoger en una estructura neurodidáctica los elementos esenciales para un buen entrenamiento de las FE? ¿Existe una mejoría en los niveles de control inhibitorio?

Este trabajo recoge las dos primeras fases del estudio que se pondrá en marcha durante el curso 2021-2022 con el objetivo de dar respuesta a las preguntas planteadas y llegar a validar una estructura neurodidáctica, su facilidad de incorporación y su impacto en los niveles de control inhibitorio, en una muestra de adolescentes de edades comprendidas entre los 15 y 17 años.

Materiales y métodos

Objetivos

Tomando en consideración la literatura previa, esta investigación propone los siguientes objetivos: 1. Evaluar el desempeño en control inhibitorio en una muestra de estudiantes adolescentes; 2. Validar la estructura neurodidáctica en su nivel de rigor y concreción en una muestra de expertos y su nivel de facilidad de incorporación a una programación de aula en diferentes áreas de aprendizaje en una muestra de docentes de Secundaria; 3. Estudiar la relación entre la estructura neurodidáctica y el desarrollo del control inhibitorio como indicador del trabajo de las FE en una muestra de estudiantes adolescentes, y

4. Rediseñar y mejorar la estructura neuroeducativa para una posterior réplica de la investigación a un número mayor de centros educativos y comparar los resultados obtenidos.

Basándonos en estos objetivos, se espera: 1. Encontrar que la estructura neuroeducativa es válida y recoge los elementos neuroeducativos esenciales para el buen desarrollo de las FE; 2. Confirmar que la estructura es fácilmente incorporable a una programación didáctica, y 3. Existe una relación positiva entre la estructura neuroeducativa y el desarrollo del control inhibitorio.

Población y muestra

Ante la imposibilidad de realizar un muestreo aleatorio efectivo que garantizará la representatividad de la muestra, se optará por realizar un muestreo no probabilístico de tipo incidental. Se contará con la participación de 105 estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria del Centro Regina Carmeli Horta. Emplazado en el Área Metropolitana de Barcelona y seleccionado de manera incidental.

Los criterios de selección serán dos: tener entre 15 y 17 años y no presentar déficit sensorial o cognitivo, ni retraso madurativo o mental.

De forma paralela, se contará con una muestra incidental de 77 participantes para evaluar la viabilidad de la estructura neurodidáctica.

Instrumentos

Para el desarrollo de la investigación se creó una estructura neurodidáctica (**anexo**) basada en la literatura previa y pensada para ser incorporada en las programaciones didácticas curriculares. Está diseñada para trabajar las FE en la adolescencia y reúne los siguientes elementos: gamificación, narrativa, trabajo cooperativo, gestión emocional y autocontrol, vínculo, sorpresa, riqueza sensorial y metacognición.

En la **figura 1** se detallan las estrategias didácticas para la concreción de dichos elementos en el aula y en la **tabla 1** se detalla la secuencia y las fases de aplicación.

Para validar la viabilidad de la estructura neurodidáctica se llevarán a cabo dos procedimientos. El primero evaluará su nivel de rigor y concreción a través de un grupo de discusión formado por expertos en el campo de la neuroeducación. El segundo medirá su nivel de facilidad de incorporación a una programación didáctica a través de la cumplimentación de un

cuestionario estructurado con preguntas cerradas (escala de razón 0-5) y una pregunta abierta. En la **tabla 2** se recogen las dimensiones que contemplará el cuestionario.

Para evaluar el desempeño en control inhibitorio cognitivo se aplicará el test de Stroop de colores y palabras¹⁵.

Procedimiento

Las acciones para llevar a cabo la investigación tuvieron su inicio a lo largo del curso 2019-2020, cuando el equipo directivo del centro aceptó la propuesta de estudio. Debido al fin de la presencialidad en los centros educativos por el estado de emergencia sanitaria de la COVID-19, se tuvo que emplazar el inicio de las pruebas, la validación y la aplicación de la herramienta al curso 2021-2022.

En primer lugar, se organizará una reunión informativa a las familias para que conozcan la finalidad del estudio y la metodología de la investigación. Seguidamente se organizará el proceso de administración y recogida de datos. Pasado el periodo pactado de seis meses, se recogerán los resultados del test Stroop para su posterior análisis. Se utilizará un diseño no experimental de tipo pre-post con un grupo según la clasificación de Montero y León¹⁶. Una vez iniciado el curso, se incorporará la estructura neurodidáctica a la programación didáctica de la materia de lengua inglesa y se aplicará en el área de tutoría dentro de la competencia de aprender a aprender. Se tomará una nueva medida con el test Stroop una vez finalizada la aplicación de la herramienta.

Del mismo modo, durante el inicio del curso 2021-2022, se enviará por correo electrónico el enlace del cuestionario a la muestra de docentes para su cumplimentación y se dinamizará el grupo de discusión.

Impresiones de impacto de la estructura

Esta estructura neurodidáctica impactaría en el campo educativo, especialmente en la educación dirigida a los adolescentes. Cada uno de sus elementos mantienen un alto nivel de correlación, de modo que crean un sistema de retroalimentación entre los mismos que ayudaría a optimizar el impacto en cada una de las partes. La estructura neurodidáctica propuesta en este artículo pretende impactar en los tres ámbitos que se detallan a continuación.

El cerebro adolescente: del misterio a la evidencia

Una estructura que incidiría directamente en el aprendizaje del adolescente, que se encuentra en un momento idóneo de su proceso madurativo: más descontrol e impulsividad emocional, pero más dopamina para su motivación y una insaciable búsqueda de la recompensa. Esta estructura se sirve de ese momento para asumir las condiciones propias de su cerebro y transformarlas en estrategias útiles para su propio crecimiento personal y académico. Asimismo, es una estructura que gozaría de una gran flexibilidad; es decir, tiene la intención de ser fácilmente adaptable a cualquier situación de aprendizaje, ya sea de aula o perfil del alumnado. Además, su planteamiento prioriza los elementos motivadores y al mismo tiempo favorece el pensamiento proactivo en el alumno.

Un cambio de mirada: entre el docente y el adolescente

El docente aplicaría y adaptaría esta estructura a su programación curricular. Es un recurso para los profesionales de la educación que aún no han encontrado la vía de concreción de los hallazgos de la neuroeducación a la realidad de su aula. Por un lado, recoge un listado de elementos neuroeducativos con sus estrategias neurodidácticas, los acerca al aula y a las necesidades del educador. Por otro lado, está diseñada teniendo en cuenta la adolescencia como un periodo lleno de posibilidades y ventajas para el aprendizaje: aporta un cambio de mirada del educador hacia los adolescentes y hacia la neuroeducación, ya que parte de la premisa que conocer el funcionamiento de la mente adolescente, y todas sus potencialidades lleva al docente a sentirse más motivado en su empeño por incorporar la neuroeducación en el aula; en último término, mejoran también las expectativas hacia el alumnado. Finalmente, incidiría en el debate profundo de qué materias o estrategias se deberían priorizar en el momento de programar una unidad didáctica¹⁷.

Al mismo tiempo, es una fuente de motivación y estimulación para el educador en su búsqueda constante por enriquecer su práctica docente. La necesidad de conocer el cerebro adolescente se convierte en un principio esencial para cualquier intervención en el aula; por ende, la formación permanente y las nuevas prácticas docentes son una vía de acceso a él.

Hacia una cultura neuroeducativa: del aula al proyecto de escuela

Los proyectos educativos en las escuelas buscan cada vez más reinventarse con tal de dar respuesta a la realidad que los envuelve. Este hecho se ve facilitado con la entrada de muchas de las reflexiones y aportaciones por parte de la neuroeducación. Sin embargo, en muchas ocasiones estas aportaciones se introducen de forma fragmentada, lo que impide un cambio real y profundo de los planteamientos metodológicos en las escuelas. Esta estructura sería una estrategia metodológica para transformar las prácticas educativas de manera más clara y directa.

El centro educativo se verá impregnado de una nueva mirada neuroeducativa que contagiará al claustro, grupo de educadores y profesionales de la educación, que, al compartir experiencias y estrategias neuroeducativas, cambiarán la cultura educativa del centro.

Discusión

La Real Academia de la Lengua define estructura como "disposición o modo de estar relacionadas las distintas partes de un conjunto". Esta permite fijar el punto de interés de la propuesta neurodidáctica, y es tratar a todos los elementos neuroeducativos, mencionados en apartados anteriores, en igual condición e importancia. Recordemos que las FE se desarrollan íntegramente, y no por partes, pues si incidimos en control inhibitorio, también lo estamos haciendo en memoria de trabajo y flexibilidad mental, y permiten ampliar otras funciones complejas como planificación, resolución de conflictos, razonamiento, etc.^{18,19}. Si se pierde de vista alguno de los elementos durante la aplicación de la estructura, ello puede afectar al desarrollo de las FE y, por consiguiente, a las posibilidades de aprendizaje y rendimiento escolar. Los estudios de Castillo Gómez y Ostrosky²⁰ recuerdan la relación significativa entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y el rendimiento académico.

Su composición dispuesta por ocho elementos entrelazados aporta a la estructura un conjunto de ventajas en sí mismo: la propia estructura se retroalimenta y, al interrelacionar sus elementos, se generan aspectos de gran relevancia pedagógica, que se describen a continuación.

Una estructura directa al aula, pero indirecta en la materia curricular

La estructura está diseñada para que el profesional de la educación la aplique directamente a su contexto educativo, pero indiferentemente de la materia que se imparta. Según las autoras Adele Diamond y Daphne S. Ling, "las tareas que provocan la mayor mejora de las funciones ejecutivas son aquellas que se trabajan de forma indirecta"⁴. Se reitera, pues, la importancia de aplicarla en todos los momentos del aula, pero sin destacar el contenido que tratar, pues no añade contenido, sino que se adapta a él, haciéndolo más atrayente. De esta forma, los estudiantes se impregnan y benefician de riquezas que aportan los elementos neuroeducativos de forma indirecta, ya que están integrados en la programación didáctica del docente y a lo largo de toda la actividad académica.

Transversal e Integrada en la vida del aula y del centro educativo

Su estructura interrelacionada la hace flexible, transversal y adaptable a las programaciones en el aula. Sin exigir un esfuerzo adicional, el educador o docente debe ser constante y hacer un uso reiterado de los elementos de la estructura de forma que se integren a la vida del aula como una metodología capaz de dar pasos hacia la transformación del propio proyecto educativo del centro. Autoras como Andrea Goldin hacen inciso en el uso sistemático, progresivo y sostenido de las FE como elemento imprescindible para la mejora de ellas⁵. Precisamente por esta razón, entendemos que la aplicación de la estructura debe replicarse a lo largo de las sesiones, a lo largo de los distintos contextos educativos y durante un periodo de tiempo suficiente que garantice la retroalimentación de las partes y facilite el desarrollo de las FE, el aumento del rendimiento académico, así como una generalización de los aprendizajes.

La interrelación de los elementos garantiza más interconexiones mentales

En la adolescencia suceden dos situaciones beneficiosas que desde la pedagogía debemos aprovechar: una es que en nuestro cerebro tenemos más corteza gris y menos sustancia blanca, es decir, el cerebro y las FE están en desarrollo², y la segunda es lo que los autores llaman la "poda sináptica": en otras palabras, el momento en que las conexiones

neuronales se pierden por no ser utilizadas y dejan espacio para generar más interconexiones¹. Estos dos momentos en la etapa adolescente marcan un momento idóneo que debe aprovecharse desde el punto de vista pedagógico. La estructura está diseñada de manera que los elementos que la componen interrelacionen entre sí. De esta manera, se genera un ambiente propicio para la activación neuronal que posibilita que en el cerebro del adolescente se generen más sinapsis o se especialicen las existentes; en definitiva, que se desarrolle todo su potencial. El docente debería aprovechar lo que está ocurriendo en el cerebro de sus alumnos e intervenir de tal forma que ayude al anclaje de nuevos aprendizajes.

La correlación entre los elementos, el fundamento de la estructura

Los elementos neuroeducativos que construyen la estructura se necesitan entre sí para existir, y la correlación es el motivo de su existencia. No existen límites entre los elementos, sino relación entre unos y otros que compone la estructura neurodidáctica; es decir, el trabajo cooperativo precisa el vínculo y la gestión emocional para establecer un aprendizaje completo. De igual manera, la sorpresa necesita la riqueza sensorial para generar más proteínas en nuestras conexiones anclando en la memoria el aprendizaje. Además, la metacognición se impregna de la gestión emocional para multiplicar el potencial, y con el vínculo acaba de sellar lo aprendido. Por su parte, la gamificación con la narrativa y la riqueza sensorial transporta al adolescente a un mundo lleno de aprendizajes; y nuevamente, el vínculo, gracias a su relación con la generación de oxitocina, facilita la cooperación, la empatía y el compromiso social. Elementos, sin duda, claves para el éxito de una experiencia de aprendizaje integral y globalizada.

Por lo tanto, los elementos individualmente no tienen razón de ser. La estructura neurodidáctica mantiene una dinámica de retroalimentación en la que se genera un sistema solidario de intercambio de beneficios entre los elementos donde la correlación genera más propiedades entre unos y otros, lo que multiplica las posibilidades neuroeducativas de la estructura.

Conclusiones

Este trabajo ha presentado una estructura neuroeducativa con la esperanza de aumentar las prácticas educativas basadas en conocimientos neuroeducativos y encaminadas a desarrollar las funciones ejecutivas en los adolescentes y maximizar las potencialidades de que disponen, sin que esto suponga un cambio drástico en las prácticas metodológicas docentes.

Aunque exista una diversidad innegable en la realidad de nuestras aulas y unos contenidos curriculares que se deben trabajar, la estructura neuroeducativa se integra en las programaciones didácticas ya existentes y aprovecha todos los beneficios para el aprendizaje que nacen de la interrelación de todos sus elementos. No hay duda de que una praxis docente que tenga como objetivo el desarrollo de las funciones ejecutivas influye positivamente en la mejoría del nivel académico de los estudiantes y promueve que el docente aproveche las potencialidades de sus alumnos para impartir el contenido de su asignatura.

Tras la puesta en marcha de este estudio durante el curso 2020-2021, es intención de las autoras difundir los resultados obtenidos y las posibles mejoras halladas a lo largo de su aplicación. Posteriormente, sería conveniente aumentar la muestra y las áreas curriculares de aplicación para poder ampliar resultados.

Creemos que los adolescentes merecen la oportunidad de aprender más y mejor, sobre todo cuando el cambio de mirada hacia un aula neuroeducativa depende más de los profesionales de la educación que de ellos mismos. Por este motivo, con este estudio se pretende colaborar en la creación de estrategias comunes que pongan a disposición de los docentes y educadores metodologías neuroeducativas de aplicación en el aula.

Limitaciones

Una primera limitación se centra en el ámbito organizativo, puesto que es evidente que la reestructuración de las tradicionales programaciones didácticas acarrea cambios en la disposición de los horarios, espacios y ratios, etc. La aplicación de la estructura requiere un alto nivel de flexibilidad y, por supuesto, un enfoque transversal que trascien-

de la realidad concreta del aula como entidad cerrada, ya que, dado que cada elemento de la estructura tiene unos requisitos de aplicación, por ejemplo, para aplicar correctamente la sorpresa en un aula, se requiere un tiempo de espera entre la sorpresa y el contenido que se quiere enseñar. Pero esta limitación y estos u otros requisitos se pueden encontrar en cualquier aplicación metodológica en el aula sin ser neuroeducativa; es una limitación compartida con cualquier otra estrategia pedagógica.

Una segunda limitación es la necesidad del cambio de mirada, por parte del profesional de la educación, que lo oriente hacia la aplicación de prácticas neuroeducativas. Esta es clave para lograr entender la mente adolescente y favorecer cualquier proceso de transformación en el aula. Promover un cambio a nivel pedagógico implica unas condiciones que están directamente relacionadas con el profesional docente y exige el destierro de ideas preconcebidas (neuromitos)^{21,22}, que solamente pueden ser superadas desde la adquisición de nuevos conocimientos y desde la formación.

La escuela, hoy en día, no puede ignorar cómo funciona el cerebro de los alumnos que integran sus aulas. Resulta imprescindible que los docentes posean conocimientos explícitos sobre neuroeducación y dispongan de ellos para mejorar su práctica educativa. Del mismo modo, resultan indispensables las habilidades de gestión emocional y de aula en el educador. Serán los componentes clave para garantizar el éxito en la implementación de esta estructura.

La aplicación de esta estructura en el curso 2021-2022 puede verse afectada por las condiciones (medidas de seguridad) en las que se tendrá que realizar la actividad escolar, debido a la pandemia, y es intención de las autoras llevar a cabo su comprobación experimental tan pronto como sea posible.

Agradecimientos

Queremos agradecer, en primer lugar, a todos los profesores del Posgrado "Neuroeducación: Aprender con todo nuestro potencial" de la Universidad de Barcelona la oportunidad de poder reconvertir un trabajo de módulo del posgrado en un artículo de investigación y poder presentarlo en equipo. Agradecemos, en especial, a Carme Trinidad su dedicación y sus aportaciones constructivas y veloces.

En segundo lugar, queremos agradecer a nuestras familias el apoyo mostrado y comprensión dada durante los meses de elaboración de este proyecto.

Finalmente, nos gustaría compartir que esta experiencia ha sido para todas muy enriquecedora y, al mismo tiempo, ha sido el primer paso para dar continuidad al proyecto presentado en este artículo.

Referencias

1. Blakemore S.J. La invención de uno mismo. Barcelona: Planeta; 2018. Pág. 31, 78, 109, 115-117.
2. Jensen FE. El cerebro adolescente: guía de una madre neurocientífica para educar adolescentes. RBA Bolsillo; 2019. Pág. 18, 39-40.
3. Nin V, Goldin AP, Carboni A. Mate Marote: videogames to stimulate the development of cognitive processes. IEEE-RITA, Feb. 2018, Volume 14, Issue 1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333825804_Mate_Marote_Videojuegos_para_Estimular_el_Desarrollo_de_Procesos_Cognitivos
4. Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience* 18. 2016. Pág. 34-48.
5. Gil JA. ¿Es posible un currículo basado en las funciones ejecutivas? JONED. *Journal of Neuroeducation*. 2020; 1(1); 114-129. doi: 10.1344/joned.v1i1.31363
6. Vladisuskas M, Goldin, AP. 20 años de entrenamiento cognitivo: una perspectiva amplia. JONED. *Journal of Neuroeducation*. 2020; 1(1); 130-135. doi: 10.1344/joned.v1i1.31628
7. Howard-Jones P. A. et al. Gamification of learning deactivates the default mode network. *Frontiers in Psychology* 6 (1891); 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01891>
8. Stallen M, y Sanfey AG. Cooperation in the brain: neuroscientific contributions to theory and policy. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 3. 2015. Pág. 117-121
9. Bueno D. Neurociencia para educadores. Barcelona: Reference; 2017. Pág. 59-68.
10. Ballarini F. La sorpresa nos ayuda a consolidar los recuerdos El periódico [Internet]. 2016. [citado el 13 de noviembre 2016/actualizado 27 de noviembre del 2017]. Disponible en: <https://www.elperiodico.com/es/cuaderno/20161113/fabricio-ballarini-las-sorpresas-nos-ayudan-a-consolidar-los-recuerdos-5621314>
11. Casafont R. Viaje por tu cerebro: el arte de transformar tu mente. Editorial B. 2015. Pág. 389-393.
12. Smink V. Descubren que recibir una sorpresa refuerza la memoria. El BBC Mundo. 2013. [Citado el 22 agosto 2013]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/08/130820_argentina_mejorar_memoria_vsgaleria
13. Flavell JH. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10). 1979. Pág. 906-911. doi:10.1037/0003-066X.34.10.906
14. Price-Mitchell M. Edutopia. Metacognition: Nurturing Self-Awareness in the Classroom. Disponible en: <https://www.edutopia.org/blog/8-pathways-metacognition-in-classroom-marilyn-price-mitchell>
15. Golden, C J. STROOP. Test de Colores y Palabras – Edición Revisada (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, adaptadores). Madrid: TEA Ediciones. 2020.
16. Montero I, León, OG, Sistema de clasificación del método en los informes de investigación en Psicología. *International Journal of Clinical and Health Psychology [Internet]*. 2005;5(1):115-127. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33701007>
17. Forés A, Gamó JR, C. Guillén J, Hernández T, Ligoiz M, Pardo F, Trinidad C. Neuromitos en el aula. El aprendizaje desde la neurociencia. Plataforma Editorial. 2015. Pág. 11-26.
18. Baggetta P, Alexander PA. Conceptualization and Operationalization of Executive Function. *Mind, Brain, and Education* 10 (1). 2016. Pág. 10-33. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/295397594_Conceptualization_and_Operationalization_of_Executive_Function
19. C. Guillén J. Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica. 2017. Pág. 34-35, 60.
20. Castillo-Parra G, Gómez Pérez E, Ostrosky-Solís F. Relación entre las Funciones Ejecutivas y el Nivel de Rendimiento Académico en niños. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*. 2009; 9(1), 41-54. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v21n2/v21n2a04.pdf>
21. Mora F. Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama. Alianza Editorial. 2019. Pág. 147-156.
22. Mora F. Mitos y verdades del cerebro. Limpiar el mundo de falsedades y otras historias. Paidós. 2018. Pág. 28-30.

Anexo: Material suplementario

Estructura Neurodidáctica

La siguiente estructura está pensada para ser utilizada como eje vertebrador de cualquier intervención didáctica en el aula. Recoge ocho elementos neuroeducativos en una secuencia para ser aplicados en diferentes momentos del desarrollo de la unidad didáctica. Las tareas y contenidos referidos son los propios de cada área o materia en la que se plantee.

Elementos Neuroeducativos

1- Gamificación: diversidad de estrategias gamificadoras; reglas de juego; retos y recompensas.

2- Narrativa: diversidad de géneros, espacios y tiempos; construcciones propias y personalización; transferencia de experiencias.

3- Trabajo cooperativo: Cohesión grupal, corresponsabilidad y empatía.

4- Metacognición: evaluación inicial, continua y final; coevaluación y autoevaluación.

5- Vínculo: técnicas de comunicación bidireccional y escucha activa; entorno de aula inclusivo y de bienestar; seguimiento individual del alumno.

6- Gestión emocional y autocontrol: técnicas de resolución de conflictos, de autocontrol y de gestión de emociones.

7- Sorpresa: curiosidad, creatividad, novedad (batería de recursos diversos).

8- Riqueza sensorial: Sentidos, expresión artística y movimiento corporal y coordinación.

Se propone una secuencia de elementos neuroeducativos. Cada uno de ellos implica una o varias **estrategias didácticas** aplicadas a la dinámica de aula y al contenido de la correspondiente unidad didáctica. Todo ello detallado en la **tabla 1**.

Figuras y tablas



Figura 1. Estructura neuroeducativa. Versión 2020. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Estructura neurodidáctica. Secuencia y fases de aplicación.

I- FASE INICIAL
a) Presentación de los objetivos generales: Explicación de los objetivos generales y específicos de la unidad didáctica y una breve justificación de la metodología.
b) Presentación de la metodología y la plataforma de gamificación:
1. Gamificación: Presentación de la plataforma de gamificación y sus elementos básicos, estructura y reglas del juego.
2. Narrativa: Presentación de la narrativa como elemento dinamizador del juego, de las dinámicas de los objetivos gamificados y la planificación de las actividades. Elemento clave de motivación.
3. Trabajo cooperativo: Conformación de los equipos de trabajo: dinámicas y actividades grupales, formación de equipos y distribución de roles (configuración de personajes).
c) Identificar conocimientos previos y descubrir expectativas del alumnado
4. Metacognición inicial
<ul style="list-style-type: none">• Dinámica de formulación de preguntas abiertas significativas relacionadas con el tema para generar debate y despertar interés. Relacionadas con actividades del mundo real.• Realizamos la actividad de evaluación y autoevaluación a través de la "Estrella de conocimiento" de forma individual.• Presentación de conceptos clave a través de dinámicas grupales.
II- FASE DE DESARROLLO
5. Trabajando el vínculo
<ul style="list-style-type: none">• Dinámicas de cohesión con el objetivo de crear vínculos entre los miembros del grupo de trabajo y sentido de identidad hacia su correspondiente equipo.• Realización y presentación de la primera tarea (Primer ejercicio práctico de los contenidos de la unidad).• Primer reto del grupo.
6. Trabajando gestión emocional y autocontrol.
6.1. Autocontrol.
<ul style="list-style-type: none">• Dinámicas de autocontrol.• Presentación y realización de la segunda tarea.• Metacognición para el seguimiento y optimización de aprendizajes: Autoevaluación y evaluación grupal de los aprendizajes.
6.2. Desviación de la atención.
<ul style="list-style-type: none">• Ejercicios para trabajar la atención.• Metacognición de seguimiento.• Realización y presentación de la tercera tarea.• Reto de atención.
6.3. Control de impulsos.
<ul style="list-style-type: none">• Tareas y actividades de control de impulsos. Exposición a la provocación y búsqueda de recursos de autocontrol.• Debate abierto entre los diferentes grupos.• Metacognición para el seguimiento y optimización de aprendizajes: Autoevaluación y evaluación grupal de los aprendizajes.
6.4. Gestión emocional
<ul style="list-style-type: none">• Prueba escrita, test de conceptos básicos de los contenidos trabajados, etc.• Ejercicios prácticos grupales/ individuales sobre el estrés y las emociones relacionadas.• Metacognición para el seguimiento y optimización de aprendizajes: Autoevaluación y evaluación grupal de los aprendizajes.
7. Trabajando la Sorpresa
<ul style="list-style-type: none">• Actividades de sorpresa, fuera del aula/espacio. (recursos para sorprender a los alumnos en el aula).• Presentación de conceptos nuevos.• Metacognición para el seguimiento y optimización de aprendizajes: Autoevaluación y evaluación grupal de los aprendizajes.
8. Trabajando la riqueza sensorial
<ul style="list-style-type: none">• Actividades y tareas donde predominen los sentidos (vista, tacto, olfato, oído), la coordinación: movimiento corporal, ejercicio físico, baile, etc.• Realización y presentación de la tercera tarea.• Metacognición para el seguimiento y optimización de aprendizajes: Autoevaluación y evaluación grupal de los aprendizajes.• Reto de coordinación movimiento y percepción visual.
III- FASE FINAL
Metacognición final sobre cómo y qué se ha aprendido y, qué se puede mejorar:
<ul style="list-style-type: none">• Autoevaluación. (Estrella del conocimiento)• Coevaluación.• Evaluación final de la Carpeta de aprendizaje grupal.• Propuestas de mejora.

Tabla 2. Dimensiones, ítems y proporcionalidad. Cuestionario “Nivel de facilidad de incorporación ED a una programación didáctica”.

Dimensión	Ítems	Total
Importancia de la diversidad didáctica en una programación de aula	1, 2, 3, 12, 13, 16	19, 32%
Importancia de la incorporación de la neurodidáctica a una programación de aula	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17	35,42%
Posibilidad de incorporación de la estructura neurodidáctica a una programación de aula	18-25	6,44%
Nivel de dificultad de incorporación de la estructura neurodidáctica a una programación didáctica	26-29	6,44%