



Artículo especial

Consolidación y reconsolidación de la memoria. Aproximación teórica al campo educativo

Díaz, Juan Pablo; Ortiz, Margarita C.; Bar, Aníbal R.

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo general la descripción de los procesos neurobiológicos de la consolidación y reconsolidación de la memoria, mientras que el específico, pretende vincular ambos mecanismos con situaciones de enseñanza y de aprendizaje de educación formal.

El presente aborda las teorías en torno a estos procesos desde una perspectiva sistémico-evolutiva. Esto es, entendidas como totalidades complejas jerárquicamente organizadas, en tanto procesos psicobiológicos y neurocognitivos complementarios subyacentes en la memoria y potenciación a largo plazo y propiedad emergente de la conducta.

Se exponen investigaciones que pusieron en debate estos dos procesos neurocognitivos, y los últimos hallazgos en animales no humanos y humanos; aportaciones extrapoladas a situaciones y estrategias de enseñanza y aprendizaje. Finalmente, los dos planos epistemológicos: estructural-molecular (consolidación y reconsolidación de la memoria) y conductual (enseñanza y aprendizaje), se explicitan atento a puentes epistémicos que dan cuenta de la integración de la complejidad de ambos campos.

Palabras claves: Memorias, Aprendizaje, Educación, Estudiantes.

Key words: Memories, Learning, Education, Students

DESARROLLO

Este escrito aspira mostrar los aportes de distintas investigaciones respecto de los procesos de consolidación y reconsolidación de la memoria, entendidos ambos como complejos e independientes entre sí.

Existen evidencias que indican que la información una vez consolidada puede volver a un estado de labilidad al ser recuperada y utilizada, sin que esto interfiera en el proceso de consolidación de la memoria. Asimismo, la reconsolidación refiere al proceso subyacente al anterior.

Estas dos teorías, son materia de intenso debate, a saber: los procesos moleculares que se inducen durante la re consolidación ¿son recapitulados -en su totalidad o en parte- de igual manera que durante la fase de consolidación? o la consolidación y la reconsolidación de la memoria ¿implican mecanismos diferentes?

Por lo expuesto, el objetivo general apunta a la descripción de los procesos neurobiológicos de la consolidación y re consolidación de la memoria, mientras que el específico, a vincular ambos mecanismos con situaciones de enseñanza y de aprendizaje de educación formal.

Antecedentes del tema

La Memoria

Las investigaciones empíricas en torno a la memoria desde las perspectivas de la Psicobiología y de las Neurociencias cognitivas, demostraron la presencia de múltiples sistemas y dieron lugar a su clasificación conforme diversos criterios: a) categorías funcionales (memoria explícita e implícita) b) sede neural, y c) temporal cuantitativo ⁽¹⁾.



Algunos rasgos que dan sustento a estas categorizaciones son: nivel de conciencia en la memoria explícita (consciente) e implícita (inconsciente); base neural dependiente o no del hipocampo y duración, lo que permite distinguir entre memoria inmediata (milisegundos a segundos), MCT y MLT ⁽¹⁾.

Por otra parte, el avance de los estudios, posibilita afirmar que varias regiones cerebrales desempeñan un papel diferencial en los tipos de memoria y estadios del proceso mnésico. En tal sentido, para la codificación y consolidación de la memoria consciente interviene el sistema neural (nivel molar) del LTM: parahipocampal, perirrinal, entorrinal e hipocampo. Éste no es un sistema en el que se almacenen permanentemente dicha memoria y tampoco parece ser necesario para los procesos memoria implícita. Ahora, a nivel molecular se destacan los cambios en las sinapsis producto del aprendizaje, particularmente el mecanismo de PLP ⁽²⁾.

En cuanto a las funciones de la memoria existe consenso en que básicamente consisten en: 1) recoger nueva información; 2) organizarla de modo que adquiera significado y, 3) recuperarla cuando se necesita recordar algo. El recuerdo de caras o rostros, datos o hechos de la vida cotidiana, de conocimientos teóricos o empíricos sistematizados son claros ejemplos de éstas e implican fases de codificación, almacenamiento y recuperación ⁽³⁾.

Hacia una conceptualización de la consolidación y reconsolidación de la memoria

En su formulación clásica, plantean que la teoría de la consolidación establece que la memoria después de la adquisición transita por un proceso que la convierte en estable y perdurable y muestra sensibilidad a distintos agentes amnésicos ⁽⁴⁾. Sobre estas ideas, diversas investigaciones concluyen que la evocación de una memoria puede abrir un nuevo período de labilidad ⁽⁵⁾.

Utilizan el constructo consolidación en el estudio de la memoria para referirse a los procesos de consolidación celular y sistémica ⁽⁶⁾. El primero, engloba la estabilización dependiente del tiempo de los mecanismos celulares o modificaciones en las propiedades de las neuronas que ocurren luego de la adquisición de la información. Dicha consolidación es la eficacia sináptica durante la formación de la memoria ⁽⁷⁾. La consolidación sistémica, implica la reorganización a través del tiempo de circuitos neuronales y áreas del SNC dedicadas al procesamiento y almacenamiento de la información.

Además de su reactivación, la memoria requiere de un proceso de reconsolidación o mecanismo tipo-consolidación para su reestabilización ⁽⁸⁾, más extenso del que originalmente se proponía ⁽⁹⁾. Lo que en términos de otros, es una fase de “estabilización retardada”.

Procesamiento psicobiológico de la consolidación y reconsolidación de la memoria

Proponen la consolidación como el proceso por el cual la memoria se independiza de la región hipocampal ⁽¹⁰⁾. Proceso que se inicia con el refuerzo del potencial sináptico o de la PLP en las redes neuronales, con intervención del glutamato que se une a los receptores ionotrópicos AMPA y NMDA de las espinas dendríticas del hipocampo. El AMPA participa en la despolarización de la neurona receptora y el segundo, posibilita el ingreso de Ca⁺⁺ a la neurona postsináptica, tal como acontece en el aprendizaje asociativo, en tanto mecanismo que vincula dos eventos relacionados ⁽¹⁾.

El ingreso de este catión bivalente a la neurona postsináptica genera un proceso bioquímico paralelo reforzando la conectividad sináptica (post-traducción) al modificar las proteínas o bien, por transcripción y traducción, dando lugar a nuevo material ⁽¹¹⁾.



La modificación de éstas ocurre cuando el Ca^{++} se une al receptor calmodulina, cambio que a la vez, produce otros en la quinasa CaMKII- enzima relacionada directamente con la contribución a la PLP-, al mejorar la respuesta postsináptica al glutamato, esto es el incremento de la función despolarizadora de AMPA ⁽¹²⁾.

Ahora bien, además de los efectos positivos sobre la plasticidad neuronal de la quinasa CaMKII; cabe señalar que PKA -activada por un segundo mensajero CAMP, previa activación de éste por el receptor de calcio-, se asocia con la PLP por su efecto activador en dicha quinasa ⁽¹³⁾.

En cuanto a la reconsolidación de la memoria -estado transitorio e inestable de una memoria previamente consolidada-, se entiende que la traza de memoria puede modificarse o interrumpirse y requerir un proceso de re-estabilización dependiente del tiempo ⁽¹⁴⁾.

Al respecto, algunos estudios respaldan la idea de disímiles tiempos de finalización de la reconsolidación y consolidación, siendo menor en la última ⁽¹⁵⁾, estudios demostraron que el reclutamiento del factor de transcripción Zif268 al ADN - región CA1 hipocampal-, se da en cortos tiempos a posteriori del aprendizaje inicial que luego de la recuperación de una memoria EI. Dicho factor de transcripción está involucrado en la consolidación de diversas memorias y en su reconsolidación ⁽¹⁶⁾. Es importante remarcar, los factores de transcripción involucrados en los procesos del aprendizaje y la memoria, tal es el caso del CREB (proteína ligando del elemento responsivo a AMPc) ⁽¹⁷⁾.

Evidencias empíricas muestran que la reconsolidación de una experiencia aversiva -en un pollito de un día-, puede involucrar la traducción local de proteínas en la sinapsis en lugar de hacerlo en el soma ⁽¹⁸⁾. Hallazgos apoyados por resultados en ratas donde la estabilidad de la memoria después de la recuperación demanda síntesis proteica y no de ARNm, revelan la implicación de éste en el marco de la teoría como así también, en el aprendizaje espacial ⁽¹⁹⁾.

Otros estudios experimentales con microinyección de anisomicina en el hipocampo, resultaron en una consolidación fuertemente deteriorada de la EI y no en su reconsolidación ⁽²⁰⁾. También, microinyecciones de un inhibidor de la síntesis de proteínas, permitieron advertir la participación diferencial de la corteza insular y de los circuitos amigdalinos durante la consolidación y reconsolidación de la aversión condicionada al gusto ⁽²¹⁾.

Asimismo, estudiaron estos mecanismos en el condicionamiento del miedo y señalaron que éste se constituyó en un modelo de memoria dominante para la investigación neurobiológica prestándose a experimentos en animales y estudios de neuroimágenes ⁽²²⁾. El diseño original pretendió dar cuenta de la adquisición adaptativa y de la pérdida de asociaciones entre los estímulos que predijeran los resultados aversivos o deseados y diversas respuestas conductuales y fisiológicas ⁽²³⁾.

Proponen la reconsolidación como mediadora de la reorganización de esquemas mnésicos existentes, lo que conlleva pensar en un proceso de consolidación continuo ⁽²⁴⁾. Sin embargo, como los recuerdos frecuentemente se recuperan en situaciones que presentan información complementaria adicional, la capacidad de cambios o plasticidad en la fuerza o contenido de la memoria pareciera ser potencialmente adaptativa en términos de mantener su relevancia.

Aportes recientes al tema

El sistema nervioso, particularmente el cerebro posibilita los mecanismos para pensar, amar, aprender, registrar, almacenar y recordar distintos momentos y desarrollar la memoria del comportamiento. En pocas palabras, la memoria posibilita dar respuestas conductuales a los estímulos del medio.



Las investigaciones empíricas demostraron que la memoria de trabajo (a corto plazo) tendría una activación persistente de las células, mientras que la de largo plazo parece hacerlo mediante modificaciones en la fuerza sináptica ⁽²⁵⁾.

Aunque cada tipo de memoria tiene en su base estructuras anatómicas específicas, éstas están interconectadas. Sin embargo, el hipocampo actúa de manera relevante en la consolidación de la memoria a largo plazo y por su ubicación estratégica sirve como almacén de la memoria y de interconexión para llevar dicha información a otras estructuras ⁽²⁶⁾.

Cabe subrayar que de acuerdo con los desarrollos científicos, algunas de las alteraciones en el cerebro pueden manifestarse en fallas en los tipos de memoria y de aprendizaje, exteriorizadas en las conductas ⁽¹⁷⁾. En las últimas décadas, los estudios sobre ambos fueron foco de interés de equipos de investigación a nivel mundial y sus hallazgos posibilitaron el desarrollo de novedosas estrategias y terapias para la comunidad terapéutica, clínica y educativa ⁽¹⁾.

Centrando la mirada en la última, se exponen algunos tópicos en dos planos: nivel micro (molecular) y macro, con especial referencia a aquellas dimensiones de los procesos de enseñanza y aprendizaje relacionadas con la consolidación y reconsolidación de la memoria: rol del sueño y descanso, de las tecnologías educativas digitales y de las emociones.

A nivel molecular, los sustratos neuroanátomo-fisiológicos de estos tipo de aprendizaje y memoria implican neurotransmisores necesarios para el procesamiento y la formación de la memoria, tal como los sistemas colinérgicos, glutamatérgicos y GABAérgicos, con fuerte presencia en los procesos cognitivos de los transmisores monoaminérgicos (dopamina, serotonina y norepinefrina) ⁽¹⁹⁾. Entre los primeros sistemas, la ACh participa activamente en el aprendizaje y el procesamiento de la memoria ⁽¹⁷⁾.

También se evidenció que el glutamato y GABA son neurotransmisores relacionados con PLP y juegan un papel sustancial en el aprendizaje y la memoria, ya que la comunicación neuronal óptima requiere integración de aportes excitatorios e inhibidores ^{(7) (28) (24)}. Además, NMDAR participa en el desencadenamiento de la PLP, un proceso de fuerza sináptica inducido por estimulación sináptica, implicado en su formación, codificación y almacenamiento, fases necesarias para la consolidación de las mismas ⁽²⁹⁾. Los autores en uno de los experimentos hallaron la activación de NMDAR en la decadencia de la fase temprana de potenciación a largo plazo en el hipocampo, lo que llevó a hipotetizar que un proceso de olvido bien regulado -iniciado por Ca⁺⁺ afluencia a través de LVDCCs y GluN2B -receptores de N-metil-D-aspartato seguido de activación de CaN-, controla el mantenimiento de la PLP hipocampal y recuerdos a largo plazo con el tiempo.

En los procesos de enseñanza y aprendizaje, la capacidad de conservar registros a largo plazo de experiencias diarias, es uno de los puntos más críticos de la memoria, aunque la mayoría de los recuerdos se olvidan en pocos días. Por ello, para atenuar la pérdida de memoria a lo largo de la escolaridad primaria y secundaria, es relevante la recuperación e integración de la información y así evitar su degradación progresiva. Además, el/la docente/tutor/a al concatenar los temas impide el surgimiento de errores en la recuperación de los aprendizajes ^{(30) (29)}.

En este sentido, los resultados empíricos mostraron ⁽³¹⁾: que las conexiones y circuitos sinápticos involucrados en la formación de la memoria original refuerzan gradualmente las trazas de la memoria a lo largo del tiempo y llevan a la consolidación persistente y gradual de la memoria episódica, pueden aplicarse al campo educativo. Por ejemplo, en el aprendizaje distribuido en el currículo, es decir, con sesiones o tareas que involucren aprendizaje episódico, divididas en segmentos separados, con pausas de descanso activo para una mayor eficiencia, en lugar de una única sesión de aprendizaje masivo con la utilización de varios tipo de memoria ⁽³²⁾.



De ahí que el conocimiento del papel de las estructuras y neurotransmisores participantes y del valor del descanso en el diseño y desarrollo de las propuestas didácticas, posibilita atender algunos de los aspectos y variables del rendimiento académico de los estudiantes.

La correlación ACh y sueño se vincula con el rendimiento académico, porque la adquisición de la memoria inicial requiere de niveles normales de acetilcolina en la vigilia cuya disminución resulta crítica para la consolidación de la memoria. Hallaron que el sueño tiene un efecto beneficioso pronunciado para la consolidación de la memoria declarativa, no así de la motora ⁽²³⁾. Lo que sucede en la integración de nuevos conocimientos en las redes léxicas existentes, enlazando con los procesos de consolidación de memorias relacionados con éste. La continuidad de las hipótesis referidas al sueño y su incidencia en el rendimiento académico, daría lugar a hallazgos con potencial explicativo y comprensivo relevantes para los ámbitos sanitario y educativo.

Los datos de la investigación ⁽³³⁾, con adolescentes y jóvenes (16-25 años), haciendo uso de una batería de evaluación de comportamiento -pruebas diseñadas para medir la habilidad de lectura a nivel de palabra y el lenguaje oral (vocabulario)-, sugieren que la edad (incluso hasta la adolescencia tardía) y las citadas habilidades son diferencias individuales que influyen en la consolidación de las palabras recién aprendidas durante la noche. Concluyen, que dicha consolidación se da en una fase del sueño y conlleva mayor acción cortical.

Abonan al valor del descanso, sueño y pausas en la consolidación y reconsolidación del conocimiento, los estudios ⁽³⁴⁾, con preadolescentes entre 12 y 13 años -actividades mentales con el uso de listas de palabras-, con el objetivo de mostrar las ventajas del reposo posterior a la codificación de la información. Los resultados sugieren que unos minutos de descanso reparador son favorables para la memoria inmediata, en relación con la participación en tareas continuas como la resolución de problemas o el análisis de casos, que exigen mayor tiempo de consolidación. No obstante, concluyen que es primordial considerar otras variables (inteligencia fluida, memoria de trabajo) para arribar a conocimientos sobre consolidación y reconsolidación de la memoria, que denoten su complejidad intrínseca.

En tal sentido, expresan que el uso de videos juegos competitivos interfiere en la consolidación de los aspectos sensoriales de la memoria del trauma ⁽³⁵⁾. Proponen la evocación de éste y posterior realización de un juego lúdico de computadora (20 minutos) con altas demandas visoespaciales (Tetris), sobre la base de la idea de reconsolidar en la memoria nuevos estímulos para trabajar con sujetos con y sin traumas. Este dispositivo, en las intervenciones educativas en distintos niveles coadyuva a la integración curricular de las TIC, como estrategia y recurso didáctico para la gestión del conocimiento, mejora de los procesos cognitivos y de aprendizaje y en consecuencia, la consolidación de la memoria a largo plazo. Además, la utilización de las nuevas tecnologías digitales en el aula y laboratorio, pone en juego varios tipos de memoria (episódica, espacial, autobiográfica, semántica, procedimental), conforme los objetivos propuestos para las actividades pedagógico-didácticas.

En esta misma línea, hallaron que después de la reactivación de una memoria autobiográfica negativa, la incorporación de información positiva de presentación audiovisual tiene efectos perjudiciales sobre los componentes emocionales de los recuerdos reactivados y que dicha modificación probablemente esté mediada por el proceso de reconsolidación ⁽³⁶⁾. Estos descubrimientos afianzan el trabajo tanto con sujetos con TEPT como con personas normales, para reconsolidar pensamientos iniciales y realizar acciones sobre los esquemas mentales, con el fin de lograr una nueva consolidación.

Por su parte, manifiestan que los sistemas de memoria que no se superponen o lo hacen parcialmente, se activan durante la reconsolidación de la memoria ⁽²⁵⁾.



En cambio, cuando hay sistemas de memoria con una elevada superposición de estímulos (reutilización de redes neuronales) que compiten por los recursos neuronales, la reconsolidación de la memoria podría interferirse. Esto sucede cuando dos tareas dependen del mismo sistema de memoria o ambas evocan una valencia negativa. Dichas conclusiones sirven para diseñar programas y planificaciones áulicas con actividades y contenidos que apuntan a la integración y procesos de retroalimentación en la etapa de formación inicial.

Ahora bien, varias redes neuronales de memoria visomotora se almacenan durante largos períodos de tiempo y tienen una fragilidad limitada al momento de su recuperación ⁽³⁷⁾. Por ello, la reconsolidación conduce a habilidades motoras reforzadas en múltiples episodios de práctica. Es decir, usando una nueva intervención después de la recuperación de una habilidad consolidada, ésta puede ser modificada y mejorada a través de la exposición a una mayor variabilidad sensoriomotora ⁽³⁸⁾. Estos autores, concluyen que en intervenciones basadas en reconsolidación para fortalecer el aprendizaje de habilidades en sujetos sanos y en contextos de rehabilitación, es propicio maximizar el aprendizaje dentro de un intervalo de tiempo limitado.

Como se expresara, el logro de enseñanzas y de aprendizajes significativos demanda conocimientos acerca del papel de las estructuras nerviosas y bioquímicas para la elaboración y selección de estrategias cognitivo-didácticas, que incluyan las emociones en los espacios educativos. Acorde con esta perspectiva, los estudios recientes señalan el impacto de los sistemas de atención y límbico en la formación de las memorias ⁽¹⁾, relacionadas con la activación del sistema noradrenérgico en el cerebro. El hipocampo y la amígdala son estructuras fundamentales en la adquisición de la memoria explícita, modulada por la noradrenalina a través de los receptores noradrenérgicos ⁽³⁶⁾.

Respecto a la consolidación y las emociones, numerosas investigaciones hallaron que la emoción durante la codificación, hace posible que los procesos de atención y codificación puedan estar involucrados. La emoción inducida después de la codificación puede mejorar la consolidación de la memoria de elementos. En tal sentido, psicobiológicamente se halló que el nivel de norepinefrina después de la codificación se correlaciona positivamente con la memoria a largo plazo para los eventos emocionales ⁽³⁹⁾. Descubrieron que la excitación emocional puede conducir a niveles más altos de norepinefrina en la amígdala, estructura cerebral que puede fortalecer la potenciación a largo plazo en el hipocampo ⁽⁴⁰⁾. Por lo tanto, los niveles mejorados de epinefrina y norepinefrina debido a la inducción de la emoción pueden ser responsables del efecto de mejora en la consolidación de la memoria. Es imprescindible que la docencia aborde sus acciones de enseñanza y aprendizaje en los planos: intelectual y emocional.

Análisis y discusión

Los estudios y hallazgos -particularmente de los últimos años-, en las áreas de la psicobiología y neurociencias cognitivas respecto de la consolidación y reconsolidación constituyen significativos avances para la comprensión de los mecanismos neurobiológicos y neuroquímicos de la memoria.

Específicamente, las aportaciones se dan mediante dos vías de acción en estos procesos: inhibitoria y excitatoria. La primera, circunscripta a la práctica clínica y tratamientos neurocognitivos (terapias de traumas, depresiones, consumo problemático de sustancias, entre otros) y la segunda, de interés en el campo educativo fundamentando científicamente la orientación, planificación y ejecución de dinámicas de enseñanza y aprendizaje en pro de la potenciación de nuevas conexiones neuronales ⁽²⁴⁾

⁽³²⁾ ⁽³⁸⁾.



En función de este propósito, entre las estrategias promotoras de los procesos cognitivos de consolidación y re consolidación de la memoria, se destacan el ABP, la metodología de estudio de casos, el planteo de situaciones problemáticas, diversas formas de agrupamiento de estudiantes, laboratorios físicos y virtuales, la inclusión curricular de las TIC, aula invertida y el trabajo por proyectos ⁽³²⁾. Opciones didácticas que inciden en la activación de áreas y redes cerebrales (corteza prefrontal, lóbulo temporal medial) por su papel determinante en el aprendizaje y el desarrollo de memoria resistentes al olvido y basada en la comprensión ⁽³⁵⁾.

Esta diversidad de metodologías implica pensar secuencias didácticas recursivas y dialécticas (problematización de los aprendizajes). Por tanto, en cada sesión o encuentro el/la docente/tutor/a al repasar lo anterior y enfatizar el encadenamiento lógico, complejizar las actividades en el tiempo ⁽¹⁴⁾, permite que los estudiantes, por ejemplo, sinteticen, analicen, critiquen, reflexionen sobre la información (nivel intelectual), tomen decisiones en los pequeños grupos, debatan, discutan y defiendan sus posturas y/o acepten otras, al realizar las tareas propuestas (nivel emocional) ⁽³⁶⁾. Asimismo, al retroalimentar la información obtenida grupalmente de fuentes analógicas y digitales, y efectuar sucesivos cierres, el/la docente pone en acción el priming (memoria implícita) ⁽²⁸⁾. Es decir, traen a la conciencia los contenidos trabajados (recuperación de conocimientos) y proponen el repaso de la información, contribuyendo a la re consolidación de lo aprendido (ambos tipos de memoria) ⁽⁶⁾ ⁽²⁸⁾.

De este modo, el profesional docente utiliza pistas para recuperar elementos, variables y detalles que propician la conexión entre los conocimientos previos y los aprendidos. Dichas pistas, al ser diferenciales y relevantes favorecen de modo efectivo y eficiente el acceso a la información almacenada en la memoria a largo plazo ⁽¹⁷⁾ ⁽²⁾.

Estas propuestas -en su diversidad-, al reconocer la función del hipocampo en la codificación, consolidación y recuperación de recuerdos de eventos, involucran la mayor participación de los estudiantes en la búsqueda de información y producción de conocimientos ⁽²⁶⁾.

Concretamente, en la modalidad flipped classroom o aula inversa (aula invertida), la resignificación de roles del docente y estudiantes fomenta el compromiso intelectual y emocional de los últimos para con sus propios procesos cognitivos y metacognitivos ⁽⁴⁰⁾.

Asimismo, se activan redes neuronales hipocampales y límbicas para el procesamiento y almacenamiento de la información y se moviliza la labilidad de la memoria en pos de su consolidación o re consolidación ⁽³⁷⁾.

En consonancia con lo mencionado, la apropiación que hace cada estudiante y/o grupo de los nuevos contenidos, su organización y reproducción, da cuenta del “aprendizaje racional”. En otras palabras, la puesta en acción de lo aprendido, permite el pasaje de la memoria de trabajo a la memoria a largo plazo. La “práctica” exige tenacidad, persistencia y hábito, por la repetición de la misma acción o similar para la fijación de información, etapa previa de la consolidación de la memoria. En este sentido, la consolidación es también un proceso generativo, que resulta en la modificación y reconstrucción de las representaciones internas dependientes de la experiencia ⁽⁷⁾ ⁽³⁷⁾. O sea, la internalización de lo nuevo en sus esquemas mentales, deviene en otras redes a nivel estructural (cambios anatómicos) y funcional (cambios químico-moleculares) ⁽²⁷⁾.

Por otra parte, las actividades de escritura, al trabajar con ABP, estudio de casos, laboratorios, desarrollan habilidades y competencias cognitivas (básicas y de orden superior) y lingüísticas (descripción, explicación, justificación, argumentación), que amplían las redes neuronales del sustrato neurobiológico (sistema glutaminérgico, colinérgico, entre otros) del aprendizaje. En este caso, eje de la información declarativa novedosa es el sistema córtico-hipocampal ⁽³¹⁾.



En este orden de ideas, es clave para la consolidación y reconsolidación de la información de la memoria a largo plazo, habilitar espacios de acción y reflexión al finalizar las unidades didácticas, como también, programar tiempos de descanso para fijar la información cuando las actividades demandan mayor complejidad cognitiva ⁽³⁴⁾.

A efectos de posibilitar refuerzos para la consolidación de aprendizajes de modo presencial y virtual son relevantes los dispositivos de retroalimentación como el “feedback” y/o “feedforward” o el modelo “triple feedback” ⁽³⁵⁾. Del mismo modo, las instancias de evaluación formativa (portfolio, rúbrica, KPSI, diarios, etc.) contribuyen en estos procesos, a la vez que posibilitan el ajuste de las secuencias didácticas por parte del docente ⁽³²⁾.

Además de las dimensiones de los procesos de enseñanza y de aprendizajes vinculadas con los mecanismos de consolidación y reconsolidación de la memoria, cabe considerar como variables intervinientes, la alimentación saludable y el sueño. De acuerdo con las investigaciones, la información se transfiere del hipocampo a la corteza cerebral durante el sueño profundo, lo que sería esencial para consolidar los recuerdos a largo plazo y evitar la obstrucción de información u olvido ⁽²³⁾.

En apoyo a estas ideas, la cronobiología en particular, abona a la organización y distribución horaria de los espacios curriculares o de las materias en los turnos mañana y tarde en las instituciones educativas, focalizando la necesidad del descanso diurno (siesta) y nocturno de los/as aprendices, en virtud de sus edades evolutivas ⁽³³⁾. Respecto a la alimentación, los estudios destacan el papel de la glucosa, del calcio, entre otros, como elementos sustantivos para el funcionamiento del sustrato neurobiológico de los procesos cognitivos.

Por lo expresado, los hallazgos y las conclusiones relevadas acerca de la consolidación y reconsolidación constituyen una mejor aproximación a los aspectos estructurales y moleculares involucrados en los procesos neurobiológicos de la memoria y sus implicancias en la educación. Además, abren nuevos interrogantes en torno a líneas de investigación por desarrollar en psicobiología y neurociencias cognitivas respecto de ambos mecanismos en vínculo con el aprendizaje y la enseñanza en la educación formal.

Conclusiones

Los estudios relevados descubrieron la existencia de una base celular y molecular en tanto procesos organizados por mecanismos distintos y subyacentes de señalización intracelular. Los modos de abordaje de este objeto: teorías, procesos o mecanismos, los proponen como medio por el cual los recuerdos se organizan en redes asociativas o esquemas que se crean y recrean para su utilización. Estos aportes devienen en la planificación de actividades que propician procesos cognitivos y metacognitivos intelectivos y emocionales para la puesta en acción de los mecanismos neurobiológicos y neuroquímicos de la consolidación y reconsolidación de las memorias. Finalmente, habiendo recorrido las diferentes aristas de los procesos de consolidación y la reconsolidación de la memoria, y algunas de sus implicancias educativas se ha avanzado en la concreción de los objetivos planteados para este trabajo.

Referencias

1. Redolar Ripoll, D. *Neurociencia Cognitiva*. Editorial Panamericana. España; 2014.
2. Ruiz Vargas, J. *Manual de psicología de la memoria*. Madrid: Síntesis; 2010
3. Federman, N., Goio, M., Navarro Becerra, N., Cuestas, V., y Würschmidt, A. *Cerebro y memoria*. 1er. Edición. Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires: Argentina; 2012.
4. Davis, H. y Squire, L. (1984). Protein synthesis and memory: a review. *Psychological bulletin*. 2001;96(3): 518-527.



5. Pedreira, M., Pérez Cuesta, L., Maldonado, H. Reactivation and reconsolidation of long term memory in the crab *Chasmagnathus*: protein synthesis requirement and mediation by NMDA type glutamatergic receptors. *J Neurosci.* 2002;22: 8305-8311.
6. Nader, K. y Hardt, O. A single standard for memory: the case for reconsolidation en *Nature Rev Neurosci.* 2009;10:224-234.
7. Dudai, Y. The neurobiology of consolidations, or how stable is the engram? en *Annu. Rev. Psychol.* 2004;55: 51-86.
8. Sara, S. Retrieval and reconsolidation: toward a neurobiology of remembering. *Learning and memory.* 2000;7: 73-84.
9. Anokhin, K., Tiunova, A. y Rose, S. Reminder effects - reconsolidation or retrieval deficit? Pharmacological dissection with protein synthesis inhibitors following reminder for a passive-avoidance task in young chicks. *European Journal of Neuroscience.* 2002; 15:1759-1765.
10. Squire, L. y Alvarez, P. Retrograde amnesia and memory consolidation: a neurobiological perspective. *Current Opinion. Neurobiology.* 1995;5:169-177.
11. Milekic, M., Milekic, G., Pollonini, C. Alberini Temporal requirement of C/EBPbeta in the amygdala following reactivation but not acquisition of inhibitory avoidance. *Learning & Memory.* 2007;14: 504-511.
12. Boccia, M., Blake, M., Krawczyk, M. y Baratti, C. Hippocampal $\alpha 7$ nicotinic receptors modulate memory reconsolidation of an inhibitory avoidance task in mice. *Neuroscience.* 2010;171(2): 531-43.
13. Tronson, N. y Taylor, J. Molecular mechanisms of memory reconsolidation. *Nature Reviews Neuroscience.* 2007;8(4): 262-275.
14. Dudai, Y. Reconsolidation: the advantage of being refocused. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2006;16: 174-178.
15. Cheval, H. Chagneau, C., Levasseur, G., Veyrac, A., Faucon-Bigué, N., Laroche, S., y Davis, S. Distinctive features of Egr transcription factor regulation and DNA binding activity in CA1 of the hippocampus in synaptic plasticity and consolidation and reconsolidation of fear memory. *Hippocampus.* 2012;22(3): 631-642.
16. Lee, T., Szabo, S., Fowler, J., Mannelli, P., Mangum, O., Beyer, W. y Wetsel, W. Pharmacologically-mediated reactivation and reconsolidation blockade of the psychostimulant-abuse circuit: a novel treatment strategy. *Drug and alcohol dependence.* 2012;24(1-2): 11-18.
17. Kandel, E. The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science.* 2001;294(5544): 1030-1048.
18. Mileusnic, R., Lancashire, C. y Rose, S. Recalling an aversive experience by day-old chicks is not dependent on somatic protein synthesis. *Learning & Memory.* 2005;12(6): 615-619.
19. Da Silva, W., Bonini, J., Bevilaqua, L., Medina, J., Izquierdo, I. y Cammarota, M. Inhibition of mRNA synthesis in the hippocampus impairs consolidation and reconsolidation of spatial memory. *Hippocampus.* 2008;18(1): 29-39.
20. Cammarota, M., Bevilaqua, L., Medina, J. y Izquierdo, I. Retrieval does not induce reconsolidation of inhibitory avoidance memory. *Learning & Memory.* 2004;11, 572-578.
21. García De La Torre, P., Rodríguez Ortiz, C., Arreguin Martínez, J., Cruz Castaneda, P. y Bermudez Rattoni, F. Simultaneous but not independent anisomycin infusions in insular cortex and amygdala hinder stabilization of taste memory when updated. *Learning & Memory.* 2009;16: 514-519.
22. Maddox, S., Monsey, M. y Schafe, G. Early growth response gene 1 (Egr-1) is required for new and reactivated fear memories in the lateral amígdala. *Learning & Memory.* 2011;18(1): 24-38.
23. Tucker, M., Taylor, K., Merchant, R., George, S., Stoddard, C. y Kopera, K. Scopolamine does not Impact Declarative and Motor Memory Consolidation Across a Night of Sleep or a Day of Wakefulness. *Neurobiology of learning and memory.* 2018;155: 371-378.
24. McKenzie, S. y Eichenbaum, H. Consolidation and reconsolidation: two lives of memories? *Neuron.* 2011;71(2): 224-233.
25. Fernández, R., Bavassi, L., Kaczer, L., Forcato, C. y Pedreira, M. Interference conditions of the reconsolidation process in humans: The role of valence and different memory systems. *Frontiers in human neuroscience.* 2016;10: 641-659.
26. Liu, J., Tian, J. y Li, J. Modulating reconsolidation and extinction to regulate drug reward memory. *European Journal of Neuroscience.* 2018; <https://doi.org/10.1111/ejn.14072>
27. Thorajak, P., Pannangrong, W., Welbat, J., Chaijaroonkhanarak, W., Sripanidkulchai, K. y Sripanidkulchai, B. Effects of Aged Garlic Extract on Cholinergic, Glutamatergic and GABAergic Systems with Regard to Cognitive Impairment in A β -Induced Rats. *Nutrients.* 2017;9(7):686-699.
28. Redolar Ripoll, D. Consolidación de la memoria, sustrato nervioso del refuerzo y adicción. *Psiquiatría Biológica.* 2008;15(4): 109-124.



29. Sachser, R., Santana, F., Crestani, A., Lunardi, P., Pedraza, L., Quillfeldt, J. y De Oliveira Alvares, L. Forgetting of long-term memory requires activation of NMDA receptors, L-type voltage-dependent Ca²⁺ channels, and calcineurin. *Scientific reports*. 2016;36 (29): 7559-7561
30. Dudai, Y., Karni, A. y Born, J. The consolidation and transformation of memory. *Neuron*. 2015;88(1): 20-32.
31. Ebbinghaus, H. La memoria: una contribución a la psicología experimental. *Ana. Neurosci*. 2013;20: 155-156. doi: 10.5214 / ans.0972.7531.200408.
32. Cañal de León, P. Cerebro, memoria y aprendizaje: aportaciones de la neurobiología a la didáctica ya la práctica de la enseñanza. *Revista Investigación en la Escuela*. 2014;84: 19-29.
33. Landi, N., Malins, J., Frost, S., Magnuson, J., Molfese, P., Ryherd, K. y Pugh, K. Neural representations for newly learned words are modulated by overnight consolidation, reading skill, and age. *Neuropsychologia*. 2018;111: 133-144.
34. Martini, M., Martini, C., Bernegger, C. y Sachse, P. Post-encoding wakeful resting supports the retention of new verbal memories in children aged 13–14 years. *British Journal of Developmental Psychology*. 2018;37:199-210.
35. Iyadurai, L., Blackwell, S., Meiser Stedman, R., Watson, P., Bonsall, M. y Geddes, J. Prevención de recuerdos intrusivos después del trauma a través de una intervención breve que involucra el juego de computadora de Tetris en el departamento de emergencia: un ensayo controlado aleatorizado de prueba de concepto. *Mol Psiquiatría*. 2018;23(3): 674-682.
36. Piñeyro, M., Monti, R., Díaz, H., Bueno, A., Bustos, S. y Molina, V. Positive Emotional Induction Interferes with the Reconsolidation of Negative Autobiographical Memories, in women only. *Neurobiology of learning and memory*. 2018;155: 508-518.
37. Maeda, R., McGee, S. y Marigold, D. Long-term retention and reconsolidation of a visuomotor memory. *Neurobiology of learning and memory*. 2018;155: 313-321.
38. Wymbs, N., Bastian, A. y Celnik, P. Motor skills are strengthened through reconsolidation. *Current Biology*. 2015;26(3): 338-343.
39. Malkani, S., Wallace, K., Donley, M., y Rosen, J. An egr-1 (zif268) antisense oligodeoxynucleotide infused into the amygdala disrupts fear conditioning. *Learning & Memory*. 2004;11(5), 617-624.
40. Souza Braga, P., Lorena, F., Nascimento, B., Marcelino, C., Ravache, T., Ricci, E. y Ribeiro, M. Adrenergic receptor β_3 is involved in the memory consolidation process in mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2018;51(10): 1-8.

Datos de autor

Título

Consolidación y reconsolidación de la memoria. Aproximación teórica al campo educativo

Autores:

Díaz, Juan Pablo¹
Ortiz, Margarita C.²
Bar, Aníbal R.³

1. Facultad de Humanidades C.P. 3400
Correo electrónico: juanpablodiaz@med.unne.edu.ar
2. Facultad de Humanidades C.P. 3500
3. Facultad de Humanidades C.P. 3500