

# Neurociencias aplicadas al aprendizaje

**Jahaziel Molina Del Río<sup>1</sup>**  
**Erika Reyes Gómez**

## Introducción

El estudio de los procesos cognitivos ha permitido obtener avances en el entendimiento del comportamiento del ser humano, tanto en su desempeño normal como patológico, brindándonos oportunidades de intervención ante alguna anomalía, así como de mejora en el desempeño cognitivo, pudiendo aplicarse estos hallazgos a situaciones funcionales en la vida diaria de las personas, tal como podría ser en el aprendizaje académico. La disciplina que se ha centrado en el estudio de los mecanismos neuropsicológicos subyacentes al aprendizaje académico es la neuroeducación. De acuerdo con Mora (2013), la neuroeducación se vale de los conocimientos de disciplinas como la psicología, sociología y medicina con la finalidad de mejorar y potenciar los procesos de aprendizaje y memoria de los estudiantes, así como brindar a los profesores mejores métodos de enseñanza. Por su parte, Caicedo-López (2016) refiere como uno de los alcances de la neuroeducación el desarrollar métodos que presenten mayor eficacia y eficiencia en la guía de propuestas para nuevos currículos, así como nuevas políticas educativas fundamentadas en los aportes sobre cómo aprende el cerebro. Abordaremos los principales hallazgos que las neurociencias han aportado al entendimiento

---

<sup>1</sup> Laboratorio de Neuropsicología, Departamento de Ciencias de la Salud, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: jahaziel.mdelrio@academicos.udg.mx

y facilitación del aprendizaje académico, brindando a su vez no sólo las bases para su entendimiento, sino también estrategias que puedan incorporarse de manera práctica a la enseñanza.

## El cerebro

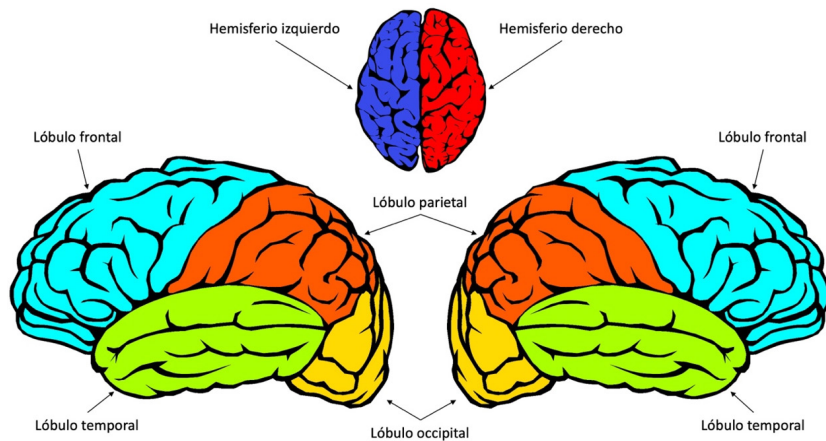
Para entender las bases de la neuroeducación debemos conocer al principal órgano relacionado con el aprendizaje, el cerebro, comprender su desarrollo y su estructuración mediante la cual se sustenta dicho proceso. Partiremos de la unidad estructural y funcional del sistema nervioso, la neurona, misma que mediante su comunicación con otras neuronas y a través del proceso denominado sinapsis, forman el sustento de toda actividad cognitiva. El desarrollo y crecimiento de esta comunicación inicia desde etapas prenatales, con especialización y migración celular durante el segundo trimestre del embarazo (Medina *et al.*, 2015), posteriormente se inicia el proceso de arborización dendrítica, mediante el cual las células presentan un incremento en sus dendritas mismo que se refleja con una mayor comunicación intercelular; a la par, dichas conexiones se van eficientando por medio de la mielinización de los axones, sentando así la base neurofisiológica del desarrollo de los procesos cognitivos.

Sin embargo, la conexión y mielinización neuronal no concluyen con el nacimiento, sino que continúan durante el crecimiento, de ahí que los primeros años de vida representan un periodo crítico en el desarrollo del sustrato neural y, por ende, expresión de los procesos cognitivos. Estudios han demostrado que, tras un incremento del desarrollo de la sustancia gris en los primeros años, continúa un decremento asociado a la pérdida celular y dendrítica programada como parte del desarrollo, proceso denominado poda (en inglés, *pruning*); de manera paralela se presenta un incremento en el volumen de la sustancia blanca lo cual se ha relacionado con el incremento del tamaño axonal, proliferación glial y mielinización (De Bellis *et al.*, 2001; Gogtay *et al.*, 2004). Este proceso se manifiesta desde edades tempranas extendiéndose hasta la juventud, apegándose a la secuencia estructural del desarrollo del sistema nervioso central, iniciando por los centros subcorticales hacia la corteza

y por las regiones primarias (sensitivas y motoras) en expansión hacia las áreas de integración, facilitando mediante el desarrollo de la corteza prefrontal la adecuada ejecución de las funciones ejecutivas, las cuales según se ha reportado extienden su maduración hasta la edad de 30 años (Barriga-Paulino *et al.*, 2011; Casey *et al.*, 2008).

La conformación del encéfalo implica su diferenciación en dos hemisferios cerebrales, cada uno subdividido en cuatro lóbulos, conformados por grupos neuronales que efectúan procesos especializados, los cuales se han asignado a las funciones de cada uno de los lóbulos. De manera general podemos describir las funciones asociadas a cada lóbulo de la siguiente manera; el lóbulo occipital se ha asociado al procesamiento de la información visual con una especialización en sus regiones primarias denominada como retinotópica, esto porque las proyecciones que recibe de una región específica de la retina se procesan en regiones específicas de la corteza occipital; el lóbulo parietal se encarga de procesar la información sensorial proveniente de nuestro cuerpo, incluida la propioceptiva, la organización de sus regiones primarias se denomina somatotópica, la cual corresponde al homúnculo de Penfield sensitivo; el lóbulo temporal procesa información auditiva, de igual forma sus regiones primarias presentan una distribución para este caso denominada tonotópica; finalmente el lóbulo frontal puede subdividirse en tres regiones, motora, premotora y prefrontal, las primeras regiones se asocian a las funciones motoras voluntarias, teniendo a su vez en sus regiones primarias una representación específica la cual ha sido representada mediante el homúnculo de Penfield motor, las regiones prefrontales por su parte se asocian a funciones de orden superior, reconociendo a estas regiones como un orquestador o centro de control que recibe aferencias del resto del cerebro integrándolas para la planeación, ejecución y verificación de la conducta, procesos que se conocen como *funciones ejecutivas* (Figura 1). Los lóbulos descritos representan las áreas corticales del cerebro; sin embargo, es importante recordar que también se encuentran núcleos a nivel subcortical que conforman parte del sistema nervioso central.

*Figura 1. División hemisférica y por lóbulos del encéfalo*



*Fuente:* Elaboración propia.

La llegada de la etapa adulta no representa que el proceso de desarrollo sináptico llegue a su fin, ya que, aunque no se exprese con la misma facilidad que en la etapa infantil, este puede seguirse presentando a través del aprendizaje. Proceso que suele denominarse neurogénesis funcional, pero sería más preciso denominarlo sinaptogénesis, puesto que lo que se promueve no es la generación de nuevos cuerpos celulares, sino el desarrollo de un mayor número de conexiones sinápticas entre las células ya existentes (Green & Bavelier, 2008).

Cabe resaltar que la adecuada conformación del sustrato neurofisiológico por sí solo no asegura el éxito en la manifestación de los procesos cognitivos, sino que forma parte de una serie de factores que interactúan para un óptimo desarrollo del ser humano, entre estos se encuentran los factores congénitos, factores de riesgo pre, peri y post natal, y los factores ambientales y sociales que se presentan durante los primeros años de vida, entre los que podríamos mencionar a la interacción social como el principal medio por el cual se asimilan los procesos cognitivos (Vygotsky, 2000).

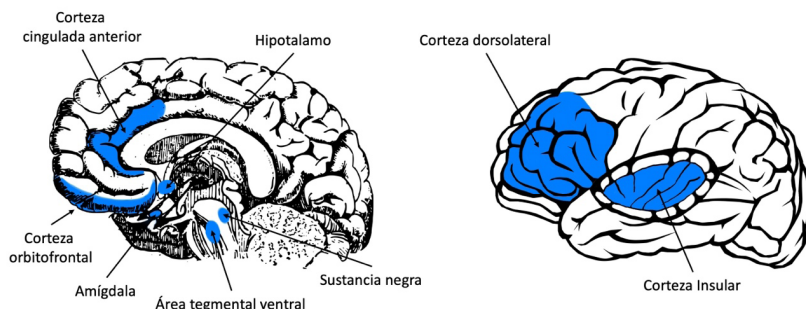
Aunque se ha reconocido la especialización de diferentes regiones cerebrales para el procesamiento de la información, la ejecución de los procesos cognitivos se sustenta bajo la participación coordinada

de diferentes áreas cerebrales, las cuales se interconectan mediante las redes neurales distribuidas por todo el cerebro, a niveles tanto corticales como subcorticales, manteniendo una organización a manera de sistema funcional complejo. Las conexiones a corta y larga escala pueden presentar actividad con diferentes áreas de manera paralela, excitándose o inhibiéndose según la demanda cognitiva, esta organización, tanto estructural como funcional, forma la base sobre la que se llevan a cabo los procesos cognitivos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje, los cuales detallaremos a continuación de manera independiente, resaltando que durante la práctica en la vida cotidiana estos interactúan de manera conjunta.

## **Motivación y emoción**

Desde el punto de vista de las neurociencias, la motivación se entiende como la energía para desplazar conductas dirigidas a la obtención de estímulos o situaciones gratificantes (Mogenson *et al.*, 1980). Tanto la motivación como la emoción comparten circuitos cerebrales, principalmente asociados al sistema dopaminérgico mesolímbico, este sistema integra estructuras del sistema límbico como son el hipotálamo asociado con las recompensas y activación fisiológicas, la amígdala que responde a las características emocionales de la recompensa y la corteza insular la cual se ha asociado a la representación de los estados emocionales. Estas estructuras se comunican con estructuras de la corteza prefrontal, específicamente la corteza orbitofrontal la cual responde al valor y la selección entre las recompensas, la corteza prefrontal dorsolateral la cual se asocia a las representaciones mentales de la recompensa asignándole como una meta a cubrir, y la corteza cingulada anterior la cual se asocia el control ejecutivo de las acciones dirigidas a la meta. Ambos grupos de estructuras conforman un circuito junto con el sistema límbico, en el cual participan estructuras como el área tegmental ventral que comunica información de la recompensa al estriado el cual a su vez se conecta con el globo pálido y la sustancia negra quienes en conjunto con las estructuras premotoras y motoras preparan y ejecutan los comportamientos dirigidos a la meta (Figura 2) (Reeve y Lee, 2012).

Figura 2. Estructuras cerebrales relacionadas con el sistema de motivación y emoción



Fuente: Elaboración propia.

Desde un enfoque clásico se han diferenciado las emociones básicas como la ira, miedo, desagrado, alegría y tristeza (Ekman *et al.*, 1983); sin embargo, los estudios de respuestas de marcadores del sistema nervioso autónomo y su relación con la descripción subjetiva que hacen los participantes sugieren un abordaje que considere las dimensiones de tendencia a la aproximación o evitación, así como la asignación de una valencia positiva o negativa (Mendes y Park, 2014). De acuerdo con esta propuesta se han agrupado las emociones básicas bajo un plano que integra las dimensiones de activación y valencia, en donde la experiencia emocional puede clasificarse como activadora o no activadora y placentera o no placentera (Desmet *et al.*, 2016).

El aspecto motivo-emocional juega uno de los principales roles en el proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que se parte del principio de que no se puede enseñar a quien no quiere aprender. Una de las clasificaciones de la motivación la subdivide en extrínseca e intrínseca (Hernández, 2002), es decir la que viene de fuera de la persona y la que genera por sí misma, ambas se sustentan en el valor emocional que se le asigne, pudiendo ser negativo, lo cual reducirá la motivación hacia el aprendizaje, o positivo, lo cual incrementa la motivación por aprender. En el ámbito académico se han clasificado como factores motivacionales aquellos de logro como sería el deseo de superación y perfeccionamiento, los de obligación que hacen referencia al cumplimiento de las

normas y la autoexigencia, los epistémicos que implican que el conocimiento y el interés por investigar motivan el aprendizaje, los de realización como sería el deseo de generar proyectos y llevarlos a la acción, afiliativos considerados como el deseo de recibir afecto y aprobación por los demás y, los extrínsecos, los cuales se basan en la aspiración por premios y recompensas (Hernández y García, 1991). A su vez estos factores pueden clasificarse como extrínsecos los cuales incluyen el logro de la cualificación, el progreso académico, la aprobación de los cursos y el acceso a actividades sociales, mientras que como factores intrínsecos identifican el entrenamiento profesional, interés epistémico y desarrollo personal (Gibbs *et al.*, 1984).

Más recientemente se han incluido en la clasificación de factores motivacionales en el ámbito académico los personales, pedagógicos, institucionales y sociodemográficos, resaltando que en una muestra de estudiantes universitarios reportaron como prioritarios en su motivación académica los factores personales, entre los que se incluyen el apoyo por parte de la familia nuclear, y los factores pedagógicos, relacionados con las metodologías y explicaciones de los profesores (Briceño-Moraga, 2020). De igual forma en una muestra similar se había descrito como principales factores motivacionales para cursar una materia los intrínsecos, seguido del valor de la tarea, la autoeficacia, las metas extrínsecas, las creencias de control y, finalmente, la ansiedad (Garrote *et al.*, 2016), con lo cual podemos identificar que la motivación académica no depende de un solo factor motivacional. A su vez la motivación integra el componente emocional como uno de sus elementos que acompaña al proceso. En una investigación realizada en estudiantes de nivel secundaria, se encontró que los factores de motivación e inteligencia emocional correlacionan con un mejor rendimiento académico, principalmente la motivación intrínseca asociada con las experiencias estimulantes; el conocimiento y el sentimiento de logro se correlacionaron positivamente con índices de regulación emocional a su vez que su presencia se asoció con un mejor rendimiento académico (Usán y Salavera, 2018).

En este sentido, la relación entre motivación y emoción puede verse afectada a su vez de forma extrínseca, principalmente por quien enseña, cargando de forma negativa la experiencia al externar la demanda del cumplimiento de alguna actividad o dominio de un tema como parte de

un sistema de recompensa o castigo, quien aprende en este caso encuentra el “motivo” en el objetivo del resultado más que en el proceso en sí. Por otra parte, la motivación puede impregnarse de matices positivos cuando el aprendizaje se asocia a los gustos y necesidades de las personas, de esta forma se puede cambiar la perspectiva afectiva a una mayormente positiva al encontrar en el fin un beneficio que motiva a aprender.

Entre las estrategias que se han propuesto para incentivar la motivación en el proceso de aprendizaje se encuentra mantener la curiosidad en las y los estudiantes, puesto que la curiosidad es un proceso natural que ha sido útil en el desarrollo de la humanidad, a su vez la satisfacción de la curiosidad mediante el aprendizaje se ha asociado con la activación del sistema de recompensa dopaminérgico (Bromberg-Martin y Hikosaka, 2009). Dehane (2019) propone tres aspectos a considerar para evitar vulnerar la curiosidad, el primero de ellos consiste en mantener la estimulación apropiada al nivel del niño, tomando en consideración la capacidad de recepción que mantienen en la infancia, limitar los contenidos conlleva a una sensación de no tener más que aprender, reduciendo por consecuencia la curiosidad que estimulaba su interés. En segundo lugar, sugiere mantener la curiosidad con la estimulación apropiada más allá de las edades en que se presenta de manera natural en la infancia; es conocido que en los primeros años, los infantes presentan un interés natural por conocer el mundo. El ingreso a la escolarización no debería representar un obstáculo para dicho fin, sino un incentivo, debiendo alimentar esta curiosidad innata en etapas más avanzadas. Finalmente, recomienda mantener la curiosidad de los aprendices mediante la implementación del aprendizaje activo, el cual consiste en el involucrar a las personas en su proceso de aprendizaje participante, cuestionando, experimentando e investigando, a diferencia del aprendizaje pasivo en el cual toma una postura meramente receptiva supeditado a lo que los y las profesoras enseñan.

Por su parte, Díaz-Barriga y Hernández (2002) proponen incrementar en los y las estudiantes la motivación por el aprendizaje, la cual consiste en que desarrollen un gusto genuino por las actividades escolares, comprendiendo la utilidad social y personal de la mismas, mediante dotar de significado las actividades académicas tales como tareas, proveyéndoles de un fin determinado. Para el cumplimiento de



esto, proponen despertar el interés en las y los estudiantes dirigiendo su atención, estimulando el deseo de aprender lo que favorece el esfuerzo y la constancia y, dirigir dichos esfuerzos e intereses hacia el cumplimiento de propósitos definidos.

El modelo del aprendizaje motivado considera que la motivación surge en gran medida de pensamientos y creencias, los estudiantes pueden influir en lo que aprenden y en cómo lo aprenden (Schunk, 2012). Describe tres fases: antes de la tarea, durante la tarea y después de la tarea. 1) Antes de la tarea: se caracteriza por la identificación de metas tanto académicas como sociales, comprender los materiales de trabajo, realizar un buen desempeño o lograr interacciones sociales amistosas. 2) Durante la tarea: considera las variables de instrucción incluyendo a los profesores, las formas de retroalimentación, los materiales y el equipo, variables de contexto como condiciones ambientales y recursos sociales; variables personales como conocimientos, habilidades y autorregulación. 3) Después de la tarea: periodo para completar las tareas y realizar una autorreflexión que considera los atributos y causas percibidas de los resultados (Schunk, 2012).

*Cuadro 1. Modelo del aprendizaje motivado*

<i>Antes de la tarea</i>	<i>Durante la tarea</i>	<i>Después de la tarea</i>
Metas	Variables de instrucción • Profesor	Autorreflexión • Atributos • Causas de los resultados
Expectativas • Autoeficacia • Resultados	Retroalimentación Materiales Equipo	Metas Expectativas
Valores	Variables contextuales • Pares • Ambiente	Afectos Valores
Afectos Necesidades Apoyo social	Variables personales • Construcción del conocimiento • Adquisición de la habilidad • Autorregulación • Elección de actividades • Esfuerzo • Persistencia	Necesidades Apoyo Social

*Fuente:* Adaptada de Schunk, 2012.

## Sensación y percepción

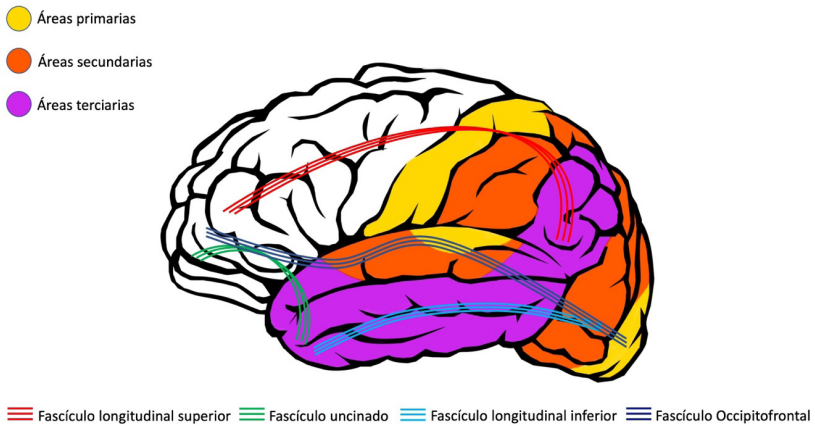
Estableciendo una jerarquía de procesos, la sensación conlleva el acercamiento inicial al procesamiento de la información; implica los aspectos básicos de convertir la información en impulsos nerviosos que puedan ser procesados por el cerebro, fenómeno que se conoce como *transducción*. Consecuentemente, la percepción incorpora la información proveniente de los sistemas sensitivos integrando e interpretando las aferencias; de esta forma, en conjunto con otros procesos cognitivos, se da la interpretación de las experiencias internas y externas (Ardila *et al.*, 2015).

De una manera general se puede asociar el procesamiento perceptual a las regiones posteriores del cerebro, particularmente en los lóbulos occipital, parietal y temporal, los cuales, en conjunto con estructuras subcorticales como el diencefalo, se reconocen como la unidad de procesamiento y almacenamiento de la información (Luria, 1979). El tipo de estímulos que procesa cada uno de estos lóbulos se describió anteriormente, a lo cual debemos complementar la especialización que tiene cada región de dichos lóbulos, que se clasifica en regiones primarias, secundarias y terciarias. Las regiones primarias y secundarias de cada lóbulo procesan información específica a la modalidad sensorial descrita previamente, teniendo las regiones primarias de la corteza visual una organización retinotópica, esto quiere decir que una región específica de la corteza visual procesa información proveniente de un área específica de la retina; por su parte, la corteza auditiva presenta una organización tonotópica, en la cual grupos celulares específicos responden a frecuencias específicas; la corteza somatosensorial presenta una organización somatotópica, cuyo caso se puede ejemplificar mejor mediante el mapa sensorial de Penfield (Penfield y Boldrey, 1937), en el cual se localiza las áreas del cuerpo de las que recibe información cada región particular de la corteza somatosensorial primaria.

Por su parte, las regiones secundarias integran la información proveniente de las regiones primarias para dar sentido a dicha información, dando pie a la percepción. Finalmente, las regiones terciarias, también conocidas de solapamiento, integran información de las diferentes modalidades permitiendo tener una percepción más integrada de los

estímulos. Como se mencionaba anteriormente, la actividad cognitiva se sustenta por la participación paralela de las redes neurales, en este caso, las regiones del procesamiento de la información comparten conexiones con estructuras subcorticales asociadas al procesamiento emocional de los estímulos que percibimos y su activación fisiológica, así como con estructuras de control ejecutivo para el procesamiento activo de la información, esto a través de las conexiones sustentadas por el fascículo longitudinal inferior, el fascículo occipito-frontal, el fascículo uncinado y el fascículo longitudinal superior entre otros (Figura 3).

*Figura 3.* Regiones cerebrales asociadas al procesamiento perceptual y principales fascículos



*Fuente:* Elaboración propia.

El proceso de aprendizaje implica la asimilación de elementos externos que interiorizamos para conformar nuestro conocimiento, permitiéndonos posteriormente generar nuevas inferencias tomando como base los aprendizajes previos. De esta forma el medio principal por el que incorporamos los elementos externos es a través de la sensación y la percepción. De acuerdo con esto es importante desmitificar algunos conceptos que han tomado auge en el ámbito educativo respecto a los “canales de aprendizaje”, que considera la idea de que cada individuo tendría una vía perceptual predominante para aprender ya sea auditiva, visual o kinestésica. Partiendo de los principios de mediatización

de los procesos cognitivos propuestos por la escuela histórico cultural (Bustamante, 1978), la manera de asimilación o interiorización del aprendizaje se vale de herramientas que a través de diferentes planos (concreto, materializado, perceptual y verbal) se integran en la cognición propia de las y los estudiantes. De esta forma la presentación de materiales en diferentes modalidades perceptuales puede mantener una preferencia distinta en cada sujeto de acuerdo con el estadio de interiorización en que se encuentre o las características de los contenidos.

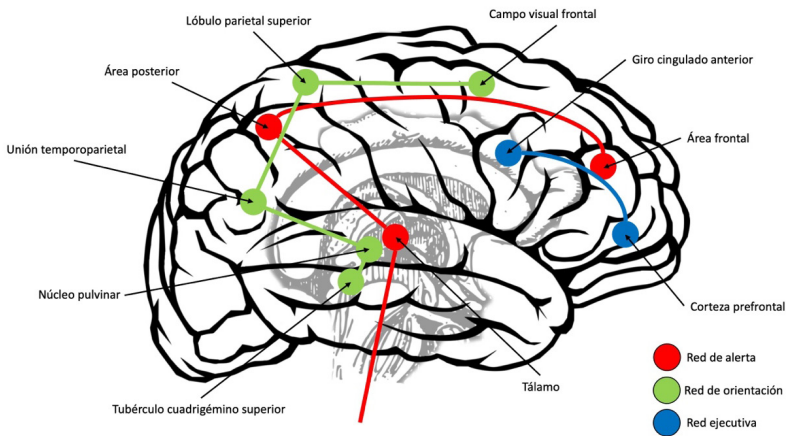
Imaginemos a estudiantes que están aprendiendo la relación entre números y cantidades, los cuales de acuerdo con algún cuestionario aplicado mostraban una preferencia por el canal de aprendizaje auditivo, la asimilación de la noción de la cantidad del número tres estaría relacionada solamente al conteo de la serie, “uno”, “dos”, “tres”; sin embargo, si acompañamos el conteo de su asociación con los dedos (kinestésico) o relacionamos tres objetos o dibujos a la cifra (visual), esta relación quedaría establecida de una manera más completa. El aprendizaje de las nociones aritméticas es un buen ejemplo para reconocer el paso por los diferentes planos perceptivos para asimilar un concepto, puesto que inicialmente podemos incorporar las nociones numéricas a través de objetos concretos, como bolitas de papel, los cuales sustituimos por elementos materializados, como dibujos de las mismas bolitas en un cuaderno, y después de manera verbal para finalmente interiorizar y reconocer mentalmente la cantidad aprendida.

Los estímulos visuales representan uno de los principales medios por los que conformamos nuestra cognición, juega un rol importante en la conceptualización y categorización semántica y, por lo tanto, en el lenguaje (Rivas, 2008). Otro ejemplo de su relevancia es en la conformación de la imaginaria o las imágenes mentales, las cuales a su vez se ha reconocido que se conforman por diferentes tipos perceptuales. De acuerdo con esto, es importante reconocer la utilización de diferentes canales perceptuales dentro del aprendizaje, puesto que, a mayor número de asociaciones disponibles, mayores elementos para recuperar la información que podemos tener, evitando encasillar el aprendizaje hacia un solo canal perceptual.

## Atención

Integrando los procesos cognitivos previamente vistos, la atención representa la posibilidad de mantener un estado de alerta y conciencia tal que permita la incorporación de los elementos externos que procesamos a través de la percepción. Implica la capacidad de selección de los estímulos externos e internos de manera consciente, así como el mantenimiento de ese estado para el adecuado procesamiento (Posner *et al.*, 2006). Dicho proceso cognitivo se sustenta por la participación de tres redes neuronales: la red de alerta, la de orientación y la ejecutiva, mismas que se han reconocido como las redes atencionales. La red de alerta, la cual involucra estructuras cerebrales asociadas al mantenimiento del estado de conciencia y vigilia, proveniente del sistema reticular activador ascendente y las vías de distribución noradrenérgica que se integran por el tálamo, el área parietal posterior y el área frontal. La red de orientación es responsable de dirigir nuestros canales perceptivos hacia la fuente que deseamos atender, se integra por los colículos superiores, el núcleo pulvinar del tálamo, la unión temporoparietal, el lóbulo parietal superior, y el área del movimiento de los ojos en la región motora. Finalmente, la red ejecutiva se encarga de la selección y el mantenimiento del estado atencional, así como del control inhibitorio y la alternancia para ejecutar los diferentes tipos de atención, se integra principalmente por estructuras de las regiones anteriores del cerebro, como la corteza prefrontal y el giro cingulado anterior, quienes reciben aferencias de los demás sistemas para la adecuada ejecución atencional (Posner *et al.*, 2006; Figura 4).

Figura 4. Distribución cerebral de las redes atencionales



Fuente: Elaboración propia adaptada de Posner *et al.*, 2006.

Dentro de los tipos de atención encontramos la focalizada, la cual implica el estado óptimo de alertamiento y dirección inicial de la atención hacia aquellos estímulos de interés. Este tipo de atención estaría principalmente ligada a las redes de alerta y orientación, pudiendo ser dispersa, hasta que participan el sistema ejecutivo que da pie a la atención sostenida, la cual propicia el mantenimiento de la atención de manera voluntaria por el periodo que sea necesario. La orientación y mantenimiento de la atención no limita la presencia de otros estímulos intrínsecos o extrínsecos que podrían desviar la atención. Es aquí donde interviene la atención selectiva, mediante la cual elegimos y priorizamos ciertos estímulos sobre otros, inhibiendo aquellos que no resulten relevantes. Operativamente sería complicado realizar alguna actividad manteniendo nuestra atención hacia un estímulo exclusivo, inhibiendo otros elementos del entorno que puedan resultar importantes. Para esto, hacemos uso de la atención dividida, la cual nos permite procesar y atender de manera simultánea diferentes actividades; con la misma finalidad, pero diferente estrategia, también contamos con la atención alternante, la cual, a diferencia de la dividida, no funciona de manera simultánea; sin embargo, nos da la capacidad de alternar entre estímulos y actividades que requieren nuestra atención para llevar a cabo las

tareas necesarias, ambos tipos de atención también son sustentadas por la red ejecutiva (Ardila y Ostrosky, 2012).

Integrando la información vista hasta el momento consideremos incorporar en la práctica docente estímulos en diferentes modalidades perceptuales de manera tal que resulten llamativos para los estudiantes, motivándolos a dirigir su atención hacia aquellos elementos que presentamos, considerando que la participación activa fomenta la atención sostenida, alternante y dividida. Esto se logra al involucrar a los estudiantes en las construcciones de sus conocimientos, mediante técnicas de aprendizaje basado en proyectos o en problemas. De esta forma, podemos identificar que la atención cumple un rol importante en el aprendizaje, siendo considerada como uno de los pilares fundamentales por Dehane (2019).

## **Memoria**

La memoria podría ser considerada como el proceso cognitivo mayormente vinculado al aprendizaje. Sin embargo, se debe reconocer que, aunque juega sin duda un rol importante, la memoria por sí sola no es sinónimo de aprendizaje. La memoria es el proceso cognitivo que nos permite registrar, retener y recuperar información en diferentes modalidades y periodos (Ardila y Ostrosky, 2012).

Al igual que otros procesos cognitivos, no es localizable a una sola estructura cerebral, sino que depende de la integración de diferentes regiones cerebrales. De manera general, podemos localizar el almacenamiento inmediato de los estímulos sensoriales a las regiones en que se procesa cada estímulo, descritas anteriormente; de esta forma, la memoria auditiva se vincula al lóbulo temporal, la memoria visual al lóbulo occipital y la memoria somatosensorial al lóbulo parietal. Procesos más complejos de memoria como la memoria para los nombres, para los rostros y visoespacial se asocian a las regiones de solapamiento descritas anteriormente, involucrando la participación de los diferentes lóbulos según las modalidades involucradas. El paso de la retención de la información de forma inmediata a una retención más duradera se asocia al hipocampo, quien junto con otras estructuras subcorticales participan

en diferentes modalidades de memoria, por ejemplo, la amígdala para la asignación del valor emocional y los ganglios basales involucrados en la memoria motora. Aquellas memorias que persisten se almacenan de manera distribuida en forma de circuitos o redes involucrando diferentes partes del cerebro, integrando nodos conformados por grupos celulares de cada uno de los componentes que conforman el recuerdo, se ha evidenciado que tras la conformación de una memoria, la activación de uno solo de sus nodos es suficiente para evocar el recuerdo (Carrillo-Reid *et al.*, 2019). La constante activación de esa red propicia una facilitación en su comunicación, fenómeno conocido como potenciación a largo plazo.

El desarrollo de la memoria surge desde edades muy tempranas, existiendo evidencias de que niños dentro de los primeros meses de vida comienzan a tener asociaciones de acciones a las que corresponde una respuesta, por ejemplo, la activación de un juguete asociada a la movilización de alguna de sus extremidades (Rovee-Collier, 1997); a su vez, se ha evidenciado que la permanencia de los recuerdos presenta un incremento gradual en los primeros años de vida, de tal forma que niños de uno y dos años de edad olvidan una actividad de asociación de imágenes en un promedio de una semana, mientras que niños de tres años llegan a recordar aun un mes después de presentado el estímulo; los niños de cuatro años logran retener la información hasta por seis meses (Hayne *et al.*, 2015).

Considerando la organización cerebral de la memoria a través de redes neuronales y retomando los procesos vistos previamente podemos considerar la incorporación de distintas modalidades perceptuales y situacionales que generen emociones positivas para que se fortalezcan y consoliden de mejor forma los aprendizajes. De esta forma si al aprender un concepto referido de forma verbal, ejemplificamos con imágenes, situaciones aplicadas, inducimos a los y las estudiantes a participar de forma activa y mantenemos su atención, cuando el concepto deba ser recuperado tendrá diferentes vías de acceso a su memoria, ya sea a través de los estímulos perceptuales, verbales, emocionales, etc.

La clasificación de la memoria de manera inicial la subdivide en corto y largo plazo, siendo la memoria a corto plazo aquella que almacena información en un formato accesible por un corto periodo. La



memoria a largo plazo, por su parte, se subdivide en procedimental y declarativa; la memoria procedimental implica el aprendizaje de procedimiento que realizamos de manera autónoma, que no necesitan ser declarados, ya sean secuencias motoras como andar en bicicleta o escribir, así como patrones cognitivos (Cecilio, 2005). En cuanto a la memoria declarativa, esta se subdivide en dos: la memoria semántica y la memoria episódica. La memoria episódica es aquella que retiene información asignando una huella de temporalidad, que nos permite ubicar los recuerdos con respecto a la época o momento en que sucedieron. Finalmente, la memoria semántica es aquella de los conceptos y códigos, principalmente asociada al lenguaje, misma que se estructura a manera de redes semánticas.

De acuerdo con Schunk (2012) la codificación es el proceso que permite la integración de nueva información en el sistema de procesamiento, para almacenarla en la memoria a largo plazo. A través de este proceso la información se transforma en una representación mental, se etiqueta y organiza con otra información similar conectando nuevos conceptos con los preexistentes. En la codificación influyen algunos factores importantes. Estos son la organización, la elaboración y las estructuras del esquema, cada uno de ellos representa un elemento favorable para la generación de aprendizaje a través de su aplicabilidad a los contextos escolares.

La organización consiste en clasificar y agrupar información en conjuntos organizados de manera jerárquica. Así, por ejemplo, listar o realizar un gráfico con las categorías del reino animal o los diferentes ecosistemas permite al niño interiorizar las características y la relación entre los elementos. La elaboración implica expandir la información integrando nuevos elementos y relacionándolos con elementos previos, los alumnos por ejemplo pueden integrar a fechas históricas una descripción más detallada de los hechos o, en cuestiones matemáticas, integrar en los problemas de razonamiento más de una operación aritmética. Los esquemas organizan grandes cantidades de información de manera significativa, ayudan a comprender información e identificar una secuencia de pasos o procedimientos, como pueden ser el ciclo del agua, las partes de una planta y el proceso de fotosíntesis, los cuales son temas apropiados para implementar esta estrategia (Schunk, 2012).

## Comunicación

Para el caso de este capítulo consideraremos dentro de la comunicación los procesos cognitivos de lenguaje y lectoescritura, puesto que precisamente a través de ellos los seres humanos comparten un mensaje que se transmite de un emisor a un receptor, ya sea a través de la verbalización como en el caso del habla o del texto como en el caso de la lectoescritura. De acuerdo con Luria (1986), el lenguaje es un sistema de códigos objetivos el cual se forma en el proceso de la historia social y sirve para designar cosas, acciones, propiedades y relaciones, mediante las cuales formamos categorías. Por su parte, Vygotsky (1995) resaltaba la relación entre el lenguaje y el pensamiento, puesto que a través del lenguaje se conforma el pensamiento abstracto, dando pie a la consciencia categorial. Al ser procesos de mayor complejidad, ya que integran en su ejecución a los procesos previamente descritos, su organización cerebral comparte áreas en común y mantiene especificidad en algunas otras. De manera general, el lenguaje se lateraliza hacia el hemisferio izquierdo, en donde participan para su comprensión estructuras relacionadas con el procesamiento auditivo como son al área de Wernicke, localizada en el lóbulo temporal, así como las regiones asociadas a la memoria auditiva localizadas en el mismo lóbulo. La relación entre los conceptos y las imágenes que generamos para su representación se asocia a la región occipito-temporal mientras que la comprensión de estructuras lógico-gramaticales complejas se asocia a la participación de estructuras parietales posteriores. En cuanto a la producción del habla, las áreas principalmente vinculadas son el área de Broca, localizada en la región premotora del lóbulo frontal y responsable de la secuenciación de los patrones motores del habla, misma que recibe aferencias de las regiones parietales primarias la cuales reciben información de la posición del aparato fono-articulador (Arellano *et al.*, 2021).

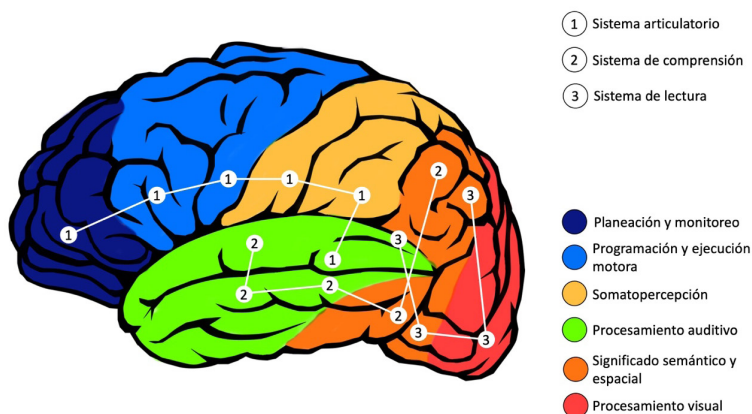
El proceso de lectoescritura requiere como antecedente la adecuada formación del lenguaje, el cual es asimilado por las personas principalmente a través de la escolarización, pues a diferencia del lenguaje requiere una enseñanza específica, siendo primer objetivo y posteriormente herramienta de aprendizaje. Respecto a las áreas cerebrales involucradas en la lectoescritura, encontramos como primera vía de acceso

de la información a las vías visuales, que proyectan en la corteza occipital de cada hemisferio, enviando información a la región occipito-temporal ventral, la cual participa en la identificación de manera eficiente de las palabras. Ante un adecuado desarrollo del lenguaje a las palabras se les asigna su correspondencia fonémica y se da acceso a su significado, esto mediante el sistema que incorpora la participación de las regiones temporales y del lóbulo parietal en su unión localizada en el giro angular (Nevills, 2014). Durante la lectura participan las mismas áreas de producción del lenguaje, quienes reciben las aferencias de los sistemas visuales y de reconocimiento de las palabras que revisamos anteriormente, se ha identificado que inclusive durante la lectura silenciosa se observa activación de las regiones motoras del lenguaje, debido al fenómeno denominado subvocalización lexical. En cuanto a la escritura, esta presenta una expresión práxica ejecutada a través de la coordinación de la extremidad superior dominante en cada persona, requiriendo un control de trazos finos ejecutados mediante la pinza manual para trazar las grafías correspondientes a cada elemento lingüístico que conforman las palabras mediante las cuales se quiere transmitir el mensaje. Como vimos, los procesos de lenguaje y lectoescritura se sustentan por la integración sistémica de estructuras relacionadas al procesamiento perceptual y ejecución motora, a las que se unen aquellas estructuras tanto corticales como subcorticales ligadas a procesos como la atención, la memoria y la emoción (Figura 5).

Es reconocido, de acuerdo con la postura histórico-cultural, que uno de los niveles de interiorización de los procesos cognitivos es el verbal, al cual antecede el concreto, materializado y perceptual, la conceptualización del lenguaje, conformando lo que es la memoria semántica, da pie a lo que se suele denominar como la duplicidad del mundo, pues ahora tenemos una representación mental de los objetos y conceptos, permitiéndonos no depender de lo concreto y el contexto para hacer referente a los fenómenos del mundo que nos rodea. De esta forma, al estar aprendiendo, damos nombre a las cosas, a los procesos, inclusive a los abstractos, los conceptualizamos desde los conocimientos previos; posteriormente, al interiorizarlos podemos recuperarlos solamente de manera verbal sin que estén presentes, puesto que el lenguaje se vuelve una herramienta para la manifestación de nuestro pensamiento

(Bustamante, 1978). También juega un rol de regulación, ya que se ha evidenciado la función reguladora del lenguaje para la conducta, herramienta que se emplea constantemente en el ambiente académico mediante el llamado al orden y a la atención, inclusive mediante formas muy lúdicas mediante frases como “La lechuza hace...Shhh”, usada para incitar a guardar silencio. A su vez, la escritura representaría otro sistema que nos permite la duplicidad y, en este caso, permanencia del pensamiento en un formato gráfico para su posterior revisión; de esta forma, el empleo de la escritura como un sistema de doble revisión de los contenidos (primero verbal y luego gráfico) sigue siendo una herramienta útil para el aprendizaje (Wiley y Rapp, 2021), por lo que el incorporar la escritura manual dentro de las estrategias de estudio resulta en una posibilidad de mejora del proceso de aprendizaje.

*Figura 5.* Regiones y sistemas cerebrales asociadas al procesamiento del lenguaje y la lectoescritura



*Fuente:* Elaboración propia.

## Funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas se entienden como aquel conjunto de procesos que empleamos para el adecuado desenvolvimiento en las actividades de la vida diaria. De acuerdo con Estévez-González y colaboradores (2000), incorporan dentro de su conceptualización la capacidad de

iniciar, modular e inhibir otros procesos cognitivos tales como la atención, la capacidad de interactuar productivamente con otros en discusiones y conversaciones, así como, la capacidad de planificar y controlar la conducta dirigida hacia una meta, permitiéndonos a su vez verificar el resultado y corregirlo en caso de ser necesario. De manera general las funciones ejecutivas se relacionan con la participación de las regiones de la corteza prefrontal y de la corteza cingulada anterior. La corteza prefrontal se subdivide a su vez en tres regiones: 1) la porción dorsolateral asociada con el procesamiento complejo e integración y manipulación de las aferencias que recibe de otras regiones a través de los fascículos longitudinal superior, longitudinal inferior, occipito-frontal e uncinado, entre otros; 2) la porción medial, localizada por la parte interna de los hemisferios, se vincula con el procesamiento y gestión de la activación y atención, recibiendo aferencias de los sistemas dopaminérgicos provenientes del circuito meso-cortico-límbico, y, finalmente, 3) la porción orbitofrontal, localizada en la parte ventral del lóbulo frontal, se relaciona con el sistema límbico participando en la regulación emocional (Flores y Ostrosky, 2008).

Las funciones ejecutivas se reconocen como procesos integradores, ya que reciben y gestionan información de otros procesos cognitivos para su adecuado desempeño, a su vez son uno de los procesos que más tardíamente teminan de desarrollarse completamente, teniendo un rol importante en el fortalecimiento y consolidación de otros procesos relacionados al aprendizaje (González, 2015). Entre los procesos que integran las funciones ejecutivas encontramos las siguientes (Flores y Ostrosky, 2008):

1. La planeación, la cual se reconoce como la capacidad para incorporar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para llegar a nuestros objetivos.
2. El control inhibitorio, también conocido como control conductual, es aquella capacidad de regular nuestra conducta permitiéndonos retrasar o inhibir respuestas impulsivas.
3. La flexibilidad mental, proceso mediante el cual ajustamos nuestros esquemas de comportamiento y pensamiento de acuerdo a la retroalimentación del resultado.

4. La memoria de trabajo, proceso que nos permite mantener y recuperar información de manera activa.
5. La fluidez, habilidad de acceder y recuperar información de una manera rápida y efectiva.
6. La mentalización, también conocida como teoría de la mente, proceso mediante el cual reconocemos que las otras personas tienen una mente distinta a la nuestra la cual puede verse afectada por nuestros actos y nuestras decisiones
7. La metacognición, capacidad de reconocer y monitorear nuestros propios procesos cognitivos, entre otras.

Como puede identificarse, las funciones ejecutivas integran información de los distintos procesos cognitivos para su empleo en situaciones de la vida cotidiana. El aprendizaje en sí requiere del uso constante de las funciones ejecutivas, tanto para quien enseña mediante el uso de la planeación de sus clases, la mentalización de la forma en que sus estudiantes tendrán un mejor aprendizaje, la flexibilidad cognitiva para cambiar estrategias a la vista de que no están resultando efectivas, etcétera. De igual forma, los aprendices deben implementar el control inhibitorio para atender a las clases sin distracción, la memoria de trabajo para mantener y emplear de manera activa la información vista en clase, la fluidez mental para recuperar información de manera efectiva, por ejemplo. En este sentido, quizá la metacognición sea una de las funciones ejecutivas mayormente reconocida en la educación, puesto que representa la capacidad de analizar nuestro propio proceso de aprendizaje y, con este reconocimiento, identificar fortalezas y debilidades para extinguir aquellos elementos que limitan, y potenciar aquellas estrategias que facilitan nuestro aprendizaje.

## **El proceso de aprender**

Debemos considerar que nuestro comportamiento se sustenta por la ejecución simultánea de diferentes procesos cognitivos, los cuales a su vez están soportados por la activación sistémica de diferentes estructuras cerebrales; en ese sentido, aunque abordamos los procesos cognitivos

de manera individual, durante las situaciones de enseñanza-aprendizaje suceden de manera simultánea, por lo que la efectividad de las estrategias implementadas debería considerar a la persona de una forma integral, reconociendo su individualidad y su rol en los grupos sociales en que se desenvuelve y por los que se ve afectada.

De acuerdo con lo anterior, se han realizado algunas propuestas que incorporan los conocimientos aportados por las neurociencias al proceso de enseñanza-aprendizaje. Una de ellas es la realizada por Stanislas Dehane (2019), quien identifica cuatro pilares fundamentales para el aprendizaje. En el primero de ellos, reconoce a la atención como un proceso primordial que nos permite asignar la relevancia necesaria a los estímulos que queremos aprender, así como ignorar aquellos posibles distractores; el segundo pilar implica el compromiso activo, guiado principalmente por la curiosidad que permita a las y los aprendices involucrarse en su proceso de aprendizaje no de una forma pasiva, sino a través del descubrimiento; el tercer pilar implica la retroalimentación como un elemento importante en el aprendizaje, pero no a manera de castigo o como consecuencia negativa del error, sino desde la evaluación y la corrección, implicando un acompañamiento importante del o la docente; el cuarto pilar corresponde a la consolidación, ya que a través de la adquisición de la experiencia reducimos el uso de recursos neuronales, puesto que se hacen más eficientes los sistemas de los procesos cognitivos automatizados.

Otra propuesta de intervención sobre los procesos cognitivos que puede aplicarse al aprendizaje es la referida por Molina (2020), la cual sugiere la incorporación de tres fases que se dividen en la asimilación, la consolidación y la transferencia. La asimilación implicaría el proceso que regularmente podemos entender como aprendizaje, es decir la transferencia del conocimiento de quien enseña a quien aprende; sin embargo, el elemento clave de la asimilación es el proceso que implica el paso de los contenidos de una persona a otra, el cómo nos aseguraremos de que esa persona haga propios o interiorice aquello que queremos transmitirle; para esto, el apoyo de estrategias como el aprendizaje directo, el aprendizaje sin errores y el empleo de herramientas que permitan el paso del plano concreto hacia el abstracto. La segunda fase implica, al igual que la propuesta anterior, la consolidación, cuyo fin

es el dominio de los aprendizajes mediante la práctica, mecanización y memorización, pudiendo valerse de los principios del entrenamiento cognitivo el cual implica la práctica repetida de actividades orientadas a la mejora de uno o varios procesos cognitivos, desmitificando así la idea de que la repetición no es buena para el aprendizaje, siempre y cuando no se estanque en el trabajo con los mismos elementos, para lo cual la aplicación de la fase siguiente busca evitar el estancamiento. La tercera fase implica la transferencia, basada en las consideraciones de que el aprendizaje aplicado resulta en un aprendizaje significativo, de esta forma llevar los contenidos que hemos asimilado y posteriormente consolidado a un escenario o contexto distinto al aprendido, implica su aplicación a situaciones prácticas a través de estrategias pedagógicas como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el análisis de casos.

Desde la teoría del procesamiento de la información podemos identificar la propuesta “Fases del aprendizaje” de Gagné quien en 1985, a través de la instrucción, considerada como un conjunto de sucesos diseñados para facilitar los procesos internos del aprendizaje, establece nueve fases agrupadas en tres categorías que permiten lograr cinco tipos de aprendizaje, habilidades intelectuales, de información verbal, estrategias cognitivas, habilidades motoras y actitudes (Schunk, 2012). La categoría 1 consiste en la preparación para el aprendizaje, implica actividades introductorias con tres fases: captar la atención, establecer expectativas y recuperar información preexistente. La categoría 2 se refiere a la adquisición y el desempeño, con cuatro fases: 1) percepción selectiva mediante el registro de las características de los estímulos o materiales, 2) la codificación semántica con la integración de un nuevo conocimiento a la memoria a largo plazo; 3) recuperación y respuesta, en la cual los alumnos recuperan información y demuestran lo que aprendieron y, finalmente, 4) el reforzamiento en el que se retroalimenta y confirman las respuestas o se proporciona información correctiva. Por último, la categoría 3 consiste en las transferencias del aprendizaje que incluye las fases claves de recuperación, en donde los estudiantes reciben información sobre la aplicación de conocimientos a nuevas situaciones, así como la generalización mediante la aplicación de las habilidades logradas a diferentes contextos.



*Cuadro 2. Acontecimientos educativos que acompañan las fases de aprendizaje de Gagné*

<i>Fase</i>	<i>Acontecimiento educativo</i>
Poner atención	Informar a la clase que es hora de comenzar.
Expectativas	Informar a la clase los objetivos de la lección, así como el tipo y cantidad de desempeño que se espera.
Recuperación	Pedir a la clase que recuerde reglas y conceptos subordinados.
Percepción selectiva	Presentar ejemplos del concepto nuevo o regla.
Codificación semántica	Proporcionar claves para recordar la información.
Recuperación y respuesta	Pedir a los estudiantes que apliquen el concepto o regla a ejemplos nuevos.
Reforzamiento	Confirmar la exactitud del aprendizaje de los estudiantes.
Claves de recuperación	Aplicar un examen breve sobre el material nuevo.
Generalización	Hacer repasos especiales.

*Fuente:* Tomado de Schunk, 2012.

## **Conclusiones**

La comprensión de las implicaciones de los procesos cognitivos en el aprendizaje, y sus aplicaciones en el contexto educativo, demanda conocimiento y objetividad, con una mayor veracidad en la identificación de los elementos y recursos necesarios para favorecer el aprendizaje, la correcta identificación de la estrategia para alcanzar los objetivos escolares y sociales, que propicien el desarrollo integral del estudiante para su adaptación a diferentes contextos y etapas de desarrollo.

El entendimiento de los procesos cognitivos desde lo individual, así como de su interacción durante las dinámicas que suceden en el escenario escolar, debería ser un elemento a considerar dentro de las planeaciones académicas, formando estrategias desde las neurociencias aplicadas a la educación que propicien un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta forma, se abre un nuevo panorama con múltiples opciones de intervención efectiva en el ámbito de la educación.

## Referencias

- Ardila, A., Arocho, J. L., Labos, E., & Rodríguez, W. (2015) *Diccionario de Neuropsicología*.
- Ardila, A., & Ostrosky F. (2012). *Guía para el Diagnóstico Neuropsicológico*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arellano, F. J., Moreno, G. F., Culqui, C. O., & Tamayo, R. V. (2021). Procesamiento cerebral del lenguaje desde la perspectiva de la neurociencias y la psicolingüística. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(2), 292-308.
- Barriga-Paulino, C. I., Flores, A. B., & Gómez, C. M. (2011). Developmental changes in the EEG rhythms of children and young adults. *Journal of psychophysiology*, 25(3), 143-158.
- Briceño-Moraga, A. (2020). Factores que determinan la motivación por aprender en estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 3(1), 19-27. <https://doi.org/10.5377/recsp.v3i1.9789>
- Bromberg-Martin, E. S., & Hikosaka, O. (2009). Midbrain dopamine neurons signal preference for advance information about upcoming rewards. *Neuron*, 63(1), 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.06.009>.
- Bustamante, M. (1978). El desarrollo psicológico del niño según la psicología soviética. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 10(3), 411-422.
- Caicedo-López, H. (2016). *Neuroeducación. Una propuesta educativa en el aula de clase*. Ediciones de la U.
- Carrillo-Reid, L., Han, S., Yang, W., Akrouh, A., & Yuste, R. (2019). Controlling visually guided behavior by holographic recalling of cortical ensembles. *Cell*, 178, 1-11.
- Casey, B. J., Getz, S., & Galvan, A. (2008). The adolescent brain. *Developmental Review*, 28, 62-77.
- Cecilio, D. (2005). Una revisión de los modelos de la memoria de reconocimiento y sus hallazgos empíricos. *PSIC*, 6(2), 23-32.
- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Beers, S. R., Hall, J., Frustaci, K., Masalehdan, A., Noll, J., & Boring, A. M. (2001). Sex differences

- in brain maturation during childhood and adolescence. *Cerebral Cortex*, 11, 552-557.
- Dehane, S. (2019). *¿Cómo aprendemos? Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro. Siglo XXI.*
- Desmet, P. M. A., Vastenburg, M. H., & Romero, N. (2016). Mood measurement with Pick-A-Mood: Review of current methods and design of a pictorial self-report scale. *Journal of Design Research*, 14(3), 241-279.
- Díaz-Barriga, F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo.* McGraw-Hill.
- Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 221(4616), 1208-1210.
- Estévez-González, A., García-Sánchez, C., & Barraquer-Bordas, Ll. (2000). Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 31(6), 566-577.
- Flores, J. C., & Ostrosky, F. (2008). Neuropsicología de los lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Garrote, D., Garrote, C., & Jiménez S. (2016). Factores influyentes en motivación y estrategias de aprendizaje en los alumnos de grado. *REICE*, 14(2), 31-44. <https://doi.org/10.15366/reice2016.14.2.002>
- Gibbs, G., Morgan, A., & Taylor, E. (1984). The word of the learner. En: Marton, F., Entwistle, N., Housell, D. (Eds.). *The Experience of Learning.* Scottish Academic Press.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). *PNAS*, 101(21), 8174-8179.
- González, M. G. (2015). *Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en preescolar.* Manual Moderno.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2008). Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. *Psychology and Aging*, 23(4), 692-701. <https://doi.org/10.1037/a0014345>

- Hayne, H., Inmuta, K., & Scarf D. (2015). Memory development during infancy and early childhood across cultures. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 15, 147-154.
- Hernández, M. (2002). *Motivación animal y humana*. Manual Moderno.
- Hernández, P., & García, L. (1991). *Psicología y enseñanza del estudio*. Pirámide.
- Luria, A. R. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Distribuciones Fontamara.
- Luria, A. R. (1979). *El cerebro en acción*. Editorial Fontanella.
- Medina, M. P., Kahn, I. C., Muñoz, P., Leyva, J., Moreno, J., & Vega, S. M. (2015). Neurodesarrollo infantil: características normales y signos de alarma en el niño menor de cinco años. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(3), 565-573.
- Mendes, W. B., & Park, J. (2014). Neurobiological concomitants of motivational states. *Advances in Motivation Science*. Academic Press, pp. 233-270.
- Mogenson, G. J., Jones, D. L., & Yim, C. Y. (1980). From motivation to action: functional interface between the limbic system and the motor system. *Progress in Neurobiology*, 14, 69-97.
- Molina, J. (2020). Mejoramiento en el desempeño cognitivo a través de la asimilación, consolidación y transferencia. En J. Molina, R. M. Hidalgo, D. Ortiz & A. A. Villegas (Coords.), *Aplicaciones multidisciplinarias sobre la cognición y el comportamiento* (pp. 153-173). Editora Nómada. <https://doi.org/10.47377/LCMB8359>
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.
- Nevills, P. (2014). El cerebro alfabetizado. En D. Sousa (Ed.), *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación*. Narcea.
- Penfield, W., & Boldrey, E. (1937). Somatic Motor and Sensory Representation in the Cerebral Cortex of Man as Studied by Electrical Stimulation. *Original Articles and Clinical Cases*, pp. 389-443.
- Posner, M., Sheese, B. E., Odludas, Y., & Tang, Y. (2006). Analyzing and shaping human attentional networks. *Neural Networks*, 19, 1422-1429.

- Reeve, J., & Lee, W. (2012). Neuroscience and human motivation. En R. M. Ryan (Ed.), *The Oxford Handbook of Human Motivation* (pp. 365-380). Oxford University Press.
- Rivas, M. (2008). *Procesos cognitivos y aprendizaje significativo*. Comunidad de Madrid.
- Rovee-Collier, C. (1997). Dissociations in infant memory: rethinking the development of implicit and explicit memory. *Psychological Review*, 104, 467-498.
- Schunk, D. H. (2012). *Teorías del aprendizaje. Una perspectiva educativa*. Pearson.
- Usán, P., & Salavera, C. (2018). Motivación escolar, inteligencia emocional y rendimiento académico en estudiantes de educación secundaria obligatoria. *Actualidades en Psicología*, 32(125), 95-112. <https://doi.org/10.15517/ap.v32i125.32123>
- Vygotsky, L. S. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Ediciones Fausto.
- Vygotsky, L. S. (2000). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica.
- Wiley, R. W., & Rapp, B. (2021). The effects of handwriting experience on literacy learning. *Psychological Science*, 32(7), 1086-1103. <https://doi.org/10.1177/0956797621993111>