**INCLUSIÓN DE LA NEUROCIENCIA**

**EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA**

Rubén Mesía Maraví

Rubén Mesía Maraví (n. 1941) es profesor principal a dedicación exclusiva de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es Doctor en Educación por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Magíster en Educación por la misma universidad y por la Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”. Se ha desempeñado como Director de la Escuela de Educación, Director de la Unidad de Postgrado y Director del Instituto de Investigaciones Educativas. Actualmente imparte las asignaturas I y II de “Didáctica de la Química” y “Didáctica de la Biología”. Varios de sus artículos sobre docencia han aparecido con anterioridad en esta página web.

***Algunas consideraciones generales***

La globalización ha situado el conocimiento y la información entre sus ejes básicos. Se ha revalorizado el papel de la mente humana, tanto que Weber indica que “los fundamentos de la nueva economía no residen en la tecnología, en el microchip o en la red global de telecomunicaciones, sino en la mente humana”. Entonces, las instituciones educativas, en tanto formadoras de la conducta y la mente de los individuos, son organizaciones clave para una sociedad del saber, pero verdaderamente no están en condiciones de responder a las presiones sociales, políticas y económicas que se orientan a mejorar los resultados educacionales y hacer de las instituciones educativas unas organizaciones mucho más eficientes y actualizadas. En consecuencia, se ha producido un notable divorcio entre los profesionales de la educación y las instancias políticas de decisión.

Por otra parte, si bien las finalidades básicas de la educación tienen que ver, en un plano individual, con el ser humano, su formación y su desarrollo y bienestar, pero también tienen que ver con su integración social. Entonces, ya en un plano más general, el proceso tiene indudables e importantes implicaciones en la sociedad que la alberga, lo cual la educación aún no lo asume con el rigor y la seriedad necesarios. Este es un factor más que la aleja de su realidad social y política.

En tal sentido, otro factor a tener en cuenta es el hecho de que la investigación en educación no goza de mayor fortaleza y se ha recurrido a la psicología y la sociología para que proporcionen a la educación algunos fundamentos epistemológicos sólidos. Aquel triángulo constituido por los investigadores, los profesores y las instancias políticas de decisión, de quienes depende la mejora de los sistemas de educación, han permanecido aislados en sus desconfianzas recíprocas.

En las últimas décadas, sobre todo en los países más avanzados, se ha dado un giro sustantivo y novedoso a los enfoques respecto a la investigación acerca del proceso educativo y se ha dedicado un mayor esfuerzo a los análisis entre las bases de conocimiento de la educación y de la medicina o de la educación y de la tecnología para lograr algunos aspectos que orienten a los profesores, a los investigadores y a las instancias políticas de decisión hacia la elaboración de modelos efectivos de producción y consolidación del conocimiento en educación.

Es en ese contexto que se ha puesto en marcha una iniciativa, en 1999 en el CERI-OCDE, el proyecto denominado “Ciencias del aprendizaje e investigación sobre el cerebro” cuyo fundamental objetivo es aproximar al mundo de la educación los avances que se vienen acumulando en el ámbito de la neurociencia. Esto, entre muchas otras razones, porque el conocimiento de la activación de diferentes áreas cerebrales en los procesos sean estos cognitivos o emocionales, aporta información significativa para comprender, desde sus fundamentos, los procesos de aprendizaje, permitiendo así orientar mejor las políticas y prácticas educativas.

*El acercamiento entre la neurociencia* y *la educación resulta de utilidad para ambas. Es que si bien los profesores están capacitados para identificar comportamientos regulares* y *rasgos consistentes en el aprendizaje, ello, por su parte,* va a *requerir que* se *disponga de una sólida explicación científica de base para que mejore la calidad de la práctica docente. Por otra parte, los investigadores en educación aportan un conocimiento consolidado* y *de base empírica sobre la educación. Ambas fuentes de conocimiento experto aportan* a *los neurocientíficos hechos* y *problemas relevantes que permiten identificar,* a *nivel cerebral, procesos vinculados con tales hechos* y *aportar al respecto explicaciones útiles.*

Los teóricos del conocimiento por este tipo de “fertilización cruzada” que se instaura entre especialistas de diferentes campos, cuyos intereses convergen en un área determinada del saber y cuyas competencias y visiones se complementan recíprocamente, establecen un elevado nivel de interacción donde unos aportan a los otros los conocimientos y experiencias necesarios para llevar al éxito colectivo. Tanto así que ya se llega a vislumbrar un campo transdisciplinar propio: el de la “Neurociencia de la Educación” o, si se quiere, la “Neuroeducación”.

Sin embargo, el proceso va a ser largo y difícil por la complejidad de factores que influyen en el proceso educativo y por la falta de experiencia en la aplicación de enfoques transdisciplinarios que se aúnen en pos de un mismo objetivo: la integración del trabajo científico (la neurociencia, la ciencia cognitiva y las ciencias de la educación) con el de las prácticas de la enseñanza. Al respecto, la propia OCDE advierte que el aprendizaje basado en el cerebro tampoco es una panacea que resolverá todos los problemas de la educación, pero sus investigaciones pueden indicar ciertas direcciones para disponer de una enseñanza y un aprendizaje mejor fundados.

Dicha integración es manifiesta si consideramos el hecho de que en diversos países se han emprendido iniciativas nacionales en ese sentido. Así, por ejemplo, Alemania crea, en 2004, el “Centro para la transferencia entre neurociencia y aprendizaje” (ZNL); Japón lo hace a través del “Instituto de investigación en ciencia y tecnología para la sociedad” (JST-RISTEX); los Países Bajos crearon en 2002 el “Comité cerebro y aprendizaje”; en USA, en 2004, se pone en marcha el programa “Mente, Cerebro y Educación” (MBE); el Reino Unido crea en 2005 el “Centre for Neuroscience in Education”; Dinamarca pone en marcha el “Learning Lab Denmark” (LLD).

***La neurociencia en las aulas***

Es una gran responsabilidad para la educación actual el implementar los modos de enseñar utilizando los nuevos conocimientos acerca del cerebro y sus enormes posibilidades. La personalización de los procesos educativos ya debe ser una realidad porque ya se poseen los datos suficientes para facilitar el desarrollo apropiado del cerebro. Sin embargo, es necesario recalcar que lo que hoy nos presenta como un hecho la neurociencia, que el estímulo del medio ambiente modela y expresa el componente genético de la conducta humana, es ya desde hace mucho una idea presente en la pedagogía.

El hecho de integrar y concretar los conocimientos del cerebro para aplicarlos en el proceso educativo deviene en un trabajo arduo y complejo. Esto sucede así porque, en primer lugar, la educación no tiene como objetivo básico de su quehacer a la investigación y, en consecuencia, dispone de una muy limitada capacidad explicativa y predictiva y, en segundo lugar, porque no se tiene todavía un conocimiento claro de cómo funciona el cerebro en ambientes de aprendizaje en cualquiera de sus niveles, sobre todo en la situación escolar en la que se están dando diversos patrones de actividad neuronal que permiten una amplia red de conexiones para poder explicar determinada función, comportamiento o acción y, más aún, si se entiende el aprendizaje como una serie de conexiones nuevas que organizan una red neuronal o el fortalecimiento de las ya existentes.

Aproximar el mundo de la neurociencia a la práctica diaria de la enseñanza, considerando los últimos conocimientos que se tiene sobre el cerebro en relación con los procesos de aprendizaje y desarrollo y cómo esos avances científicos pueden influir en la enseñanza y en la educación, es una necesidad de la que se están percatando los responsables del proceso educativo. Pero, además, para conseguir una verdadera integración es indispensable que los profesionales de la enseñanza internalicen con certeza esta necesidad y se interesen en ello y actualicen y amplíen sus conocimientos sobre el sistema nervioso y sobre los avances en el estudio del cerebro.

Uno de los propósitos fundamentales de la educación es, indudablemente, el mejoramiento de los sistemas de enseñanza y aprendizaje, pero sin descuidar el hecho de que tiene mucho que ver con los procesos de desarrollo integral del estudiante. El aprendizaje viene a ser, entonces, algo más que la adquisición de una suma de conocimientos porque es también afianzar aptitudes, valores y actitudes. Al respecto, los estudios del cerebro indican que para conseguir todo ello es necesario: a) Una buena adaptabilidad emocional, imprescindible para controlar e integrar los procesos de aprendizaje, b) Un esfuerzo continuo y sostenido en las acciones para lograr el aprendizaje y, a la vez, para asegurar su efectividad, c) Basar la enseñanza más en la resolución de problemas, la toma de decisiones, en aprender a pensar y no sólo en el aumento de conocimientos o de la información como válidos en sí mismos, d) Organizar la enseñanza basándose en el desarrollo individual del cerebro más que en programas pedagógicos ya establecidos.

No se trata de que el estudiante, sobre todo de la educación básica, reciba muchos conocimientos, sino que sobre la base de unos pocos conocimientos minuciosamente seleccionados, el profesor enseñe a manejarlos e integrarlos en contextos de la vida cotidiana; a generar estrategias para resolver problemas; a saber cómo organizar la información de forma consecuente con el problema y la situación. Es decir, que el profesor dedique más tiempo a enseñar el “cómo” que a aumentar el “qué”. Esto porque las redes neuronales que se implican en el cómo son mucho más complejas, organizadas y flexibles que las que se implican en el qué, cuyas redes son más simples, sencillas y menos distribuidas en el cerebro.

El aprendizaje en los jóvenes es mucho más rápido que en los adultos, pero esto no significa que sea más efectivo. El adulto, aún con menos información, puede dar respuestas más coherentes porque aprende mediante modelos que ya tiene integrados en amplias redes neuronales (el cómo) y puede llevar a cabo múltiples decisiones y ejecutar funciones cognitivas a partir de un poco información (el qué). Además, se requiere de un ambiente enriquecido que permita un buen aprendizaje, para eso es necesario tener en cuenta, además de los contenidos, las motivaciones, la confianza del estudiante en sí mismo, la autoestima, la adaptabilidad emocional, pues existen conexiones cerebrales importantes entre las áreas emocionales y perceptivas que son clave para el aprendizaje.

Si bien es cierto que el estudiante en las etapas de la educación básica necesita aprender diversas materias y procesos, existen también alteraciones en el proceso de aprendizaje como consecuencia de algunas alteraciones en el funcionamiento cerebral. En este sentido, determinados descubrimientos de la neurociencia permiten mejorar mucho el proceso de enseñanza para lograr mejores aprendizajes. Pero tal vez lo más importante de la neurociencia en la educación sea la posibilidad de modificar y modular las estructuras cerebrales que subyacen a los diferentes procesos de aprendizaje mediante un sistema de enseñanza que sea coherente con el desarrollo del cerebro.

Conocer cómo el cerebro elabora la información, la aprende, la procesa, la ejecuta y procede a la toma de decisiones viene a ser de gran ayuda para el proceso educativo. Sin embargo, los neurocientíficos todavía están lejos de poder aplicar los descubrimientos del funcionamiento del cerebro al ejercicio de la enseñanza, sobre todo porque aún no se esclarecen las bases neurobiológicas del propio proceso de aprendizaje y particularmente en esas etapas del desarrollo humano tan complejas como son la infancia y la adolescencia, donde el cerebro se encuentra en pleno desarrollo.

Lo que sí es fundamental consiste en sensibilizar a los profesores para que se percaten cabalmente de la trascendencia de las acciones que llevan a cabo y en las enseñanzas que imparten, porque son factores importantes que intervienen en el modelado estructural del cerebro. Igualmente, si se informan sobre la gran capacidad del cerebro para reorganizar redes neuronales y para utilizar áreas compensatorias por otras hipofuncionantes y si se logra conseguir un trabajo conjunto en la organización de programas educacionales, se podría mejorar enormemente la dinámica cerebral y la capacidad de aprendizaje de los estudiantes. La neurociencia podría ayudar a diseñar programas de enseñanza específicos de acuerdo con el currículo y aportar datos que ayuden a entender el proceso de aprendizaje en el cerebro y el por qué ciertos entornos educativos funcionan y otros no.

En realidad la neurociencia no dispone todavía de los suficientes conocimientos como para explicar los parámetros de los que depende un aprendizaje efectivo e influir directamente en el ejercicio docente en las aulas, pero existen muchos estudios y publicaciones en este campo que pueden contribuir al diseño y elaboración de nuevos modelos pedagógicos que ayuden a una mejora sustancial del desarrollo cerebral. Los procesos de aprendizaje son considerados por los neurocientíficos como procesos cerebrales en los cuales este órgano reacciona ante un estímulo, lo analiza, lo procesa, lo integra y lo ejecuta. El continuo cambio cerebral que ocurre a lo largo de toda la vida en interacción con el medio ambiente, especialmente en la etapa infantil, determina la estructura y el funcionamiento cerebrales. En este sentido, la estimulación ambiental, las emociones, las motivaciones y el aprendizaje a través de la acción son factores decisivos para que haya un buen desarrollo del cerebro.

***El neurodesarrollo, las funciones cognitivas* y *la enseñanza***

El cerebro durante la niñez y la adolescencia experimenta cambios importantes que están poco relacionados con el aumento del número de neuronas, pero sí con la cantidad y calidad de las conexiones neuronales, tanto entre neuronas cercanas como entre grupos neuronales situados a distancia. Es una etapa en que la neurona desarrolla una gran cantidad de conexiones, estableciendo muchas de ellas con otras neuronas. Entonces, si el profesor en el aula tiene en cuenta y orienta bien esta explosión de conexiones, puede moldear, dirigir y reorganizar el desarrollo de la dinámica cerebral en torno al proceso educativo.

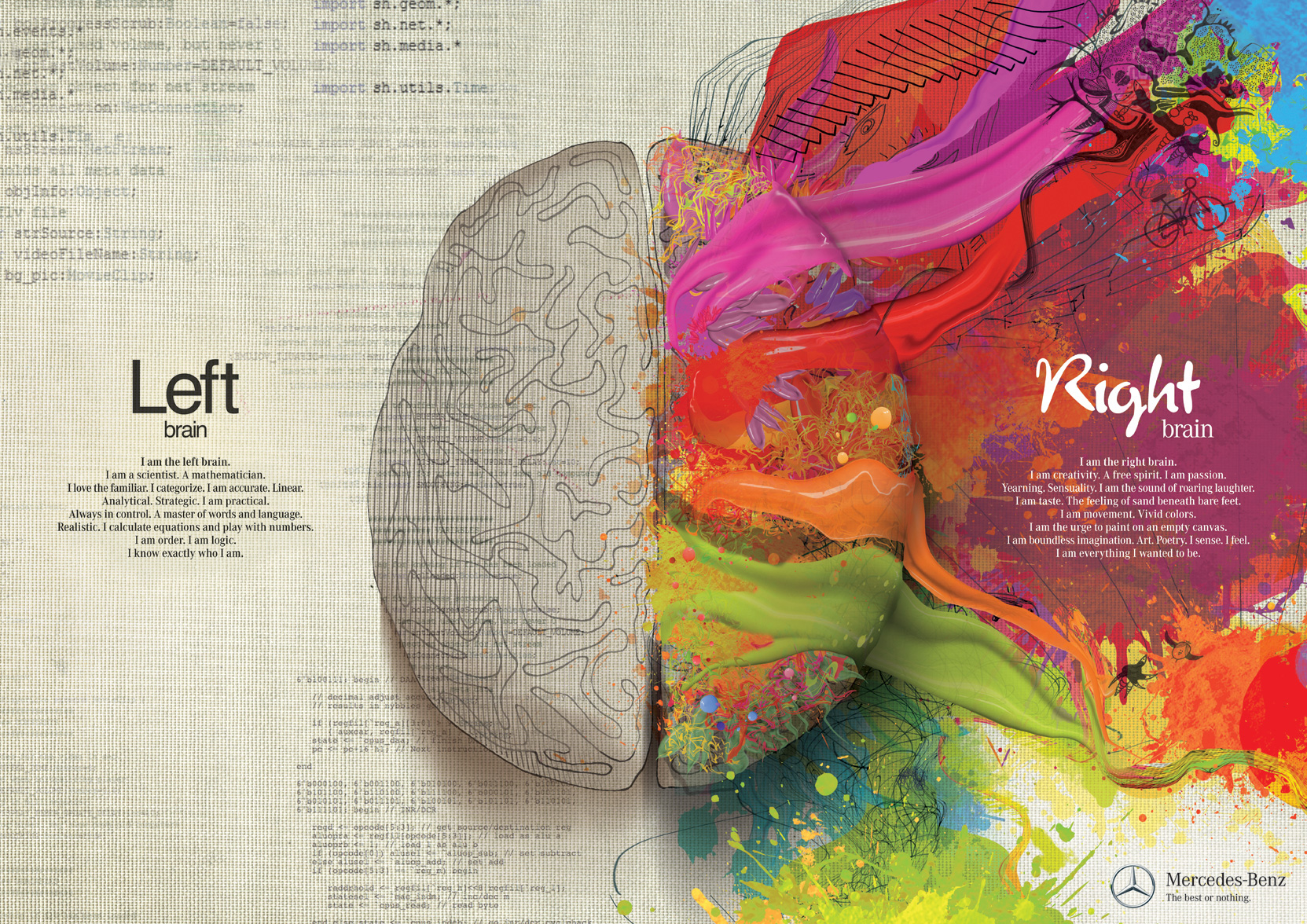
Dos procesos neurobiológicos están implicados con el desarrollo cognitivo en esa etapa del desarrollo humano y son: la plasticidad neuronal y el desarrollo cíclico con periodos críticos y periodos sensibles. Respecto a la plasticidad cerebral es necesario tener en cuenta que en el proceso de maduración cerebral se llevan a cabo diferente procesos neurobiológicos. Tenemos así que se generan muchas sinapsis (sinaptogénesis), mientras que muchas otras son eliminadas (pruning: poda). También se generan nuevas conexiones con las mismas terminales o con otras (dendrogénesis) o se conectan nuevas neuronas distintas entre sí (mielogénesis) o muchas otras pueden ser estructuradas y/o afianzadas según la información sistemática recibida y, finalmente, pueden generarse nuevas neuronas (neurogénesis).

 Dichos procesos tienen gran importancia para la enseñanza, pues la mayoría de este incremento espectacular de conexiones no tiene una finalidad específica y solamente la estimulación ambiental va a conseguir una orientación concreta, sobre todo en la anulación simpática o poda (pruning), sea esta cualitativa (calidad de las conexiones eliminadas) o cuantitativa (número de sinapsis eliminadas). Dicha eliminación de las sinapsis no es un proceso uniforme, sino que varía en función de áreas concretas. Por ejemplo, las áreas frontales, de gran importancia en el proceso educativo, sufren un paulatino podado hasta la adolescencia y, más aún, en ese periodo dichas áreas anteriores son las que soportan los más profundos cambios en comparación con las áreas posteriores. Esto indica que la enseñanza en esta etapa es muy importante porque ofrece la oportunidad de definir la dirección de los cambios por aquella dirección en la cual el cerebro pueda mejorar sus conexiones, fortaleciendo unas y debilitando otras.

Un hallazgo importante es el de las redes neuronales que por defecto, default network, (default: omisión, falta; network: red, malla) se ponen en marcha y son importantes en el cerebro adulto por su capacidad de interconectar regiones y que hasta los siete o nueve años están poco conectadas. Su importancia para la educación radica en que ellas reflejarían los procesos de introspección y autorreferencia de la actividad mental. Otro hallazgo que puede influir en los sistemas de aprendizaje es la complejidad cerebral, definida esta como una propiedad que se pone de manifiesto en la existencia de una estructura temporal de la señal cerebral, es decir, dinámica y cambiante.

Dicha complejidad es sensible a los cambios de la actividad cerebral a lo largo del tiempo. El cambio es una de las características básicas del cerebro sano. Los cerebros más sanos, los cognitivamente mejor preparados, son los más cambiantes. La complejidad va cambiando a lo largo del tiempo: es más complejo el cerebro de los jóvenes que el de los niños y de las niñas que el de los niños. Se presentan dos líneas diferentes en los procesos de maduración, y que inciden en el proceso educativo, una se refiere a la materia gris y la otra a la blanca. La materia gris tiene su gran incremento en las áreas prefrontales entre los cuatro a doce años, en cambio la blanca aumenta paulatinamente desde la infancia hasta la juventud.

El desarrollo cerebral es un proceso heterocrónico, es decir, sus distintas regiones maduran en diferentes momentos temporales. La enseñanza debe tener esto muy en cuenta cuando incluye en los currículos las diferentes materias de aprendizaje. Maduran primero las áreas cerebrales más cercanas a la línea media y más relacionadas con los procesos básicos de adaptación al medio ambiente (sensaciones, actividad motora). La maduración tiene una progresión postero anterior y antes en el hemisferio izquierdo que en el derecho. La trascendencia de la enseñanza en los procesos cerebrales debe considerar diversos aspectos. Uno de ellos es tener en cuenta que el desarrollo del cerebro, en interacción con el medio ambiente, es de forma continua y está determinado por el carácter bidireccional de la interacción cerebro-ambiente. Los profesores saben bien que en una misma clase no todos los estudiantes interactúan de igual manera ni asimilan la misma información, ni aprenden de la misma forma, aunque la acción docente y la materia sean igual para todos. En esto, además del factor genético, también influyen la motivación, el estado emocional, el estado físico cerebral, que son fuentes importantes que favorecen o interfieren en la interacción cerebro-ambiente.

El cerebro está continuamente percibiendo, analizando, procesando e integrando información, lo que lleva cambios en las conexiones y redes neuronales, siempre que la estimulación esté integrada bidireccionalmente entre el cerebro y el ambiente. Es decir, la plasticidad cerebral va a depender de la estimulación ambiental a la que esté sometido al cerebro El uso/desuso son determinantes en las conexiones cerebrales, o sea, cuanto más se usa el cerebro, sobre todo en los periodos de máximo desarrollo sináptico, se consigue mayor y mejor plasticidad cerebral. Esto, sin embargo, no acaba con la adolescencia sino que persiste a lo largo de toda la vida, con mayor o menor intensidad según la estimulación. Entonces, si bien el proceso de aprendizaje es mayor en la etapa escolar, en indudable que, aunque con mayor dificultad y tiempo, se puede aprender hasta etapas avanzadas de la vida.

Con frecuencia surge la pregunta: entonces, ¿es necesario comenzar a estimular masivamente al cerebro desde edades tempranas? No. No es aconsejable una hiperestimulación porque el cerebro podría no ser capaz de asumir todo ese proceso estimular y los resultados serían, más bien, adversos. Es mejor conseguir un ambiente estimular rico dentro de la normalidad familiar y escolar, sin necesidad de estrategias de hiperestimulación. El cerebro necesita descanso para elaborar adecuadamente la información y esto no lo hace solo durante el sueño sino a lo largo del día. Por ello, el tiempo, frecuencia y tipo de estimulación, así como los periodos de descanso son claves para un buen desarrollo del cerebro, sobre todo el infantil.

El desarrollo del cerebro con ciclos de periodos críticos y de periodos sensibles es un aspecto importante y característico de su desarrollo, que no es en forma lineal sino por ciclos, aunque las capacidades cognitivas no siguen el mismo proceso, porque dependen en gran medida de su interacción con el medio. Aunque existe todavía alguna controversia respecto a los conceptos, se puede hablar de “periodos críticos” cuando se da un desarrollo masivo de las conexiones neurona les durante el desarrollo neuroanatómico. Estos periodos se dan durante los primeros años de vida y se orientan a los procesos sensoriales simples, primitivos. Su finalidad es conseguir un cableado neuronal estable que favorezca la adaptación al medio ambiente y genere los mecanismos para el aprendizaje de los procesos cognitivos más complejos que se producirán después.

En esta situación, el cerebro debidamente desarrollado espera el estímulo adecuado para ponerse en marcha. Tiene un tiempo determinado, un tipo de estimulación determinada y suceden en la misma época en todos los individuos. Participan áreas muy concretas y específicas dirigidas a funciones sensoriales simples. El primer año de vida es clave para estos periodos. Por su parte, los llamados “periodos sensibles” son los más relacionados con la enseñanza y la educación y coinciden con el tiempo en que el cerebro está más dispuesto al cambio. En ellos intervienen la oportunidad, el ambiente, la motivación, el interés, etc. Están más orientados a los procesos complejos y se dan a lo largo de toda la vida, con mayor incidencia en la etapa infantil y en la adolescencia y resultan de gran importancia en todo proceso de aprendizaje de toda la etapa escolar. Se favorecen las conexiones entre distintas áreas y la integración de procesos cognitivos complejos. Comienzan antes en las áreas primarias y después continúan al resto.

Se han establecido tres periodos de desarrollo cerebral de interés para los sistemas educativos. El primer periodo, que va del nacimiento hasta los tres años, presenta un gran desarrollo de conexiones sinápticas entre las áreas corticales cercanas, permitiendo gran capacidad de absorción de información. Se produce una gran maduración de las estructuras subcorticales, límbicas y vestibulares, permitiendo gran comunicación con el ambiente. El segundo periodo, que va de los cuatro a los once años, presenta gran armonización en el desarrollo global del cerebro debido a la gran cantidad de interacciones córticocorticales y subcórticocorticales en los lóbulos frontales y áreas asociativas témporoparietooccipitales, cuya integración permite el buen desarrollo de los conocimientos y destrezas escolares. Puede ser la etapa más importante para la educación por su incidencia en los procesos de destrezas académicas. El tercer periodo, propio de la adolescencia, es una etapa de gran desarrollo neurohormonal, que afecta diferentes áreas cerebrales, sobre todo las prefrontales y cerebelosas, responsables del aprendizaje y de la adaptabilidad motriz.

El desarrollo neuronal se extiende hasta mucho después de la adolescencia, tanto en la sustancia gris como en la sustancia blanca, siendo esta la que más se desarrolla en esta etapa. Esto permite una gran capacidad para establecer conexiones entre áreas cerebrales distantes, lo que permite un gran desarrollo de las funciones cognitivas y de la adaptabilidad social, ética y moral. Hay diferentes áreas cerebrales cuyo cambio en esta etapa está muy relacionado con la forma y contenido de la enseñanza escolar porque afectan directamente a las funciones integrativas. Por ejemplo, la maduración del núcleo estriado (striatum) regula los comportamientos motivacionales de premio y recompensa; la maduración del córtex prefrontal permite acceder a las funciones más complejas (razonamiento, atención, funciones ejecutivas) y regular la conducta emocional asociada a situaciones sociales.

Todos esos cambios afectan la capacidad de aprendizaje y son muy susceptibles a la forma, contenido, contexto y organización con que se le presentan los estímulos. Esto es básico para una buena enseñanza. Es la etapa más conflictiva a nivel escolar porque el desarrollo neurohumoral que comporta va en contra de del aprendizaje en ese nivel. Como hay gran aumento de la sustancia blanca, tiene lugar una gran inquietud conductual que se traduce en la adquisición de muchas conductas o comportamientos nuevos, incluidos los emocionales y los relacionados con el sexo.

El desarrollo neurohormonal y cerebral hace que el adolescente se incline a ver, observar, participar, experimentar, etc. situaciones diversas pero le cuesta mucho llevar a cabo procesos reglados, sistemáticos, repetitivos propios del aprendizaje escolar. En estos momentos la labor del profesor es ardua porque tiene que desarrollar el programa de enseñanza en forma novedosa, cambiante, no aburridora a la vez que mantener una disciplina estable de aprendizaje, duradera, sistemática y repetitiva para la adquisición y mantenimiento de los conocimientos. Hay diferencias en el desarrollo madurativo entre la pubertad y la adolescencia. En la primera la proliferación de sinapsis se lentifica y en la segunda el desarrollo es espectacular e incluso el exceso de sinapsis se resuelve mediante la poda neurológica.

Como ya se indicó, la neurociencia actual no es capaz todavía de diseñar programas de enseñanza que permitan un desarrollo controlado del cerebro para la mejor adquisición de conocimientos, pero el conocimiento del que hoy se dispone puede ayudar a los educadores en el sistema de enseñanza, en las actividades y en los sistemas de estimulación específicos para mejorar la actividad cerebral y con ello mejorar sus capacidades y su comprensión y ejecución de las funciones más complejas del cerebro. Por eso es preciso conocer el cerebro del niño y del adolescente y considerar que es necesario un cambio en el proceso de enseñanza aprendizaje en esta etapa de desarrollo.

Existen diferencias en la estructura cerebral a lo largo de la vida y es la enseñanza un elemento básico para su modelación. La neurociencia ayuda a entender cómo el cerebro aprende y ayuda a elaborar programas estimulares específicos para mejorar sustancialmente dicho aprendizaje y apoya a los pedagogos y profesores a valorar la eficacia de factores como frecuencia, forma, intervalos, intensidad, etc. de los estímulos que deben gestionarse en forma organizada y sistemática para lograr efectos positivos específicos en el desarrollo de conexiones cerebrales adecuadas. Por ejemplo, se trata de entrenar no de entretener, algo muy distante de los videojuegos.

Como se aprecia, los nuevos conocimientos acerca del cerebro humano afectan directamente el quehacer educativo, como un aporte crucial para la intervención docente en su cotidiano desempeño en el aula, porque le hace comprender el hecho fundamental de que la experiencia modela el desarrollo del cerebro, por lo tanto no puede permanecer indiferente este hecho ni en sus actitudes ni en su práctica. Además, es necesario llevar estos conocimientos al proceso de formación del docente para que pueda asumir, con seriedad y conocimiento de causa, la responsabilidad de "modelar" la estructura cerebral de los muchos estudiantes que pasarán por sus manos.

La forma en que un cerebro se desarrolla depende de una interacción compleja entre los genes con que se nace y las experiencias que se tienen. Se creyó que la experiencia podía afectar al cerebro solo al comienzo de su desarrollo. Hoy se sabe que la experiencia temprana tiene efectos significativos en el desarrollo subsecuente, pero el cerebro, por su responsividad y plasticidad, ante la experiencia ambiental es afectado en su estructura y función por mucho tiempo más. Cuando el cerebro es sometido a condiciones estimulantes, mientras más prolongadas sean estas, mayor y mejor es su crecimiento. El uso del cerebro aumenta el número de ramas dendríticas que interconectan las células del cerebro. Cuanto más se piensa, funciona mejor el cerebro y sin importar la edad porque puede cambiar en cualquier etapa de la vida.

Se creía que sólo los cerebros jóvenes eran plásticos porque se pensaba que las conexiones neuronales cerebrales se producían en los primeros años de la infancia y que lentamente iban declinando hasta formar una estructura fija, difícil de transformarse. Hoy está demostrado que el cerebro conserva su plasticidad durante toda la vida.

Los patrones genéticos configurados, que dirigen la actividad cerebral, tienen una cantidad y tipo de conexiones sinápticas pero en gran parte están condicionados por la interacción con el ambiente. El desarrollo del cerebro es una “actividad-dependiente”, pues cada experiencia excita unos circuitos nerviosos y deja otros inactivos. Los constantemente encendidos son consolidados, mientras que los otros se pierden (apoptosis). Antiguamente se subestimó el papel de la experiencia en el desarrollo del cerebro, pero actualmente se ha demostrado que el ejercicio mental tiene efectos profundos en la elevación de la capacidad mental, porque aumenta la supervivencia de las neuronas, crecen los axones que reciben las señales y las sinapsis se multiplican.

La carencia severa de ejercicio mental limita mucho el plan del cerebro, en cambio el desafío, el ejercicio mental lo mejora y lo protege contra la declinación cognitiva. Desafiar al cerebro desde temprano es crucial para incrementar la “reserva cognitiva”. Es un mito popular aquello de que se pierden cantidades de neuronas a medida que se envejece, sin embargo se ha visto que no hay mucha diferencia entre el cerebro de un joven de 25 años con el de una persona mayor, como una de 75 años. Entonces, se considera que la declinación cognitiva no es inevitable, pues el cerebro se puede adaptar continuamente. La mayoría de pérdidas relativas a la edad en habilidades mnémicas o motrices resultan simplemente de la inactividad o la carencia de ejercicios o estímulos mentales. Es cierto aquello de “utilícelo o piérdalo”. Por su parte, la declinación severa es causada generalmente por enfermedades. Ciertas áreas del cerebro son más propensas a dañarse como el hipocampo, responsable de los procesos de memoria, e igualmente el ganglio basal, que coordina la movilización muscular.

Las experiencias tempranas tienen un impacto decisivo en la arquitectura del cerebro y en la naturaleza y grado de las capacidades del adulto. El fino tejido del cerebro cambia como resultado de las experiencias. Es así que las interacciones tempranas no sólo crean un contexto, sino que ellas afectan directamente la manera en que se “cablea” o “interconecta” el cerebro. El desarrollo del cerebro no acaba con el nacimiento. Pocas neuronas están en el “cableado” inicial. En los años siguientes las sinapsis son formadas y reforzadas por el uso hasta convertirse en una conexión permanente, por eso las experiencias estimulantes son críticas para el desarrollo cerebral. Las diversas áreas van madurando según una secuencia determinada y existe “épocas críticas” para lograr ciertos desarrollos. De allí la importancia de la escuela y del profesor.

El desarrollo del cerebro no es lineal: hay épocas clave para adquirir diversas clases de conocimientos y de habilidades. La oportunidad es crucial para alcanzar los más altos niveles de desarrollo cerebral a través de la interacción con el ambiente. El aprendizaje continúa durante todo el ciclo de vida, pero hay tiempos específicos para que se realice en forma óptima. Las diferentes regiones del cerebro maduran en distintos momentos y cada una de ellas es más sensible a diversas experiencias en diferentes edades, por eso durante esos periodos críticos el cerebro es especialmente eficiente ante particulares tipos de aprendizaje y susceptible de ser alterado en su “arquitectura”. Es decir, al individuo se le abren distintas “ventanas” de oportunidades (windows of oppotunity) para el aprendizaje en momentos específicos, los que no se extenderían más allá de los diez o doce años. No se entiende bien todavía la base biológica de estos periodos críticos, pero se cree que corresponden a un exceso sináptico en el que se sobreproducen conexiones, en una época situada entre la infancia y los años escolares y la producción es en un 50% más que en la vida adulta. En este periodo la experiencia (sensorial, motora, emocional, intelectual) determina cuáles sinapsis serán preservadas de la poda (pruning) de las conexiones menos útiles. Así cada cerebro se adapta mejor para resolver los desafíos de su ambiente particular.

En el momento en que los niños alcanzan los tres años sus cerebros son dos veces más activos que los de los adultos. Los niveles de actividad caen durante la adolescencia. Los tres primeros años son críticos en el desarrollo del niño porque el desarrollo del cerebro ocurre a una velocidad extraordinaria. Pero debe entenderse que, en realidad, el desarrollo del cerebro es un proyecto de por vida. Además, si bien la plasticidad del cerebro infantil permite un mayor desarrollo de habilidades, también son etapas de mayor vulnerabilidad a problemas de desarrollo o interferencias traumáticas.

*Obviamente,* y a *pesar del alto avance en los estudios sobre el cerebro, todavía no* se *puede ir “de la neurociencia* a *la clase” pero, eso sí,* ya se *vislumbra con alguna claridad la existencia de una neuropedagogía.* Se *puede, entonces, resaltar la gran importancia de mantener el cerebro en forma* y *sugerir programas estimulares específicos.*

En tal sentido es que se ha propuesto los "Principios del aprendizaje del cerebro" que buscan proporcionar las fundamentaciones científicas para una eficiente práctica docente:

Principio 1. *El cerebro* es *un sistema de adaptación complejo.* Una característica muy importante del cerebro es el de funcionar en muchos niveles y de muchas maneras en forma simultánea. Entonces es un hecho que el cerebro es un “procesador paralelo” y también que “el aprendizaje compromete a la fisiología entera”. Por eso la educación debe contener la complejidad multifacética del aprendizaje humano.

Principio 2. *El cerebro* es *un cerebro social.* En los primeros años el cerebro es más plástico, más impresionable y más receptivo que en toda su existencia. El individuo comienza a ser formado inmerso en su ambiente y por los lazos interpersonales. El aprendizaje es profundamente influenciado por la naturaleza de los lazos sociales.

Principio 3. *La búsqueda del significado* es *natural,* se refiere a la búsqueda del sentido de la propia existencia, lo cual es básico para el cerebro humano. Varía desde la necesidad de comer y de encontrar seguridad hasta la exploración del potencial personal y la búsqueda de trascendencia.

Principio 4. *La búsqueda para el significado ocurre con patrones.* El cerebro necesita un patrón familiar y simultáneamente busca y responde a los estímulos.

Principio 5. *Las emociones son cruciales para generar patrones para modelar el cerebro.* Lo que se aprende es influenciado y organizado por las emociones. Las emociones y los pensamientos se forman conjuntamente y no pueden ser separados. El impacto emocional de cualquier lección o experiencia de la vida puede continuar reverberando mucho tiempo después del acontecimiento que lo disparó. Por eso un clima emocional adecuado es imprescindible para el proceso educativo.

Principio 6. *Cada cerebro percibe* y *crea simultáneamente piezas* y *todos.* La duplicidad de los hemisferios cerebrales es un ejemplo de ello.

Principio 7. *El cerebro absorbe información en la que está focalizado,* pero también la que está más allá del foco inmediato de su atención.

Principio 8. *El aprendizaje implica siempre procesos conscientes* e *inconscientes.* Mucho del aprendizaje es inconsciente ya que la entrada de la información sensorial está procesada debajo del nivel consciente. Entonces, la comprensión puede no ocurrir durante la clase, pero puede suceder horas, semanas o meses más adelante.

Principio 9. *Existen por lo menos dos tipos de memoria.*

Principio 10. *El aprendizaje* es *un desarrollo.* El cerebro es “plástico”, es decir, muchas de sus conexiones son formadas por la experiencia. En cierto aspecto no hay límite para el crecimiento humano pues las neuronas continúan siendo capaces de hacer nuevas conexiones toda la vida.

Principio 11. *El aprender* es *realzado por el desafío* e *inhibido por la amenaza.* Se aprende de manera óptima cuando el cerebro es desafiado apropiadamente en un ambiente que le anima a tomar riesgos. Bajo amenaza llega a ser menos flexible y recurre a procedimientos primitivos. Por eso en el aula se debe crear y mantener una atmósfera de vigilancia relajada, no amenazante y de alto desafío.

Principio 12. *Cada cerebro* se *organiza en forma única.* Todos los cerebros tienen la misma multiplicidad de sistemas, pero aun así todos son diferentes, en parte debido a la dotación genética, en parte debido a las experiencias del medio ambiente. Por eso el profesor debe apreciar las diferencias y tenerlas en cuenta en el momento de brindar las oportunidades de aprendizaje.

Para cada uno de los principios mencionados es posible establecer sus correlatos con algunas actividades y estrategias de enseñanza susceptibles de ser implementadas en el aula, como algunas de las siguientes.

*La mediación eficiente.* La inteligencia es un proceso de autorregulación dinámica, susceptible a la intervención de un mediador quien transforma, selecciona y organiza los estímulos, pudiendo así construir y modificar significativamente las estructuras cognitivas. La inteligencia implica la habilidad para aprender de la experiencia. Se puede favorecer el desarrollo del potencial de aprendizaje a través de la intervención de un mediador eficiente. La mediación es una modalidad particular de interacción entre el organismo en crecimiento y el ambiente que lo rodea. A través de ella se accede a los patrones culturales, valores y actitudes de una sociedad determinada y se favorece la modificabilidad de la inteligencia.

Una buena mediación organiza las actividades educativas en varios momentos. Así, en un primer momento el profesor, en cuanto mediador, ofrece un espacio para que los estudiantes expresen libremente sus conocimientos sobre un tema dado. En el segundo momento, apoyándose en los conocimientos previos de los estudiantes, selecciona y sistematiza los contenidos a enseñar, llevando a cabo su enseñanza a través de diversas estrategias, con la participación activa de los estudiantes. En un tercer momento, el mediador crea situaciones que permitan poner en práctica los conocimientos adquiridos y tomar conciencia de sus progresos.

El cerebro es un complejo sistema de adaptación, lo cual logra mediante estrategias conductuales con las que opera en su medio y es influido por él. Una de las facultades que permiten esa adaptación es, precisamente, la inteligencia y esta puede enseñarse y aprenderse. Aunque actualmente todavía es un tema en controversia, hoy muchos aceptan la teoría de que la inteligencia puede aprenderse. En la inteligencia se distinguen tres mecanismos que subyacen a ella: la inteligencia *neural,* que es el “equipo original”, genéticamente determinado y que es responsable de su velocidad y eficiencia. En la inteligencia que casi no se altera. La inteligencia *experiencial,* que es el conocimiento que se va acumulando por la experiencia y en los ámbitos y contextos en los que se desenvuelve. Ella sí puede ser ampliada. La inteligencia *reflexiva,* que viene a ser el “uso apropiado” de la mente, el despliegue hábil del pensamiento. Implica la autoadministración, el automonitoreo y la automodificación. Es una inteligencia que puede y debe cultivarse. Funciona en base a patrones que, eventualmente, pueden llevar a errores.

Numerosas investigaciones indican que la inteligencia es una facultad que puede aprenderse, porque con una estimulación apropiada se enriquece el número y calidad de conexiones neuronales y su capacidad funcional. Es decir, si el estímulo desarrolla muchas conexiones, entonces se van a fijar nuevos aprendizajes y se va a contar con un mayor arsenal de respuestas para los problemas que cotidianamente desafían la inteligencia.

*El trabajo interactivo.* Este, en oposición al trabajo individual, aislado, permite mayor aprendizaje y es más estimulante. Hay un aumento en el nivel de rendimiento de los estudiantes, especialmente cuando en el interior del grupo se da la confrontación de ideas. Esto, sin embargo, no sucede cuando solo uno de los miembros del grupo impone sus criterios o cuando los planteamientos de los integrantes son muy homogéneos. También aumenta el rendimiento cuando los estudiantes sienten la necesidad de comunicar en forma oral o escrita los resultados de su trabajo a un tercero.

*Los aprendizajes significativos.* Aquí se destaca la importancia de la construcción de significados como control del proceso de enseñanza aprendizaje y se refiere a que el estudiante aprende un contenido solo cuando es capaz de atribuirle significados más o menos profundos, dependiendo ello de sus capacidades, de sus experiencias previas y de sus estructuras cognitivas. Sólo se construyen significados cuando se pueden establecer relaciones concretas entre los nuevos aprendizajes y los ya conocidos, cuando se relaciona la nueva información con los propios esquemas previos de comprensión de la realidad.

El cerebro aprende mediante esquemas, moldes o patrones que son marcos de referencia a los cuales se asimila la nueva información. El cerebro se resiste a la falta de sentido, que es la falta de información, por eso es fundamental partir de los conocimientos previos para armar el propio mapa cognitivo sin vacíos de información. Partir de patrones erróneos o incompletos hace que la captación de la realidad sea fragmentada e incomprensible para el cerebro y este, en consecuencia, no va a poder establecer analogías, hacer comparaciones, extraer conclusiones, etc. y tampoco va a lograr ni completar procesos de pensamiento más abstractos. Se debe proponer contenidos significativos para el estudiante, teniendo en cuenta sus intereses, necesidades y aptitudes, facilitando así la creación de esquemas o patrones mentales flexibles y operativos sobre la realidad.

*La autoestima positiva.* La autoestima se genera en la interacción con los otros e implica la percepción, estima y concepto que cada uno tiene de sí mismo en distintos ámbitos. Ella implica un adecuado desarrollo del proceso de identidad, del conocimiento y valoración de sí mismo, del sentido de pertenencia, del dominio de habilidades de comunicación social y familiar, del sentimiento de ser útil y valioso para los otros. Igualmente, la capacidad de poner y ponerse metas específicas, de la conciencia de la propia habilidad y de la capacidad para lograr esas metas, conjuntamente con el esfuerzo para obtenerlas.

La afectividad juega un rol fundamental en el desarrollo de la autoestima, sobre todo en los niños. El sentirse aceptado y querido constituye un pilar fundamental en la formación del yo. Por ello debe crearse en clase un clima emocional positivo, de aceptación y respeto mutuos, juntamente con una interacción cálida. Las emociones y los pensamientos se forman conjuntamente y no pueden ser separados, por lo tanto no se puede pensar concentradamente si se está emocionalmente perturbado. Todo esto no puede ser olvidado en el aula.

*La integración interhemisférica.* Cada hemisferio juega un rol predominante en las funciones relacionadas con el lenguaje, las actividades motoras finas, las tareas visomotoras y la música. El pensamiento verbal está representado por el hemisferio izquierdo y el no verbal por el derecho. Los sistemas educativos suelen privilegiar el desarrollo del hemisferio izquierdo al poner el énfasis en la lectura, la escritura y la aritmética y se deja de lado el aprendizaje vívido, con experiencias concretas. Deben incluirse técnicas que estimulen el cerebro derecho. Los programas curriculares deben estimular el desarrollo de ambos hemisferios de manera balanceada, presentando contenidos no solo de manera verbal (estímulo al hemisferio izquierdo) sino también de manera no verbal (gráfica, imaginativa, pictórica), que estimula el hemisferio derecho.

*El ambiente estructurado.* Este tiene un nivel de influencia en la capacidad para aprender. Sin embargo, no se refiere a una organización rígida, sino, más bien, adaptada a las necesidades educacionales. Esto va desde los aspectos curriculares hasta la distribución del mobiliario.

*Las estrategias metacognitivas.* La cognición se refiere al funcionamiento intelectual de la mente (recordar, comprender, focalizar la atención, procesar la información). La metacognición es el propio conocimiento de la cognición, es decir, el conocimiento que se tiene de los propios procesos cognitivos y sus intentos por controlarlos. El dominio de las estrategias metacognitivas tiene que ver con la internalización del modo de aprender que convierte las propias experiencias en ocasión de aprendizaje. Es, en suma, un darse cuenta del propio pensamiento al ejecutar tareas específicas y luego utilizar ese conocimiento para controlar lo que se está haciendo.

*La reflexión.* Es esta una función distintiva del neocórtex y se estimula su desarrollo presentando situaciones en las que se pueda decidir, tomar opciones, anticipar. También puede hacerse mediante actividades diversas de evaluación.

***Mantenimiento de un buen estado cerebral***

Los beneficios de una *buena alimentación* se traducen en un gran rendimiento del cerebro, el que no puede realizar bien sus funciones si no recibe los nutrientes necesarios. Está demostrado que la capacidad de aprendizaje, lenguaje, atención, memoria, funciones ejecutivas, rendimiento cognitivo y los estados de ánimo están ligados al consumo de ciertas sustancias contenidas en alimentos específicos. Es importante, por ejemplo, tener un nivel de glucosa estable, sobre todo en los niños y durante el estudio, porque los bajos niveles de glucosa afectan al aprendizaje y al rendimiento cognitivo. Esto porque el cerebro no tiene la capacidad de almacenar hidratos de carbono, de modo que esas sustancias deben ser suministradas constantemente por vía sanguínea para un buen rendimiento cerebral. Las proteínas animales, especialmente del hígado y mariscos contribuyen a la regulación de la capacidad intelectual y el estado de ánimo. También son importantes los ácidos grasos omega 3, un aporte adecuado de minerales y las vitaminas, sobre todo el complejo B. Una buena dieta, con los componentes mencionados, y asociada a un buen programa de ejercicios físicos son primordiales para mejorar el desarrollo cerebral y las funciones cognitivas.

Un factor importante en la neuroplasticidad es la *cantidad* y *calidad del sueño* porque mantiene determinadas sinapsis, elimina otras y refuerza ciertas conexiones entre áreas corticales, sobre todo en los procesos cognitivos y la memoria. El sueño adecuado favorece los procesos de aprendizaje escolar. El sueño es importante para el mantenimiento y mejora de la memoria y en la preparación del cerebro para un buen aprendizaje.

La *actividad física* es fundamental y es un error de la educación no integrar el movimiento en los sistemas educativos. Existen relaciones muy importantes entre movimiento y aprendizaje, sobre todo en etapas tempranas de la vida. El ejercicio físico es un buen estimulante cerebral para la mejora del aprendizaje y la memoria, promueve la neuroplasticidad y aumenta el rendimiento del aprendizaje. El ejercicio físico no solo aporta oxígeno al cerebro, que es lo importante para cualquier función cognitiva, sino que también aporta neurotropinas, verdaderos nutrientes cerebrales que mejoran el crecimiento y las conexiones dendríticas.

*La gimnasia cerebral.* El cerebro se desarrolla en función de la estimulación recibida. Si bien las células básicas del cerebro existen al nacer, la mayor parte de las conexiones neuronales se hacen durante la infancia, la niñez y la juventud, pero la capacidad de aprendizaje se va desarrollando a lo largo de toda la vida adulta, incluso en la vejez en función de la estimulación. Por eso es tan importante permanecer permanentemente activos en las diferentes funciones cognitivas a lo largo de la vida. La eficacia de la estimulación ha sido ampliamente demostrada. La actividad regular y sistemática con un ambiente enriquecido y psicológicamente adecuado estimula el crecimiento de nuevas células nerviosas, principalmente en el hipocampo que está implicado en los procesos de la memoria.

El cerebro tiene una extraordinaria capacidad para cambiar y modificarse en función del ejercicio y la estimulación y sucede que sin experiencias o sin estímulos apropiados se reduce la conectividad neuronal. En un ambiente enriquecido, con un contexto psicológico y ambiental adecuado se multiplican los efectos neurofisiológicos de la estimulación. Es necesario ejercitar principalmente las funciones básicas, que sirvan para el resto de funciones cognitivas, llevando a cabo una estimulación selectiva, sistematizada, organizada y controlada, en forma continua y sostenida. En la gimnasia cerebral no importan los contenidos sino los procesos básicos del conocimiento, principalmente la percepción, la atención y la memoria. No se trata de aprender algo específico, para eso están las asignaturas, se trata de ejercitar el cerebro para que esté en condiciones óptimas a la hora de asimilar, comprender, aprender y recordar contenidos.

El ambiente con riqueza estimular o “enriquecido” no es uno hiperestimulado, sino uno con orden, tiempos de descanso y de silencio, con diferentes tipos de estímulos novedosos que favorezcan el mejor desarrollo cerebral. Los ambientes empobrecidos tienen efectos negativos en el desarrollo físico, emocional, social y cognitivo. Es importante también el ambiente emocional equilibrado, pues el equilibrio es básico para lograr un buen aprendizaje. El ambiente emocionalmente estable, en casa como en el colegio es decisivo en la mejora de las capacidades cognitivas de los niños, pues las emociones son fundamentales en el aprendizaje y para la toma de decisiones. Las emociones equilibradas no solo permiten tomar decisiones más rápidamente sino que las hacen con mayor calidad y menos errores. Expresar emociones produce una mayor armonía cerebro-cuerpo mientras que reprimirlas conlleva gran disarmonía cerebro-cuerpo, física, psicológica y de adaptación. El ambiente relajado y tranquilo posibilita más la concentración y mejora las capacidades cognitivas.

Es notorio el cambio importante de los procesos de aprendizaje, que de realizarse principalmente por la vía auditiva en la enseñanza de hace muchos años, se ha pasado a los procesos de aprendizaje visual. Ahora los escolares reciben gran cantidad y variedad de estímulos visuales, y en forma vertiginosa. Todo esto condiciona el aprendizaje. Aprender mal lleva a un mal desarrollo cerebral porque se pierde mucho en mejorar de nuevo el aprendizaje y porque lo mal aprendido ocupa mucho espacio en el cerebro. Ocupa mucho más tiempo en desaprender algo que ha sido aprendido erróneamente que en aprender bien lo nuevo. El carácter aleatorio del aprendizaje lleva a aprender mal y no contribuye a generar y fortalecer las conexiones neuronales, por eso es que el profesor debe preocuparse por la organización, secuenciación y repetición de los procesos de aprendizaje, porque eso es básico para desarrollar y mantener los circuitos neuronales. Para un buen aprendizaje son importantes la motivación y la atención, porque se consigue el aprendizaje más rápido cuando se está motivado y porque mediante la atención lo aprendido dura mucho más, pues la red neuronal establecida permanece estable mucho más tiempo.

*Finalmente, es posible establecer algunas recomendaciones iniciales, apoyadas en la neurociencia, que pueden ser útiles* a *los profesores en su cotidiano desempeño en el aula: la intervención docente debería apoyarse en modelos de enseñanza orientados al desarrollo de las capacidades cerebrales específicas de los estudiantes, creando un ambiente estimular positivo, con contenidos cortos* y *precisos, clases dinámicas* y *novedosas* y *gran aumento de la motivación. Los profesores deben tener una buena formación en neurociencia, de los avances en el conocimiento de las funciones cerebrales* y *su aplicación en la enseñanza. Es decir, deben enseñar contenidos que favorezcan los procesos cognitivos, pero deben hacerlo en las mejores condiciones posibles, considerando cómo el cerebro atiende, aprende, memoriza* y *soluciona problemas.*