

EL DESARROLLO DEL CEREBRO¹

Desarrollo del cerebro en la infancia

El desarrollo del cerebro es el resultado de la reproducción de billones de neuronas, la neurogénesis, y la formación de trillones de conexiones sinápticas, la sinaptogénesis. En los fetos humanos hay una sobreproducción de neuronas en los primeros meses y alcanza su mayor concentración hacia los siete meses de gestación, período en el cual el cerebro crece en volumen y peso para que luego el exceso de neuronas decrezca mediante un proceso natural de selección hasta una etapa en que el cerebro está dotado de las neuronas suficientes para asegurar la estructura normal y el desempeño de las funciones que le corresponden al cerebro humano y para que luego, al nacer tenga el suficiente tejido nervioso que le permita construir las redes neuronales que lo capaciten para adaptarse y aprender.

El ser humano nace con casi todas las células cerebrales que puede tener en su edad adulta, con excepción del cerebelo y una parte del cerebro interno, el hipocampo, en donde el número de células crece significativamente después del nacimiento. El desarrollo posterior del cerebro se concentra más en el cambio de conexiones sinápticas, tanto en el número de éstas, como en su alcance a neuronas próximas o más alejadas, o más profundas, en capas neuronales internas. En edades tempranas, el crecimiento de estas conexiones es espectacular, aumenta muchísimo la densidad sináptica (número de sinapsis por unidad de volumen) para luego desembocar en un período de reducción o poda sináptica, que ocurre según el principio: las que se usan se refuerzan y las que no se eliminan. Esta reducción ocurre hasta que se obtienen los niveles de densidad sináptica que se requieren en la edad adulta. Este período de poda sináptica selectiva parece que está determinada por factores genéticos, así como por factores ambientales. A la par con estos desarrollos aparece también un desarrollo notable de fibras nerviosas y conexiones de gran alcance, axones, los cuales comienzan a cubrirse de mielina, que actúa como aislante y acelera los impulsos nerviosos, los potenciales de acción, a través de la neurona.

¹ Tomado del capítulo 2 del libro "Neuroaprendizaje. Una propuesta educativa. 2da Edición. Humberto Caicedo López

Al nacer los circuitos neuronales que se iniciaron en el útero siguen formándose y asimismo prosigue el proceso de mielinización en áreas muy críticas para la actividad vital y de supervivencia, como en el tálamo, las áreas sensoriales y motoras y aparte del cerebelo que capacita al neonato, entre otras, para respirar, dormir, reconocer voces y caras y movimientos básicos de su cuerpo y extremidades. A medida que procede el desarrollo neurológico, se refinan estas actividades básicas y su proceso de aprendizaje, su capacidad de atención, de movimientos, de habla y de representación de ideas usando diferentes formas, en ciertos aspectos actúan de forma similar a los adultos (Reid et al., 2007). A La edad de 8 meses, los infantes procesan algunos aspectos de los movimientos de los adultos, así no tengan la habilidad para realizarlos. Por otra parte, el proceso de mielinización continúa durante décadas, en especial en áreas cerebrales del lóbulo frontal, en donde consolida circuitos que tendrán vigencia a lo largo de la vida, ya que la mielinización estabiliza los circuitos y los fortalece.

Como se deduce de la descripción anterior, el desarrollo del cerebro en los primeros años está dirigido por la integración de factores genéticos y de la experiencia vital expresada en los efectos ambientales que operan ya desde el estado fetal en el útero. En efecto, las experiencias a las que los infantes se exponen de forma repetida dan lugar a procesos de mielinización de aquellas conexiones sinápticas relevantes, constituyéndose en conexiones o “cableados” fuertes y estables, que son los encargados de registrar y codificar la experiencia y el aprendizaje de los infantes como ha sido demostrado y reconocido.

Períodos críticos

Desde hace ya largo tiempo, se sabe que el desarrollo estructural y funcional de algunos aspectos del cerebro en especies animales requiere de ciertas experiencias en períodos determinados, sin lo cual se produce la pérdida irreversible de la función. Estos períodos se denominan períodos críticos. existen sobre este aspecto varios estudios como los realizados en Harvard en la década de los 60 y algunos más recientes que confirman lo que ocurre en la corteza visual cuando se restringe en animales, en determinados periodos de desarrollo, la función visual, dando como resultado el deterioro grave, irreversible de las conexiones neuronales del ojo sometido a la restricción. Los estudios también

muestran que los períodos críticos no son iguales para todas las especies, pues varían de acuerdo con las expectativas de vida según la especie de que se trate.

Los resultados obtenidos en animales no parecen ser aplicables al desarrollo neural del cerebro humano. En este caso, los denominados “períodos críticos” son más bien períodos sensibles en los que el cerebro es más susceptible de ser moldeado y modificado por la experiencia normal del individuo, es decir, que para obtener el desarrollo óptimo de esas funciones no se requiere de estimulaciones sensoriales complejas. Los períodos sensibles están más asociados con etapas de desarrollo del cerebro de una gran plasticidad en donde experiencias sensoriales determinadas producen cambios a gran escala y permanentes en los circuitos neuronales. En caso de restricciones sensoriales, los resultados de las investigaciones sugieren que se pueden presentar consecuencias leves aunque de poco efecto sobre la vida cotidiana subsiguiente y que, además, puede producirse recuperación de la función y aprendizaje tardío, aunque tal vez diferente al que se obtiene en períodos sensibles naturales, a través de redes neurales alternativas (Blakemore, Friths, 2008).

De lo expresado sobre el desarrollo del cerebro en la edad temprana e infancia, aparecen dos conceptos muy importantes y relevantes en educación: los períodos sensibles y la plasticidad cerebral, conceptos que serán recogidos nuevamente en relación con el desarrollo del cerebro adolescente y adulto.

Otro aspecto que hasta ahora ha sido mencionado tangencialmente es el papel de las experiencias ambientales en el desarrollo del cerebro, que puede ser comparable en importancia con el papel del programa genético con el que viene dotado el niño desde su concepción. Estudios realizados con animales (ratones), indican que entornos ambientales enriquecidos favorecen el desarrollo e incremento de la densidad sináptica en relación con lo que se observa en animales privados de tales entornos naturales, de dónde se deduce que existe un entorno ambiental básico por debajo del cual pueden producirse efectos nocivos que perjudican el desarrollo normal del cerebro.

Estudios recientes muy conocidos sobre los efectos de los ambientes precarios en el desarrollo físico y mental de los niños han demostrado que pueden causar retraso en el aprendizaje, en el desarrollo cognitivo, emocional y social. No

obstante, también se demostró que con programas especiales estos retrasos pueden ser recuperados, lo cual indica que nunca es tarde para restablecer estas funciones hasta su estado normal. De lo anterior se puede colegir que los ambientes con privación sensorial son a todas luces malos para el desarrollo y el aprendizaje pero, por otra parte, no existen pruebas de que el enriquecimiento artificial del medio sea beneficioso para el desarrollo cerebral, tal vez. cómo lo expresa Blakemore y Frith en el documento citado, por el contrario, podría tener efectos adversos como todo lo que generalmente sucede cuando se exceden los umbrales normales. De lo dicho anteriormente se desprende que las conclusiones definitivas sobre la educación y estimulación tempranas, sobre las cuales han abundado proyectos pedagógicos, deben esperar resultados más concluyentes que las puedan sustentar o desestimar.

Desarrollo del cerebro adolescente

Existen pocos estudios del cerebro en relación con las habilidades cognitivas durante la pubertad y la adolescencia. Algunos estudios longitudinales realizados con muestras pequeñas son hasta ahora la base para comenzar a entender lo que pasa en el cerebro humano a estas edades y que pudieran explicar comportamientos y desempeños en tareas cognitivas que vayan más allá de las que hasta ahora se han dado. teniendo como referencia los efectos de las secreciones hormonales, entre ellas las sexuales, que se sabe comienzan a aparecer en estas etapas de la vida humana.

Dentro de las varias razones que pudieran explicar este desinterés por el estudio del cerebro adolescente se mencionan la existencia de mitos y creencias sobre el desarrollo del cerebro humano y la falta de tecnologías apropiadas para auscultar procesos de desarrollo en vivo y los cambios estructurales y funcionales que esto puede acarrear. En efecto, la idea de que el cerebro sigue desarrollándose después de la infancia no se creía posible, pues el paradigma vigente hasta hace pocos años era que el cerebro quedaba estructurado de forma definitiva a los 12 años o alrededor de esa edad. Esta creencia se basaba en el hecho de que el tamaño del cerebro del niño a la edad de 6 años alcanza el 95% del que tendrá a la edad adulta.

Solo en las últimas décadas del siglo pasado con la ayuda de técnicas modernas que iremos mencionando, se reveló que ciertas áreas del cerebro como el cuerpo estriado, que regula comportamientos motivados por la recompensa, y la glándula pineal, que regula la secreción de hormonas como la melatonina, sufren cambios funcionales y que el cerebelo, que controla procesos motores de equilibrio y participa de funciones cognitivas y lenguaje, así como la corteza prefrontal se siguen desarrollando y teniendo cambios importantes.

Los estudios de los cambios en la corteza prefrontal han sido llevados a cabo por varios grupos de investigación, dada la importancia que esta área tiene en el control de las denominadas funciones ejecutivas, de planificación, inhibición de conductas inapropiadas, toma de decisiones, almacenamiento de información y la habilidad para hacer dos cosas a la vez, entre otras. Los resultados obtenidos por el doctor J. Giedd y colegas del National Institute Of Mental Health en Bethesda, Con muestras de 145 jóvenes utilizando la técnica de imágenes de resonancia magnética (FRMI), que permite trabajar con cerebros de jóvenes normales, indican que en el cerebro se produce, un poco antes de la pubertad (11 a 12 años), una segunda ola de crecimiento sináptico a la cual sigue, como ocurre en la infancia, un proceso de poda sináptica a lo largo de todo el período de la adolescencia. Estos cambios van acompañados de una progresiva disminución de la sustancia gris desde la pubertad y un aumento de la sustancia blanca. lo anterior se explica por una disminución de la densidad sináptica y porque se incrementa el proceso de mielinización axónica, lo cual tiene una ventaja adicional, la estabilización y fortalecimiento de las sinapsis que estarán en funcionamiento a lo largo de la vida.

Si Como se ha dicho anteriormente la supervivencia de las sinapsis sigue el principio de “úselas o piérdalas”, Lo que se haga o deje de hacer en este periodo es muy importante, pues como lo expresa el mismo doctor Giedd, “si el adolescente está haciendo deportes, Música o aprendizajes académicos serán las neuronas y las sinapsis involucradas en estas tareas las que se refuerzan y estabilizan, pero si se dedica a descansar, a los videojuegos, serán las neuronas y conexiones sinápticas involucradas en estas actividades las que sobrevivan”. El aprendizaje en la adolescencia es esencial y, por lo tanto, los programas

educativos deben priorizar metodologías que lo favorezcan y lo hagan más gratificante.

En una entrevista reciente, la doctora Deborah Yurgelun-Todd, directora de neurofisiología y neuroimagen del hospital Mclean, Mass., quien realizó un estudio con adultos y adolescentes sobre la forma de procesamiento de información emocional (miedo) derivada de estímulos externos, expresa que el cerebro del adolescente en esa función trabaja de forma diferente al de los adultos. Estos últimos utilizan en mayor extensión e intensidad la región prefrontal, la de las funciones ejecutivas, comparada con la de los adolescentes, pero estos en compensación utilizan regiones bajas del cerebro asociadas con las emociones, lo cual se traduce en respuestas más impulsivas y emocionales. Según la investigadora, este comportamiento se puede atribuir a que, en los adolescentes, la región frontal no está interrelacionada con la región emocional de la misma forma que lo hace el cerebro adulto. Una de las implicaciones del estudio es que el cerebro de los adolescentes responde de forma diferente al de los adultos a los estímulos del mundo exterior, en la forma en que entra la información al cerebro, en la forma en que la organiza y, por consiguiente, en la forma en qué responde. La actitud diferente frente a los mismos estímulos no es probablemente una cuestión de capricho juvenil, sino que los interpretan de forma diferente, resultado que bien puede servir para orientar las relaciones de éstos con los adultos y probablemente para diseñar ambientes educativos que tengan en cuenta estas características del funcionamiento cerebral del adolescente. Las anteriores conclusiones, sin embargo, deben ser entendidas teniendo en cuenta que el estudio fue hecho con una muestra pequeña y realizado en ambientes no propiamente escolares. Por otra parte, si el cerebro adolescente en este período sigue desarrollándose, significa que puede ser moldeado y adaptado y, por consiguiente, la educación secundaria y universitaria temprana puede jugar un papel muy importante, ya que todavía puede producir efectos significativos que se podrían reflejar en la vida adulta del individuo.

Desarrollo del cerebro adulto

Se considera que el período adulto va de los 20 a los 80 años. En esta etapa vital, se han observado, mediante técnicas de neuro imagen, cambios estructurales y funcionales del cerebro, pero éstos son menos radicales que los

descritos en los periodos de la infancia, niñez, preadolescencia y adolescencia, con excepción de algunos casos especiales de vejez asociados a desórdenes cerebrales generalmente asociados con enfermedades propias de esta edad. Los cambios normales que se observan corresponden no solamente a los mecanismos de la genética humana, sino a la respuesta del cerebro a factores ambientales y a los estilos de vida que adopta cada individuo.

Contrario a lo que se creía hace algunos años, se ha establecido plenamente que en el cerebro adulto hay crecimiento de neuronas en el hipocampo y probablemente en otras regiones. La neurogénesis en el hipocampo está asociada a la formación de nuevas memorias, específicamente de memoria espacial. Estudios realizados para confirmar las anteriores afirmaciones advirtieron que los adultos que se ejercitan en memoria espacial, taxistas, por ejemplo, acusaban un crecimiento significativo de la zona posterior del hipocampo en relación con los que no lo hacían y que, además, el crecimiento observado guardaba relación con el tiempo que duraba la experiencia. Así como se ha comprobado que el tamaño del hipocampo cambia con el uso, otros estudios han demostrado que estos cambios pueden darse en otras áreas sensoriales y motoras también motivadas por el uso y la experiencia y que estos cambios son además rápidos, pues en algunos casos se han logrado advertir diferencias significativas de tamaño en períodos cortos de tan solo algunos días. Sin embargo, también se encontró que los cambios suscitados por la experiencia y que involucran mejoras en el funcionamiento y destrezas solo se conservan si la experiencia se continúa en el tiempo, confirmando el principio de “si no se usa, se pierde”, cuando se refiere a la capacidad plástica fundamental del cerebro.

Otros cambios importantes en el cerebro adulto diferentes a los cambios cognitivos y de aprendizaje, de los que nos ocuparemos más adelante, complementan esta descripción sucinta del desarrollo estructural del cerebro en las diferentes etapas de la vida. Con técnicas de alta resolución MRI, que permiten diferenciar la materia gris (cuerpo neuronas) y la materia blanca (axones), así como cambios de volumen de estructuras corticales, complementados con estudios post mortem, han evidenciado cambios a diferentes niveles de la organización neural en cerebros de adultos. Tales estudios han revelado que tanto el peso como el volumen global del cerebro

adulto se reducen sistemáticamente con la edad. Así mismo, se encontró también que con la edad se reduce el volumen de la materia gris y se observan alteraciones en la materia blanca, lo cual es más acusado en individuos de edad madura. Las reducciones en la materia gris, sin embargo, no reflejan, de acuerdo con las conclusiones hechas en los estudios, la reducción del número de neuronas, lo cual es contrario a la idea aceptada de pérdida significativa del número de neuronas en la vejez, que por ahora queda en discusión, según esta nueva interpretación. De lo que sí hay evidencia es que la pérdida de volumen de la materia gris puede ser causada por la disminución de volumen de las grandes neuronas y no por la disminución del número de ellas. En todo caso, si se pierden esos millones de neuronas como se dice, lo cierto es que todavía no se sabe si es para bien o para mal, a lo mejor puede ser parte necesaria del proceso de aprendizaje, cómo lo expresan las investigadoras Blakemore y Frith.

Utilizando la técnica de Tomografía de Emisión Positrones (PET) y de resonancia magnética funcional (fMRI), se han encontrado diferencias entre jóvenes adultos y adultos mayores en los patrones de actividad de algunas regiones del cerebro cuando se involucran en tareas de percepción y cognición. Los adultos mayores presentan un incremento de la activación de la corteza prefrontal que incluye, además, una activación bilateral, a diferencia de los jóvenes adultos, en los que no se observa esta activación y, cuando ocurre, es unilateral, es decir, en uno u otro hemisferio. Las explicaciones a estos hechos incluyen la idea de que el cerebro en los adultos mayores, para compensar la pérdida de capacidad de procesamiento de información, recurre a otras áreas y en forma específica en la corteza cerebral, responsable de las funciones ejecutivas. Si esta hipótesis es correcta, se confirmaría una vez más con esta característica que la plasticidad y flexibilidad es también una característica del cerebro adulto, lo cual es muy importante para respaldar la idea de la educación a lo largo de la vida.