



Neuroplasticidad

La Organización Mundial de la Salud (1982) define el término neuroplasticidad como la capacidad de las células del sistema nervioso para regenerarse anatómica y funcionalmente, después de estar sujetas a influencias patológicas, ambientales, o del desarrollo, incluyendo traumatismos y enfermedades. Esto les permite una respuesta de adaptación (o mala adaptación) a la demanda funcional ¹.

La definición anterior delimita la plasticidad en relación con la capacidad de reparación y del funcionamiento del sistema nervioso ante el daño, pero si se considera al sistema nervioso como un sistema abierto, en evolución continua, el concepto de neuroplasticidad abarcaría la organización y reorganización funcional como resultado de la experiencia. Lo novedoso se asimila y se contrasta con patrones conocidos, para integrarse en un nuevo todo más diferenciado y complejo. También podría pensarse que un mismo evento cobra distinto significado en tiempos distintos del desarrollo, de tal manera que aun en la repetición, puede haber una reconstrucción de la experiencia ².

Se ha demostrado que existe una serie de fenómenos biológicos que conllevan a la neuroplasticidad, entre ellos, los neurotransmisores, la carga genética, el número de sinapsis operacionales que se establezcan, o aspectos ambientales que influyen en el desarrollo del niño.

Esta propiedad nerviosa tiene una especificidad espacio-temporal. Cada etapa tiene sus propias tareas del desarrollo y en este sentido habrá condiciones "críticas" del ambiente que favorezcan o vulneren la construcción de esa experiencia. Por ejemplo, la plasticidad del cerebro en desarrollo consiste mayormente de establecimiento de rutas alternas, reorganización de tejidos y sustitución de funciones

en áreas del cerebro adyacentes o remotas, mientras que en el adulto, la plasticidad es más funcional, que consiste sobre todo de sustitución de funciones o desarrollo de mecanismos de compensación. Los niños presentan una construcción continua de funciones de acuerdo con la maduración y progresión a través de sus etapas de crecimiento. Cada etapa de desarrollo es crítica, en la cual el niño integra tareas de desarrollo y forma parte de un proceso constructivo, donde la etapa anterior forma el sustrato de la etapa siguiente.

También puede haber ventanas de oportunidad para la recuperación funcional. Este es el caso de niños con lesiones focales cerebrales que pueden presentar déficit en el vocabulario expresivo y en la gramática entre los 10 meses y los 5 años; después de ese período recuperan cerca de los valores normales, aunque inferiores si se comparan con niños controles sin lesión ³.

Existen diferentes grados de neuroplasticidad en los distintos sistemas de acuerdo con la historia filogenética de cada uno. El lenguaje y la cognición por ejemplo, tendrán mayor variabilidad interindividual en los patrones de estructuración y de re-localización funcional que el sistema motor o sensorial, que por ser más antiguos están más canalizados. De esta manera y siguiendo el pensamiento de Hughlings Jackson ⁴, la evolución de los sistemas podría verse como el paso de los centros comparativamente más organizados al nacimiento hacia los centros superiores que están organizándose continuamente a través de la vida, de lo más simple a lo más complejo; de lo más automatizado a lo más voluntario.

De esta manera los sistemas más evolucionados serán los menos canalizados y por tanto más plásticos, más complejos y más voluntarios.

Entre los mecanismos ambientales facilitadores de la neuroplasticidad se encuentran los siguientes factores:

La versión completa de este artículo también está disponible en internet: www.revistasmedicasmexicanas.com.mx

Ambiente externo: La calidad, variedad, monto y modulación de la estimulación; la interacción social, aspectos culturales, una adecuada nutrición.

Ambiente Interno: La carga genética, factores endocrinos, la edad, las características propias del individuo, como el temperamento, la motivación.

Los mecanismos mediadores de la neuroplasticidad se encuentran a distintos niveles:

Histológicos: células gliales, células nerviosas y células vasculares.

Bioquímicos: neurotransmisores.

Fisiológicos: arborización, somatización, dendritificación, pluripotencialidad y sustitución de funciones entre otros.

Un ejemplo de pluripotencialidad a nivel histológico podría verse en casos en que el tejido auditivo puede desarrollar mapas retinotópicos⁵. También hay evidencia a favor de que el tejido cortical es capaz de establecer una amplia gama de representaciones con distintos grados de éxito funcional, dependiendo del tiempo, la naturaleza y la extensión de la información a la que se expone dicho tejido^{6,7}.

La neuroplasticidad es un fenómeno continuo y permanente a lo largo de la vida del ser humano, al contrario de lo que tradicionalmente se había considerado. La dicotomía que se pensaba que existía entre la neuroplasticidad estructural y la neuroplasticidad funcional se ha diluido. Actualmente se reconoce que la plasticidad es resultado de la interacción entre elementos funcionales y estructurales, gracias al desarrollo de la ciencia y avances científicos y tecnológicos que han permitido evidenciar aspectos moleculares que documentan dicha interacción.

Algunos factores adversos que influyen negativamente en la plasticidad del neurodesarrollo son:

Procedimientos estresantes, dolorosos o ambos: respuesta adrenérgica, cortisol, posturas extensoras forzadas.

Medicamentos: Dexametasona, por uso indiscriminado pre y postnatal; fármacos antiepilépticos, antibióticos.

Tóxicos: Anestésicos.

Desnutrición intra y extrauterina.

Estimulación ambiental inadecuada: Sobreestimulación, privación sensorial, ambiente

sociocultural pobre, disfuncional o falta de sincronía o "mismatch".

Patrones posturales y de movimiento inadecuados.

LENGUAJE

El lenguaje es una función mental superior de carácter biopsicosocial que requiere integridad neurobiológica; se desarrolla dentro una matriz social. Más allá de reducir el lenguaje al habla, también es el modo de expresión dominante provisto por la sociedad, para incorporar y hacer público lo que de otra manera quedaría sólo en el ámbito interno y privado: las creencias, los deseos, sentimientos e intenciones⁸, debiendo por tanto, ser considerado como una de las herramientas importantes para potenciar el aprendizaje social.

Desde una perspectiva neurológica el lenguaje es la capacidad para codificar las ideas en señales y debe diferenciarse del pensamiento, la alfabetización y su uso correcto; es pues, una forma de adaptación del conjunto de la especie y se fundamenta en circuitos nerviosos de gran complejidad.

El pensamiento es la capacidad de tener ideas y de inferir ideas nuevas a partir de las antiguas; el lenguaje es la capacidad de codificar ideas en señales para comunicarse con alguien.¹⁹

A través del lenguaje se realizan las siguientes funciones:

Operación y transformación del medio para la adaptación; procesamiento de la información: función instrumental.

Representación simbólica.

Heterorregulación de la conducta: Función interactiva.

Capacidad de inferir y abstraer: Función referencial o heurística.

Capacidad de significar y dar sentido a la experiencia: función semántica y semiótica.

Construcción de mundos posibles: función imaginativa.

Transmisión de información consensuada socialmente; reproducción y recreación de patrones culturales: función informativa.

Reflexión y desdoblamiento de funciones que posibilita la conciencia humana.

De acuerdo a Darwin "el hombre tiene una tendencia instintiva a hablar, como vemos en los balbuceos de nuestros niños pequeños; mientras que ningún niño tiene esta conducta instintiva para fabricar cerveza, hornear o escribir"

Muchos autores conciben el lenguaje como una verdadera novedad evolutiva propia de la especie humana y no comparable con otros sistemas de comunicación que compartimos con otras especies. Sin embargo, el lenguaje está anclado en competencias presentes desde el nacimiento y que pueden observarse también en primates. Elizabeth Bates ⁹ describe algunas de estas habilidades presentes al nacimiento que ofrecen la infraestructura funcional para el lenguaje:

1. Fascinación con objetos pequeños, evidente en el seguimiento visual y en una propensión a manipular y explorar esos objetos con las manos y boca.

2. Fuerte tendencia a orientarse hacia objetos sociales, especialmente caras humanas y voces.

3. Capacidad notable para la percepción intermodal, por ejemplo, la habilidad para detectar y contemplar constantes temporales y espaciales en la estimulación sonora, visual y táctil, de manera que el niño pueda anticipar y asociar a manera de señales, la presencia de la madre cuando oiga su voz.

4. Un cerebro con mapas sensoriomotores presentes desde el útero, que le permiten aprender precozmente.

5. Habilidades que apoyan el procesamiento rápido de nueva información a la manera de un modelo computacional.

En 6 meses estas habilidades se transforman cualitativamente en nuevos procesos que median la adquisición del lenguaje: La orientación social hacia los objetos confluyen para dar lugar a la atención conjunta en torno a un tema común (tema-comentario). Esto es fundamental para el desarrollo de la referencia en el lenguaje.

La imitación, proceso fundamental para la adquisición del lenguaje, se alimenta de la percepción intermodal y de la orientación social inicial. A esta edad, el niño puede segmentar las unidades foné-

licas del habla que escucha ¹⁰, detectar patrones significativos de lenguaje para aparear sonido con significado y explotar las propiedades de combinar para formar nuevas unidades de orden superior (sintácticas) ¹¹. En este sentido la percepción se modifica al servicio del lenguaje (ningún hablante percibe la realidad acústica). La anticipación e inferencia a partir de lo dado, posibilita una rápida inducción y procesamiento de la información que se recibe. Todos estos procesos forman a su vez la base que permite explicarnos la "explosión del lenguaje" a los dos años de vida.

Todas las culturas humanas tienen un lenguaje, que los individuos utilizan de manera creativa para transmitir nuevas ideas; pero ¿cómo lo hacen? El diseño del lenguaje se basa en dos componentes: palabras y gramática. Una palabra es una asociación arbitraria entre un sonido y un significado. A los 6 años por ejemplo, los niños comprenden alrededor de 13,000 palabras y los que terminan la enseñanza secundaria dominan al menos 60,000. Esto significa que los niños conectan un nuevo sonido con un significado cada 90 minutos durante el tiempo en el que están despiertos. ¹⁹

La gramática es el sistema que especifica cómo se pueden combinar las unidades del vocabulario en palabras, locuciones y oraciones y cómo el significado de una combinación se puede determinar por los significados de las unidades y la forma en que está dispuesta.

El lenguaje debe también entenderse de acuerdo al "contenido", que se refiere al amplio número de conceptos, como objetos, estados, acontecimientos, movimiento, cualidades, personas, camino y lugares e inmersa en este contenido está la gramática, que aporta aspectos como nombres, verbos, adjetivos, adverbios y preposiciones. Todos estos conceptos son necesarios para entender las distintas patologías del lenguaje. ¹⁹

Los problemas de lenguaje pueden expresarse de manera muy distinta según las funciones afectadas. Así, los niños con diversos síndromes que fueron seguidos por Elizabeth Bates ¹² mostraron los siguientes déficits funcionales probables:

El lenguaje es un sistema jerárquico en donde cada nivel (sonidos, palabras, frases, discurso) tiene sus

Síndromes	Déficit funcional Probable
Problema de lenguaje específico	Problemas en el procesamiento de la información: saturación de la memoria de trabajo y de la atención.
Autismo	Problema en la interacción social, en la atención conjunta o en ambos, sin detrimento de la capacidad para procesar información.
Síndrome de Williams	Problemas de procesamiento de la información cognitiva sin detrimento en el mapeo auditivo y en la motivación e interacción social.
Síndrome de Down	Deficiente capacidad cognitiva y del procesamiento auditivo sin detrimento de la motivación social.

propias reglas, su ritmo de desarrollo. Como los demás sistemas, hay un orden en la adquisición del lenguaje; por ejemplo, la comprensión del lenguaje siempre precederá a la producción o expresión oral¹³. Algunos autores alertan sobre estas primeras etapas constitutivas del lenguaje en el primer año de vida, que por ser predominantemente perceptivas, pasan inadvertidas¹⁴.

También habrá distintos períodos críticos en los que la privación, por ejemplo, de información auditiva durante los primeros meses de vida, puede tener impacto en el desarrollo de las competencias lingüísticas y cognitivas. Por ello, es de primordial importancia detectar una posible pérdida auditiva mediante un programa de detección universal en recién nacidos, sobre todo en casos de alto riesgo (Cuadro 1), mediante la utilización de emisiones otoacústicas y potenciales auditivos provocados de tallo cerebral (técnicas no invasivas que no requieren la participación del sujeto y que pueden aplicarse desde la etapa neonatal) para que pueda contar con la implementación de auxiliares auditivos lo más tempranamente posible (en los primeros 6 meses de vida) sumado a un programa de intervención.

Cuadro 1. Factores de riesgo para pérdida auditiva

Hiperbilirrubinemia	Síndromes genéticos asociados a sordera
Asfixia perinatal	Malformaciones de cabeza y cuello
Ototóxicos	Trauma acústico
Antecedentes hereditarios de pérdida auditiva	Disgenesias cerebrales
Neuroinfecciones: congénitas y postnatales	Errores innatos del metabolismo

NEUROIMAGEN Y DESARROLLO

La neurociencia (ciencia moderna del cerebro) surge en los años 70 del siglo pasado con el desarrollo de técnicas avanzadas de estudio de la dinámica celular del sistema nervioso y con la convergencia de varias disciplinas, previamente dispersas, que trataban sobre el cerebro: biología molecular, neuroanatomía, electrofisiología, biología celular y biología del desarrollo. Las nuevas técnicas de neuroimagen (tomografía de emisión de positrones, imagen de resonancia magnética, magnetoencefalografía y colorantes sensibles al voltaje) han permitido relacionar variaciones en la actividad de poblaciones enteras de neuronas con actos mentales específicos en los seres humanos, es decir, observar las propiedades del sistema nervioso directamente en experimentos controlados sobre la conducta, estableciendo hipótesis funcionales susceptibles de comprobación respecto a cómo piensa el cerebro.

Los estudios de neuroimagen han servido para definir la forma de organización de los circuitos nerviosos. Se sabe por ejemplo, que existe una organización topológica que transmite información espacial sobre los sucesos sensitivos, estas técnicas también han revolucionado el estudio de las funciones cognitivas haciendo visible la neuroanatomía del cerebro humano vivo en el transcurso de conductas específicas y ha permitido tener una idea mucho más clara de las regiones cerebrales que participan en muchas funciones cognitivas complejas.¹⁸

Para evaluar la estructura se utilizan estudios como la ultrasonografía, la tomografía axial computarizada, los estudios de imagen de resonancia magnética de cráneo, mientras que para la neuroimagen funcional se utilizan la tomografía por emisión de positrones (PET), la tomografía computarizada de fotón único (SPECT) y la resonancia magnética funcional¹⁵.

En la actualidad no existe una conexión lineal entre hallazgos de patología por neuroimagen y el neurodesarrollo; asimismo, el diagnóstico de alteración en el neurodesarrollo no puede realizarse en base a un estudio de imagen; la IRM de cráneo sólo es recomendable como herramienta de apoyo diagnóstico¹⁶ temprano del daño cerebral a fin de dar un manejo médico apropiado a los recién nacidos con riesgo.

COGNICIÓN

La mente puede considerarse como un conjunto de operaciones llevadas a cabo por el cerebro, que es un órgano de procesamiento de la información cuya potencia radica en el inmenso número, variedad e interacciones de sus neuronas y en la complejidad de las interconexiones entre ellas.¹⁸

La cognición alude a todos los procesos merced a los cuales las entradas de información sensitiva se transforman, reducen, elaboran, almacenan, recuperan y utilizan. Al respecto Ulric Neisser en 1967 dice “ el mundo de la experiencia es producido por el hombre que la siente” de tal manera que la cognición representa una función mental heterogénea, individual pero al mismo tiempo universal.

Desde un punto de vista neuropsicológico se puede definir la cognición como una serie de procesos evolutivos necesarios para la adquisición del aprendizaje, tales como atención, memoria, percepción, lenguaje, función cognitiva y pensamiento, los cuales permiten la adaptación del individuo al medio. Dicho proceso de aprendizaje debe ser significativo en lo referente a los intereses y necesidades del individuo.

La cognición es un proceso evolutivo a través de selección natural condicionado durante la filogénesis del sistema nervioso.

Los procesos cognitivos se establecen desde el nacimiento, aunque durante el desarrollo se depuran y consolidan. El encéfalo produce una percepción integrada, porque las neuronas están conectadas entre sí de forma precisa y ordenada según un plan general que no varía mucho de unos individuos normales a otros. Sin embargo, las conexiones intercelulares no son exactamente iguales en todos los individuos ya que se pueden modificar por la actividad y por el aprendizaje¹⁸

Para comprender cómo piensan, se comportan, sienten y actúan las personas, también es esencial entender cómo la acción integradora del cerebro y la actividad simultánea de conjuntos diferenciados de neuronas, producen la cognición.

Cuando estos procesos se alteran o se modifican, el resultado será la inadaptación del individuo al medio, que en los niños se puede expresar como trastornos de la conducta, del aprendizaje, etc. Se deben considerar de manera particular los procesos de desarrollo que no constituyen patología específica hasta en tanto no se logren los mecanismos específicos de maduración.

La cognición esta constituida por módulos o dominios específicos que se diferencian de acuerdo al tipo de información y a los mecanismos de acceso. Dichos dominios se denominan lenguaje, intercambio social, etc., los cuales conllevan un mecanismo cognitivo según el tipo o clase de representaciones que siguen rutas o vías específicas.

Los procesos cognitivos son producto de la selección natural y constituyen un fenotipo de alta complejidad.

En la teoría del marco cognitivo se aceptan dos fuentes fundamentales;

- 1) Proceso de selección natural o influencia filogenética.
- 2) Selección mediante el desarrollo denominado ontogenia.

Estas fuentes que son pilares básicos, son alimentadas a su vez por la “inflexión” que puede ser de origen filogenético u ontogenético

Para explicar mejor este fenómeno por analogía, se puede decir que cuando un alimento es convertido a nutrimentos por el estómago, se habla de “construcción”, mientras que cuando se seleccionan el tipo y la cantidad de nutrimentos, el proceso o fenómeno se llama “inflexión”

El proceso filogenético de la cognición se explica a través de la evolución y el curso histórico y es favorecida por la selección natural; mientras que el *proceso ontogenético* de la cognición se lleva a cabo por mecanismos de adaptación en el curso del desarrollo y es modificado por el medio.

Las fuentes que alimentan la cognición pueden ser de dos tipos:

- 1) ingreso o acceso (input);
- 2) mecanismos (procesamiento).

El primero se refiere al cambio o modificación del área receptiva dependiente de la cantidad y tipo de información recibida; el segundo se refiere al cambio o modificación en el proceso mismo de construcción cognitiva.

Este marco no contempla el mecanismo final que sería el egreso o salida (output) o expresión final, que cierra el circuito estableciendo un sistema reverberante que vemos reflejado en las habilidades que desarrolla el niño.

Finalmente desde un punto de vista anatomofuncional las investigaciones neurobiológicas indican que no existe un lugar específico de localización para la cognición, sino que es un concepto de sistemas sujetos a un proceso de desarrollo continuo y por ende que condicionan logros en los niños. Se sabe que existen zonas de desarrollo próximo (fortalezas y debilidades), dentro de los procesos cognitivos que pueden y deben identificarse para potenciar las habilidades cognitivas de los niños.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jackson H. 1882, Medical Press and Circular, 2: 34-42, cit. en Milner E. "Maduración del Sistema Nervioso Central". En: Del Río N. *Filogenia y Ontogenia del Sistema Nervioso Central*. México, UAM-X, 1992;pp60-1.
2. Pallas SL, Sur M. Visual projections induced into the auditory pathway of ferrets: II. Corticocortical connections of primary auditory cortex. *J Comparative Neurol* 1993;337(2):317-33
3. Elman JL, Bates E, Johnson M, Karmiloff-Smith A, Parisi D, Plunkett *Rethinking*. MIT Press, Cambridge MA 1996
4. Bates E, Johnson MH, Karmiloff-Smith A, Parisi D, Plunkett K, Elman JL. *Rethinking innateness*. Cambridge, MA. MIT Press/Bradford Books 1998
5. Johnson MH. *Developmental cognitive neuroscience*. Oxford: Blackwell Publishers. 1997
6. Bloom L. *The Transition from Infancy to Language. Acquiring the Power of Expression*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1993.
7. Bates E. Explaining and interpreting deficits in language development across clinical groups: where do we go from here? *Brain and Language* 2004;88:248-53
8. Dehaene-Lambertz G, Dehaene S. Speed and cerebral correlates of syllable discrimination in infants. *Nature* 1994;370:292-5.
9. Kuhl P. A new view of language acquisition. *PNAS* 2000;11850-7.
10. Bates E. Brain and Language. En: *The changing nervous system: Neurobehavioral consequences of early brain disorders*. New York Oxford University Press 2004;pp248-53
11. Kuhl P. A new view of language acquisition. *PNAS*, 2000;97(22):11850-7.
12. Dehaene-Lambertz G, Ooijen B. Le langage dans les premières années de la vie. *Nouvelles perspectives. Médecine et Enfance* 2002;pp1-6
13. Maestú F, Quesney-Molina F, Ortiz-Alonso T, Campo P, Fernández-Lucas A. Cognición y redes neurales: una nueva perspectiva desde la neuroimagen funcional. *Rev Neurol* 2003;37:962-66
14. Ríos-Lago M, Paúl-Lapedriza N, Muñoz-Céspedes JM, Maestú F, Álvarez-Linera J, et al. Aplicación de la neuroimagen funcional al estudio de la rehabilitación neuropsicológica. *Rev Neurol* 2004;38:366-73.
15. Robertson NJ, Wyatt JS. The magnetic resonance revolution in brain imaging: impact on neonatal intensive care. *Arch Dis Child* 2004;89(3):193-7.
16. Kandel Eric R. La Base Nerviosa de la Cognición. En: Kandel Eric R, Schwartz James M, JM Thomas. *Principios de Neurociencia*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana. 4a Ed. Madrid España 2001;pp313-403
17. Dronkers NF, Pinker S, Damasio A. Lenguaje y afasia. En: Kandel Eric R, Schwartz JM, Thomas JM. *Principios de Neurociencia*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana 4a Ed. Madrid España 2001;pp1169-87.

