

# Consideraciones sobre la plasticidad y los períodos críticos y sensibles del desarrollo neural para el diseño e implementación de políticas

---

Author/s:

**Sebastián J. Lipina**

*PhD. Unidad de Neurobiología Aplicada (UNA, CEMIC-CONICET) Buenos Aires, Argentina*

Theme/s:

**Desarrollo de la primera infancia**

---

Este artículo forma parte de una serie de informes realizados por el autor para la International Bureau of Education de la UNESCO mediante una "Senior fellowship" concedida por la International Brain Research Organisation (IBRO). Este programa tiene como objetivo apoyar y acercar la investigación neurocientífica clave sobre el aprendizaje y el cerebro a educadores, responsables políticos y gobiernos. Traducido y publicado con permiso.

---

## Resumen

- Los períodos críticos y sensibles son ventanas de tiempo durante las cuales el sistema nervioso es más susceptible a estímulos específicos que contribuyen con su organización. La diferencia entre ambos tipos de períodos reside en su tiempo de duración, la persistencia y potencial modificación de los cambios neurales que se adquieren en ellos.
- Producto de la evolución del sistema nervioso, ciertos estímulos específicos activan una serie de mecanismos de plasticidad que incluyen procesos genéticos, moleculares y celulares que influyen las conexiones sinápticas y la formación de redes neurales asociadas con diferentes funciones y conductas.
- Si bien estos períodos de organización y los mecanismos de plasticidad en ellos involucrados son universales para cada especie, la organización estructural y funcional del sistema nervioso puede variar entre individuos.
- La exposición a diferentes privaciones y adversidades durante estos períodos tiene impactos heterogéneos que varían dependiendo del tipo, cantidad y momento de ocurrencia de tales eventos. Si bien hay aspectos de la organización neural que se pueden modificar durante los períodos sensibles, tal evidencia corresponde aún al ámbito experimental.
- Un uso adecuado del conocimiento disponible y de los interrogantes pendientes es necesario para informar el diseño de intervenciones y políticas orientadas a favorecer el desarrollo neural durante etapas tempranas del desarrollo.

## Desarrollo y plasticidad neural

En esta sección se incluyen conceptos específicos sobre la organización estructural y funcional del sistema nervioso, con énfasis en los mecanismos de plasticidad que subyacen a ella. La importancia de estos conceptos para tomadores de decisión en sectores de primera infancia es que permiten profundizar la comprensión de la variabilidad de procesos y dinámicas temporales que dan forma a distintas trayectorias de desarrollo neural, y por lo tanto emocional, cognitivo y conductual.

La organización inicial del sistema nervioso sigue una secuencia específica de procesos adaptativos de generación, conexión y eliminación de células nerviosas (i.e. unidades básicas de procesamiento de información en el sistema nervioso) y conexiones entre ellas. Específicamente, a las fases iniciales de generación de células nerviosas, de su migración y posterior diferenciación[1], les siguen las de crecimiento dendrítico[2], formación y eliminación de sinapsis[3]. El desarrollo y refinamiento posterior de las redes neurales, casi siempre involucra la remoción de subconjuntos de neuronas a través de un proceso programado de eliminación denominado *apoptosis*[4], que involucra una serie compleja de señales intrínsecas y extrínsecas al sistema nervioso. Esto significa que esta organización se produce a través de la combinación de factores y dinámicas genéticas y ambientales. Al finalizar tales procesos, cerca de la mitad de las neuronas en el sistema nervioso son finalmente eliminadas por apoptosis, y las que sobreviven pasan a formar parte de las redes sensoriales, motoras y cognitivas –junto a otras células neurales como las de la glía– que contribuyen a generar diferentes tipos de representaciones del mundo y del propio individuo. Los tiempos de tales procesos de sobreproducción y poda de contactos sinápticos varían en diferentes áreas de la corteza cerebral, alcanzando al menos la segunda década de vida en el caso de redes que involucran a los sistemas neurales frontales relacionados con procesos de autorregulación emocional, cognitiva y de aprendizaje (Andersen, 2022; Ismail et al., 2017; Lindenberger & Lövdén, 2019).

Todos los procesos mencionados constituyen mecanismos de plasticidad neural. Se han sugerido al menos dos formas básicas de plasticidad. Una de ellas, la *expectante de la experiencia*, es la que se activa ante experiencias particulares para todos los miembros de una especie, cuyos estímulos guían la organización del sistema nervioso hacia un punto dado por medio de la selección de ciertas conexiones y la eliminación de otros dando forma a una función neural específica. Por ejemplo, en la mayoría de los mamíferos, al momento del nacimiento o cuando los ojos se abren, las redes neurales de la corteza cerebral que procesan información visual están organizadas y preparadas para iniciar el procesamiento de estímulos esperados (e.g., luz, patrones). Inicialmente, los axones[5] inervan la corteza visual de una forma superpuesta, es decir axones de diferentes células inervan las mismas áreas. Durante el desarrollo, estos axones se retraen parcial o completamente, de manera que emergen columnas de células alternadas, llamadas columnas de dominancia ocular, porque la información que llega a la corteza es dominada por uno u otro ojo. El desarrollo de las columnas de dominancia ocular parece involucrar la competencia entre distintos axones que conducen información de cada ojo. En estudios con modelos animales en los que un párpado es suturado al nacimiento, se ha verificado que las columnas de dominancia ocular inervadas por axones de

neuronas relacionadas con el ojo abierto eran más anchas que las columnas inervadas por los axones de neuronas relacionadas con el ojo cerrado. Esto significa que la ausencia de los estímulos visuales –por el ojo cerrado– no condujeron a organizar las columnas de neuronas que regulan funciones visuales. Por otra parte, las sinapsis de las columnas que reciben un patrón normal de estimulación lumínica (del ojo abierto), exhiben una morfología madura; mientras que las sinapsis en las columnas privadas de luz expresan otra inmadura (Grossman et al., 2003). En el desarrollo temprano de la corteza visual de los humanos también hay evidencia de procesos de sobreproducción neuronal y poda sináptica similares a los descritos en estudios con animales, seguidos por una fase estable (meseta) y posterior reducción general en el número de sinapsis (Huttenlocher, 1997). Otras funciones neurales que también se organizan en base a procesos de plasticidad *expectantes de la experiencia* son por ejemplo algunos aspectos del procesamiento auditivo, del lenguaje y emocional (Andersen, 2022).

Los cambios en la organización neural que dependen de la experiencia de un individuo –no comunes a la especie– suelen corresponder a lo que se denomina plasticidad *dependiente de la experiencia* (Grossman et al., 2003). En este tipo de plasticidad, las experiencias asociadas al aprendizaje parecen contribuir con la formación de nuevas sinapsis en oposición a la selección de sinapsis ya existentes. En los estudios con modelos animales se ha observado que la exposición a ambientes diferenciados (i.e., complejos versus privados de estímulos) se asocia con cambios en la cantidad, forma y funcionamiento de diferentes componentes del sistema nervioso. En estudios basados en modelos animales, tanto la exposición a ambientes complejos como por el contrario con la falta de estimulación sensorial y social, se ha relacionado con diversos cambios estructurales, como por ejemplo, el número y la forma de la conexión entre neuronas y células gliales, la cobertura de mielina en los axones, los vasos sanguíneos dentro del cerebro, la generación de nuevas neuronas en el bulbo olfatorio –relacionado con procesamiento de información olfatoria y emocional– y en el hipocampo –relacionado con procesos de aprendizaje–, la expresión genética, o la disponibilidad y el metabolismo de distintos factores tróficos<sup>[6]</sup> y de neurotransmisores<sup>[7]</sup> (Holtmaat y Svoboda, 2009). Entre los cambios a nivel de la conducta, la evidencia disponible indica con claridad que la calidad del ambiente de crianza se asocia con transformaciones en el desarrollo motor, emocional y cognitivo, tanto durante el aprendizaje de diferentes tareas como en la expresión de las competencias de autorregulación y de apego a los cuidadores. Es decir que el desarrollo y el aprendizaje se construyen y evolucionan a partir del continuo intercambio de información entre las características individuales –la constitución que surge de la identidad genética de cada individuo que contribuye a la organización neural de base– y el conjunto de eventos ambientales, que incluyen el universo de insumos materiales y simbólicos que cada cultura y sociedad ofrecen a sus niños (Andersen, 2022; Ismail et al., 2017; Lindenberger & Lövdén, 2019).

### Un ejemplo de noción errónea

La evidencia disponible indica que las estructuras y funciones que se organizan durante los períodos críticos y sensibles (ver sección siguiente) suelen corresponder a aquellas que requieren de la integración progresiva de varias redes neurales relacionadas con diferentes tipos de funciones, como por ejemplo las áreas de procesamiento de múltiples procesos sensoriales. Esto significa que diferentes estructuras y funciones se organizan en diferentes momentos del desarrollo. En consecuencia, no existirían períodos críticos y sensibles únicos, sino múltiples períodos sucesivos para distintas funciones.

A pesar de que la evidencia disponible da cuenta de esta heterocronía de organización estructural y funcional, en algunos sectores no académicos es posible encontrar una narrativa que sugiere que habría un período crítico único temprano, circunscrito a los primeros tres o cinco años del desarrollo, durante los cuales la ausencia de estímulos específicos generaría impactos irreversibles sobre la organización cerebral. Es importante invertir esfuerzos en deshilar estas concepciones erróneas –que algunos investigadores nombran como el mito de los primeros tres años de vida (e.g., Bruer, 2000)– a la luz de la evidencia ya presentada.

En primer lugar, los procesos de generación y eliminación de sinapsis no se producen al mismo tiempo en todas las áreas cerebrales. Por ejemplo, los componentes neurales que conforman las diferentes redes de las zonas frontales del cerebro involucradas en los procesos de autorregulación, pensamiento y aprendizaje no terminan de organizarse hasta la segunda o tercera décadas de vida. Así, dichas competencias requieren un tiempo prolongado para desarrollarse y la calidad de los contextos específicos de crianza y educación resulta fundamental para proteger, fomentar, o, por el contrario, poner en riesgo ese afianzamiento. Por una parte, desde la concepción y hasta los 5 años de edad, el suministro adecuado de nutrientes, la generación de vínculos afectivos que garanticen un apego seguro entre los cuidadores y los niños, y la estimulación del aprendizaje son aspectos que contribuyen a un desarrollo adecuado de los componentes neurales asociados con las funciones autorregulatorias. Por otra parte, el inicio de la adolescencia es una etapa de vulnerabilidad frente al estrés que impone nuevas demandas a la conformación de las redes neurales multimodales. En otras palabras, el aporte de nutrientes y afecto, y el hecho de vivir en ambientes seguros que permitan afrontar situaciones adversas durante

las primeras dos décadas de vida son condiciones que modulan el desarrollo de las redes neurales involucradas en la autorregulación y el aprendizaje en contextos sociales formales y no formales. Esta organización compleja no se define en un período corto de tiempo al inicio de la vida.

En segundo lugar, que se haya alcanzado el número estable de sinapsis en cada área cerebral no significa que el desarrollo cognitivo y el aprendizaje se detengan o no puedan modificarse, dado que siguen abiertas las oportunidades de generar nuevos contactos por intervenciones ambientales apoyadas en las potenciales que brindan los mecanismos correspondientes a la plasticidad *dependiente de la experiencia*. De hecho, mucho después de que se haya estabilizado el número de sinapsis en cada área cerebral –un proceso de organización que se basa en la combinación de fenómenos de plasticidad *expectante* y *dependiente de la experiencia*– es posible continuar construyendo conocimientos escolares, técnicos y profesionales de cierta complejidad. Basar el desarrollo neural y cognitivo en una sola variable –la generación y eliminación de sinapsis– pasa por alto una idea que la neurociencia postula en la actualidad en base a evidencia acumulada, según la cual ese desarrollo involucra el cambio de múltiples componentes de distintos niveles de organización que están en interacción continua y en contextos temporales de cambio muy dinámico. Una vez más, si bien las etapas tempranas del desarrollo neural son fundacionales, esto no implica que una persona no pueda continuar aprendiendo y formándose durante la vida adulta, aun en condiciones ambientales adversas.

### Períodos críticos y sensibles

Los denominados períodos críticos y sensibles que ocurren durante etapas tempranas del desarrollo son momentos de alta organización de funciones neurales. El tipo de plasticidad que ocurre durante estos períodos es la *expectante de la experiencia*. Los cambios en la estructura y la función de distintos sistemas neurales que se adquieren tempranamente durante los períodos críticos –por ejemplo, procesos sensoriales de visión y audición–, suceden en un rango de tiempo corto, con momentos de apertura y cierre relativamente claros, y suelen ser persistentes durante el ciclo vital. No obstante, estudios actuales basados en modelos animales sugieren que incluso en individuos adultos hay aspectos organizados durante estos períodos tempranos que podrían modificarse por intervenciones ambientales y farmacológicas (e.g., Hübener & Bonhoeffer, 2014). Por otra parte, los cambios neurales que se adquieren durante los períodos sensibles –por ejemplo, procesamiento fonológico inicial–, suceden en rangos de tiempos más amplios, con momentos de apertura y cierre menos definidos, y pueden modificarse, aunque con esfuerzo. Un ejemplo de ello es la adquisición de una segunda lengua más allá de la segunda mitad de la primera década de vida (e.g., Kuhl, 2007).

Los mecanismos plásticos que subyacen a la organización neural durante estos períodos incluyen una dinámica compleja e integrada de procesos moleculares, celulares y de redes. El inicio de un período sensible está regulado por marcapasos y desencadenantes moleculares. Los marcapasos, como la molécula de adhesión de células neuronales polisialiladas (PSA-NCAM), inhiben el inicio del período sensible lo cual podría prevenir la plasticidad precoz y mantener un impulso de desarrollo adecuado. Por otra parte, las experiencias ambientales y los desencadenantes moleculares, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF)<sup>[8]</sup> y el neurotransmisor ácido gamma-aminobutírico (GABA)<sup>[9]</sup>, promueven el inicio del período sensible y aumentan sus mecanismos de plasticidad. El momento y la calidad de la experiencia esperada también influyen en el momento en que se produce el período sensible. Es importante destacar que los cuidadores receptivos de las necesidades de los niños y niñas pueden servir como factores desencadenantes de algunos períodos sensibles. Son ejemplo de ello, los vínculos afectivos duraderos entre cuidadores y niños o niñas que brindan seguridad y cuidado; así como también la asistencia de los cuidadores a niños y niñas para regular las emociones, pensamientos y acciones en situaciones ambientales que generan estrés.

Una vez que se desencadena con éxito un período sensible, existen otros mecanismos adicionales que facilitan una rápida reconfiguración estructural y funcional neural, así como la sintonía con la experiencia esperada (Andrade-Talavera et al., 2023; Gabard-Durnam & McLaughlin, 2020). Es decir que la organización de múltiples funciones implica una secuencia integrada de múltiples períodos críticos y sensibles (Reh et al., 2022).

Durante los períodos sensibles también se produce una poda sináptica y neuronal para eliminar conexiones ineficientes e innecesarias. Hace falta una exposición continua a las experiencias esperadas dentro de tales períodos para dar forma a una función neural (e.g., agudeza visual, percepción de sonidos de la lengua, regulación de la respuesta al estrés) a través de estos mecanismos. Luego, los períodos críticos y sensibles se cierran para estabilizar la función impulsada por la experiencia. La plasticidad neural de estos períodos está regulada por una serie de factores moleculares y estructurales (por ejemplo, las redes perineuronales<sup>[10]</sup> y los procesos de mielinización<sup>[11]</sup>), que inhiben activamente la plasticidad. Una vez que se cierra el período crítico o sensible, la plasticidad residual limitada permite una modificación continua a través de mecanismos de aprendizaje dependientes de la experiencia disponibles a lo largo del curso de la vida.

Los enfoques teóricos actuales del estudio de los períodos sensibles en el desarrollo neural humano comprenden abordajes que incluyen manipulaciones ambientales y farmacológicas de los mecanismos de plasticidad, así como también modelos computacionales. Por ejemplo, el enfoque de la privación ambiental propone un modelo para explorar cómo la ausencia, o el retraso, de una experiencia esperada impacta el desarrollo neural de manera diferente. En el caso de una privación prolongada de una experiencia necesaria, el período crítico o sensible original para la organización de una función podría cerrarse a medida que la corteza organiza otras funciones. Sin embargo, si esa experiencia esperada eventualmente ocurre con retraso, parte de esa funcionalidad podría incorporarse durante períodos sensibles posteriores a través de mecanismos compensatorios. No obstante, la coincidencia del momento de máxima organización de una función neural con la experiencia esperada que aparece con demora no sería igualmente eficiente. Otro ejemplo, es el de los enfoques farmacológicos que utilizan compuestos químicos para alterar los mecanismos de plasticidad de un período crítico o sensible. Las exposiciones farmacológicas en el desarrollo, como a los inhibidores de la recaptación de serotonina[12] (SRI) o las benzodiazepinas[13], podrían acelerar el período sensible. Por otra parte, las manipulaciones farmacológicas también se podrían utilizar en la edad adulta para restablecer intencionalmente la plasticidad neural una vez finalizados los períodos sensibles. Fármacos como el valproato[14], los SRI y la 3,4-metilendioximetanfetamina (MDMA)[15] podrían alterar los factores sensibles de frenado del período crítico o sensible para aumentar la plasticidad. Por último, pueden utilizarse modelos computacionales para simular manipulaciones de experiencias y su relación con los mecanismos de plasticidad. Por ejemplo, un modelo computacional propuso predicciones sobre cómo se produce la coincidencia temporal de las experiencias con mecanismos de plasticidad durante períodos críticos o sensibles, utilizando el abordaje estadístico del aprendizaje bayesiano, en el que las probabilidades previas de actividad neural en respuesta a la experiencia se actualizan en el transcurso del período crítico o sensible. La implementación de estos enfoques en experimentos con personas es aún un esfuerzo científico que plantea desafíos éticos, técnicos y metodológicos que deben resolverse (Gabard-Durnam & McLaughlin, 2020).

## Conclusiones

La organización neural involucra mecanismos de plasticidad que inicialmente requieren la presencia de estímulos específicos. Por ejemplo, el encuentro de los rostros entre una madre y su bebé, en el caso de los primates. En etapas posteriores, el sistema nervioso continúa organizándose en función de la calidad y cantidad de información y eventos materiales y simbólicos del ambiente. Estos cambios corresponden a la plasticidad *dependiente de la experiencia*, que incluye todos los cambios en el sistema nervioso que dependen del tipo de experiencia individual y que, por lo tanto, varían entre los individuos de una misma especie. La organización del sistema nervioso involucra, además, otros mecanismos, como los cambios moleculares en los niveles genético y celular, que intervienen en la transmisión de señales químicas y eléctricas, y la integración de esa información que da lugar a su procesamiento involucrado en la memoria y el aprendizaje.

Para el diseño, implementación y evaluación de políticas de salud, educación y desarrollo humano que una comunidad tiene que llevar adelante, todas las formas de plasticidad y tipos de períodos de organización tienen la misma importancia, aunque pueden requerir estrategias y tiempos de acción diferentes. Por una parte, basar las acciones en una parte reducida del conocimiento sobre el desarrollo neural -como por ejemplo proponer la existencia de períodos críticos tempranos circunscriptos a un período corto de tiempo- que son determinantes únicos de la productividad adulta-, es una noción errónea no solo en términos conceptuales sino además éticos y estratégicos. En la medida en que se concibe que las habilidades emocionales, cognitivas y de aprendizaje no pueden ser modificadas más allá del cierre de un supuesto período crítico único, automáticamente se dejan de considerar a futuro las necesidades y potencialidades de aquellas poblaciones infantiles que han sido expuestas a adversidades durante ese tiempo. El error estratégico es que con ello también desaparece la posibilidad de planificar políticas y acciones que permitan a esas poblaciones invisibilizadas la posibilidad de fomentar su desarrollo y aprendizaje, y con ello su inclusión social y cultural.

Finalmente, las estrategias a implementar en base a estos conocimientos dependen de los niveles de equidad e institucionalidad de los distintos países. En aquellos donde se logran mayores niveles de equidad social desde antes del nacimiento, las acciones tendientes a cuidar a las familias cuando reciben nuevos integrantes suelen incluir los tiempos y recursos necesarios para que los intercambios materiales y simbólicos sean adecuados en tiempo y forma en función a los fenómenos de plasticidad *expectante* (lo cual incluye a lo que sucede en términos de organización neural durante los períodos críticos y sensibles) y *dependiente de la experiencia*. Por el contrario, en aquellos países en los que se verifican niveles altos de desigualdad social se necesita diseñar e implementar acciones que garanticen la ocurrencia de los eventos fundacionales que requiere la plasticidad expectante de la experiencia (i.e., ambientes adecuados de cuidado), así como también el estímulo al desarrollo y al aprendizaje que capitalice los recursos neurales propios de los fenómenos relacionados con la plasticidad *dependiente de la experiencia*.

En síntesis, en todo sector involucrado en el cuidado y educación de niños y adolescentes, los conocimientos sobre plasticidad neural, períodos críticos y sensibles deberían ser considerados en el contexto de una concepción integrada del desarrollo humano, en el que los tiempos de organización neural con todas sus dinámicas complejas debe ser considerado también de forma integrada. Ello implica atender tanto a aspectos universales, como particulares. En tal sentido dado que los tiempos de organización neural son amplios y los cierres de los períodos críticos y sensibles durante los cuales se produce la organización de funciones cognitivas y emocionales pueden variar entre individuos, es importante identificar distintas necesidades para diferentes grupos de personas, y establecer prioridades de intervención en función a ellas.

## Bibliografía

Andersen, S.L. (Ed.) (2022). *Sensitive periods of brain development and preventive interventions. Current Topics in Behavioral Neurosciences*, 53. Cham, Switzerland: Springer.

Andrade-Talavera, Y., Pérez-Rodríguez, M., Prius-Mengual, J., & Rodríguez-Moreno, A. (2023). Neuronal and astrocyte determinants of critical periods of plasticity. *Trends in Neurosciences*, 46, 566-580.

Gabard-Durnam, L., & McLaughlin, K.A. (2020). Sensitive periods in human development: Charting a course for the future. *Behavioral Sciences*, 36, 120-128.

Grossman, A.W., Churchill, J.D., McKinney, B.C., Kodish, I.M., Otte, S.L., & Greenough, W.T. (2003). Experience effects on brain development: Possible contributions to psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 33-63.

Holtmaat, A., & Svoboda, K. (2009). Experience-dependent structural synaptic plasticity in the mammalian brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 647-666.

Hübener, M., & Bonhoeffer, T. (2014). Neuronal plasticity: Beyond the Critical Period. *Cell*, 159, 727-737.

Huttenlocher, P.R., & Dabholkar, A.S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387, 167-178.

Ismail, F.Y., Fatemi, A., & Johnston, M.V. (2017). Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*, 21, 23-48.

Kuhl, P.K. (2007). Is speech learning "gated" by the social brain? *Developmental Science*, 10, 110-120.

Lindenberger, U., & Lövdén, M. (2019). Brain plasticity in human lifespan development: The exploration-selection-refinement model. *Annual Review of Psychology*, 1, 197-222.

Reh, R.K., Dias, B.G., Nelson, C.A., Kaufer, D., Werker, J.F., Kolb, B., Levine, J.D., & Hensch, T.K. (2022). Critical period regulation across multiple timescales. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 117, 23242-23251.

[1] La diferenciación celular es el proceso por el cual las células embrionarias adquieren la morfología y las funciones de un tipo celular específico.

[2] Las dendritas son prolongaciones ramificadas de las [neuronas](#), involucradas principalmente en la recepción de impulsos nerviosos provenientes de otras neuronas.

[3] Las sinapsis son las zonas de aproximación funcional entre neuronas. En estos contactos se lleva a cabo la transmisión del impulso nervioso entre neuronas.

[4] *Apoptosis* es un proceso de muerte celular programada. La exposición prenatal a agentes tóxicos como el etanol, el metilmercurio y el plomo, también pueden inducir apoptosis y alterar el número de neuronas en diferentes regiones

cerebrales, causando alteraciones funcionales significativas. Asimismo, el traumatismo cerebral y la secreción de glucocorticoides en situaciones de estrés, también han sido asociados a procesos de muerte celular en diferentes áreas cerebrales durante estas fases.

[5] Los axones son prolongaciones neuronales especializados en conducir el impulso nervioso de una neurona hasta el espacio de la conexión sináptica.

[6] Conjunto de sustancias, la mayoría de ellas de naturaleza proteica, que junto con las hormonas y los neurotransmisores desempeñan funciones en la comunicación intercelular.

[7] Moléculas biológicas que permiten la transmisión de información entre neuronas, o con células musculares y glándulas.

[8] El BDNF es una proteína que actúa como factor de crecimiento neural.

[9] El GABA es el principal neurotransmisor inhibitorio del sistema nervioso de los mamíferos.

[10] Son regiones de la matriz extracelular de las neuronas que regulan el desarrollo y la plasticidad de la conectividad de las neuronas inhibitorias que expresan parvalbúmina (proteína fijadora de calcio).

[11] Proceso de recubrimiento de axones neuronales por parte de células gliales, asociado a un aumento en la eficiencia de la transmisión eléctrica del impulso nervioso.

[12] La serotonina es un neurotransmisor que participa en la regulación de los estados de ánimo, la cognición, la conducta social, la conducta alimentaria, y los ritmos circadianos, entre otras.

[13] Fármaco que actúa sobre el sistema nervioso e induce efectos sedantes, hipnóticos, ansiolíticos, antiepilépticos, amnésicos y miorelajantes.

[14] Es un fármaco anticonvulsivante y estabilizador del estado de ánimo que actúa en diversos canales del sistema nervioso.

[15] Conocida como "éxtasis", es una sustancia psicoactiva perteneciente a la familia de las amfetaminas que actúa aumentando la actividad de neurotransmisores como dopamina, norepinefrina y especialmente la serotonina.