

DESARROLLO Y PLASTICIDAD CEREBRAL: UNA MIRADA DESDE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE SUS BASES PSICOFISIOLÓGICAS

Data de submissão: 22/04/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Edwin Hernán Alvarado Chicaíza

Licenciado en Enfermería, Magíster en Salud Pública, Doctorante en Ciencias de la Salud
Profesor Ocasional - Carrera de la Carrera de Enfermería – Universidad Estatal Península de Santa Elena
La Libertad – Santa Elena - Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-4335-2028>

Mario Andrés Navia Santos

Médico Cirujano, Especialista en Inmunología Clínica, Doctorante en Medicina
Docente Titular Auxiliar 1 - Carrera de Medicina – Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Manabí
Portoviejo – Manabí - Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-5225-4390>

Jeffry John Pavajeau Hernández

Médico, Maestro en Bioética y Biojurídica, Magíster en Ciencias Biomédicas, Doctorante en Ciencias de la Salud
Docente Ocasional - Carrera de Medicina – Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Manabí
Docente Autor – Carrera de Psicología – Universidad Estatal de Milagro
Portoviejo – Manabí - Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-5269-8074>

Zully Shirley Díaz Alay

Licenciada en Enfermería, Maestro en Enfermería, Magíster en Gerencia en Salud para el Desarrollo Local. Doctorante en Ciencias de la Salud
Profesora Ocasional TC - Carrera de Enfermería – Universidad Estatal Península de Santa Elena
La Libertad – Santa Elena - Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-7471-3415>

RESUMEN: El sistema nervioso central es uno de los órganos principales en la determinación del desarrollo de la especie humana, debido al sinnúmero de funciones que cumple, sobre todo como ente regulador de diversos fenómenos que van desde procesos biológicos primordiales hasta procesos psicológicos y conductuales que complementan la multidimensionalidad y complejidad del individuo: el presente artículo tiene como objetivo proporcionar una visión general y comprensiva sobre los principales conceptos y teorías del desarrollo y plasticidad cerebral desde una óptica psicofisiológica; la metodología aplicada fue una revisión bibliográfica de tipo narrativa con un enfoque de tipo cualitativo obteniendo los datos de fuentes

secundarias; se determinó que la literatura médica reciente identifica que el desarrollo del cerebro es dependiente a los ciclos de vida del sujeto y que los fenómenos que priman son la neurulación, diferenciación, mielinización y arborización sináptica; además determinó que la plasticidad cerebral se extiende más allá de la etapa prenatal. Se concluyó las teorías del desarrollo cerebral se basan en estudios anatómo-fisiológicos conociéndose claramente aspectos prenatales y posnatales que se vinculan con su origen evolutivo y que factores ambientales supeditan la funcionalidad de este órgano.

PALABRAS-CLAVE: Cerebro, Plasticidad Neuronal, Psicofisiología

INTRODUCCIÓN

El cerebro humano es el eje funcional del sistema nervioso para la ejecución de procesos superiores y diversos estudios han determinado que la evolución de este órgano se ha producido de forma conjunta con la evolución de las especies, y que para su funcionamiento demanda de una complejidad de mecanismos que los cuales incluyen procesos morfológicos, biológicos, bioquímicos y moleculares, muchos de ellos conocidos, pero también otros de carácter desconocido, lo que nos lleva a desarrollar estudios cada vez más profundos sobre todo relacionados con los efectos ambientales que condicionan el desarrollo cerebral.

El desarrollo cerebral es un proceso tan minucioso que inicia desde antes del nacimiento y se extiende hasta la etapa postnatal, pero no tiene un freno total ya que se ha descubierto mediante diversas investigaciones científicas con base en estudios mediante imágenes tomográficas del cerebro, los cuales han denotado cambios encefálicos posteriores a la adolescencia que llegan aproximadamente hasta el tercer decenio de vida del ser humano (García-Porrero & Hurlé-González, 2015).

La diversidad de células neuronales y las diferentes sinapsis nerviosas son los principales elementos que influyen en la plasticidad cerebral, que de forma general es definida como el proceso mediante el cual las neuronas reconfigura e incrementa sus conexiones y estabilizarlas mejorando su funcionalismo aun sin modificar su estructura morfológica aunque algunas veces puede hacerlo (Cuetos-Vega, González-Álvarez, & De Vega-Rodríguez, 2015).

La propiedad funcional del cerebro denominada plasticidad ha producido un cambio en el paradigma, de concebir las estructuras neuronales como elementos rígidos, poco modificables y peor aún recuperables hasta lograr determinar que estas estructuras se encuentran dotadas de un dinamismo impresionante, el cual permite modificaciones tanto por condiciones internas, pero de forma importante por efectos propiciados por el medio externo, como sucede desde la vida intrauterina, cuando producto de la estimulación temprana se mejoran el desarrollo de este nuevo ser (Berger, 2016).

Es innegable entonces, que la plasticidad y el desarrollo cerebral están determinados según Azar (2017), en “cerca del 40 %, por la influencia de factores relacionados con el

medio ambiente”, como por ejemplo elementos nutricionales, tóxicos, estimulación externa, pero sobre todo las experiencias y aprendizajes vivenciados por la persona durante el curso de su vida pero con preponderancia en durante la primera infancia, etapa que se constituye en la época de mayor índice plasticidad cerebral.

Las experiencias desarrolladas por las sensaciones y percepciones inducidas a su vez por la estimulación del medio externo, se constituyen en el insumo necesario para desarrollar la capacidad de generar procesos cognitivos contextualizados, entre ellos la resolución efectiva de los problemas que con el curso de la vida se presentan de forma cotidiana y que a su vez determinan el curso de la existencia humana, es así como surgen los grandes inventos de la humanidad, gracias a la perseverancia y a la gestión efectiva de las emociones y sentimientos (Calderon-Montero, 2019)

El presente estudio bibliográfico tiene como finalidad proporcionar una visión general y comprensiva sobre los principales conceptos y teorías del desarrollo y plasticidad cerebral desde una óptica psicofisiológica documentadas en la literatura médica reciente, tomando como punto de inicio el desarrollo constante del cerebro humano dividido en las diferentes etapas del ciclo vital, yendo desde la vida intrauterina hasta etapas posteriores a la adolescencia; también se hará un abordaje holístico de la plasticidad neuronal como característica primordial de la estructura encefálica desde diversas óptica y por último se analizará la influencia del medio ambiente tanto en el desarrollo del cerebro como en la resolución de problemas del individuo mediante procesos mentales.

METODOLOGÍA

El presente artículo se desarrolló a través de un análisis prolijo de la literatura científica, a través de una revisión bibliográfica de tipo narrativa, el enfoque del presente estudio es de tipo cualitativo obteniendo los datos de fuentes secundarias; para el desarrollo del estudio de forma inicial se seleccionaron los descriptores de búsqueda a través del tesoro conocido como Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) priorizándose los términos, Cerebro, Plasticidad Neuronal y Psicofisiología. Estos descriptores se usaron para la búsqueda aplicando además operadores booleanos “AND” y “OR”, formando de esta manera cuatro ecuaciones de búsqueda (Cerebro AND Plasticidad Neuronal AND Psicofisiología), (Cerebro AND Plasticidad Neuronal OR Psicofisiología), (Cerebro OR Plasticidad Neuronal AND Psicofisiología) y (Cerebro OR Plasticidad Neuronal OR Psicofisiología), se procedió con la colocación de las ecuaciones antes descritas en los buscadores de las bases de datos Lilacs, Scielo y Google Académico aplicando en primera instancia un filtro de temporalidad considerando artículos de hasta 10 años de anterioridad, priorizando artículos de revisión lenguaje castellano; se procedió con el análisis de títulos, resúmenes hasta llegar a los extensos que guardaron mayor relación con la temática abordada para su inclusión en los contenidos priorizados.

DESARROLLO

Desarrollo del cerebro humano

Para el análisis del desarrollo del cerebro humano se debe tomar en cuenta las diferentes etapas vitales del individuo que como se indicó en la parte introductoria determinan los momentos precisos para el desarrollo de cambios tanto morfológicos como funcionales del encéfalo y en general de todo el sistema nervioso, es por ello que se destacan don etapas fundamentales que son la etapa prenatal y la posnatal:

a. Desarrollo cerebral intrauterino

El cerebro inicia su formación desde etapas tempranas de la fase embrionaria de la formación del ser humano, todo inicia con la diferenciación de las capas que otorga al ectodermo embrionario como capa formadora del cerebro y demás estructuras del Sistema Nervioso; ya hacia los 17 días posterior a la fecundación se produce la formación de la placa neural que con el plegamiento de su estructura propicia la formación del *tubo neural* proceso que se denomina **neurulación**, a través del cual se forma el sistema nervioso central. Existe una porción de células ectodérmicas que se separan formando la cresta neural, estructura que a lo posterior formaran las estructuras del sistema nervioso periférico (Bear, Connors, & Paradiso, 2016).

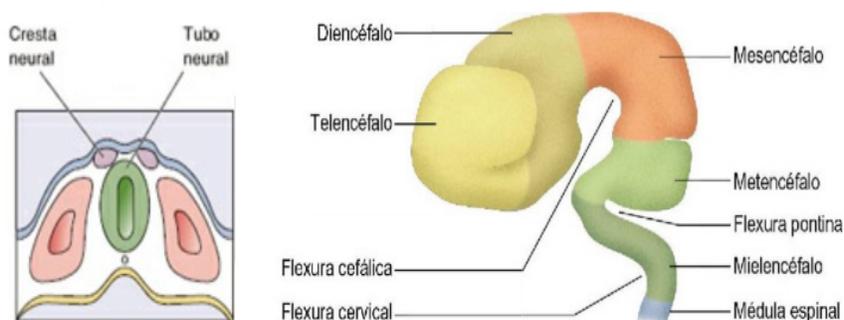


Figura 1. Proceso de neurulación y diferenciación del sistema nervioso: etapa embrionaria.

Nota: Elaborado por los autores tomando como fuente a Felten, O'Banion, & Summo (2017).

El tubo neural crece para propiciar la fase de **diferenciación** del encéfalo, la cual inicia con el engrosamiento de tres zonas rostrales del tubo formando las denominadas vesículas primarias; estas vesículas toman el nombre de prosencéfalo o cerebro anterior, mesencéfalo o cerebro medio y rombencéfalo o cerebro posterior. Cabe acotar que gracias a estas estructuras se produce la formación de toda la masa encefálica, pero este proceso no culmina allí, sino que se complementa con la diferenciación de cada una de las vesículas (García-Porrero & Hurlé-González, 2015).

La diferenciación del prosencéfalo inicia con la formación de vesículas secundarias entre ellas las denominadas *vesículas telencefálicas* que en etapas posteriores la corteza cerebral, el telencéfalo basal e incluye también la formación de la sustancia blanca cortical, cuerpo calloso y capsula interna del cerebro; existen otras vesículas llamadas *vesículas ópticas* que formaran en el adulto los nervios ópticos y la retina. La parte central del proscencefalo toma el nombre de *diencefalo* el cual es el precursor del tálamo e hipotálamo incluyendo la estructura denominada tercer ventrículo (Crossman & Neary, 2015).

El mesencéfalo se diferencia poco ya que su estructura sufre pocas variaciones durante el desarrollo embrionario y propicia la formación del *acueducto cerebral* y además dos estructuras características que son el *tectum* y el *tegmento*; todas estas estructuras conforman núcleos y colículos que interconectan el encéfalo con el tronco cerebral y la médula espinal (Snell, 2014).

El proceso de diferenciación del rombencéfalo posee cierto grado de complejidad debido a que en esta estructura surgen cambios significativos ya que la mitad rostral denominada *metencéfalo*, es de donde surge el cerebelo y el puente, entre tanto la mitad caudal conocida como *mielencéfalo* conduce a la formación del bulbo raquídeo, estructura que hace el enlace entre la medula espinal y el resto de estructuras encefálicas; cabe acotar que todas estas estructuras cumplen múltiples funciones autónomas en el organismo como por ejemplo los actos reflejos y las activación secretora de diversas glándulas (Carlson, 2014).

Posterior a este proceso de diferenciación sobreviene el proceso denominado **postencefalización** el cual manifiesta el desarrollo fisiológico diferenciado de ciertas estructuras cerebrales dentro de las cuales destacan, el crecimiento encefálico variado entre cada una de las estructuras antes descritas, el crecimiento paralelo de los ventrículos los cuales contienen líquido cefalorraquídeo y formación de núcleos especializados regionales; una de las características más relevantes es la disposición diferenciada de la estructura cerebral designando los cuerpos celulares a nivel externo formando la sustancia gris y los cuerpos axonales a nivel interno configurando la sustancia blanca (Felten, O'Banion, & Summo, 2017).

b. Desarrollo cerebral postnatal

Posterior a la etapa postnatal, el cerebro inicia un proceso de crecimiento progresivo en torno a su tamaño, siendo así que solo durante el primer año de vida duplica su peso llegando a cerca del kilogramo de peso, es así como su crecimiento posterior es poco en función a su tamaño pero los procesos funcionales ejecutándose sobre todo determinado por la mielinización, la misma que aunque inicia desde etapas prenatales se hace más efectiva durante esta fase de la vida extrauterina del individuo (Collado-Guirao, y otros, 2017).

El proceso de **mielinización** se caracteriza por la acumulación de la una sustancia de tipo adiposa conocida con el nombre de mielina, alrededor de las fibras nerviosas, conformando una vaina, la cual le confiere una mayor capacidad para la transmisión de

señales nerviosas desde una neurona hacia otra, logrando optimizar el impulso nervioso en procesos tanto motores como sensitivos (Cuetos-Vega, González-Álvarez, & De Vega-Rodríguez, 2015).

La mielinización se efectiviza a mayor rapidez durante los primeros días de vida extra uterina y se conoce que solo los núcleos del tallo cerebral relacionados con procesos reflejos del nuevo ser estaban mielinizados de forma completa, los cuales le permitían responder con mecanismos fisiológicos básicos; se ha identificado que los elementos de la corteza cerebral se mielinizan cada uno a su ritmo y en un periodo de tiempo diferenciado, siendo así que las áreas que primero inician su proceso de mielinización son las áreas sensoriales y motrices primarias en contraste con lo que sucede con las áreas de asociación fronto-parietales, las mismas que obtienen su maduración completa solo hasta los 15 años de edad (González-Osorno, 2015).



Figura 2. Esquemización del desarrollo cerebral en etapas pre y postnatal

Nota: Elaborado por los autores tomando como fuente a Crossman & Neary (2015).

Plasticidad cerebral: Generalidades y Fases

Posterior al análisis del desarrollo cerebral, se hace inherente conocer que los procesos sinápticos producidos en las diferentes etapas de este, provocan un mayor desarrollo morfológico y funcional del cerebro, convirtiéndose en uno de los principales elementos relacionados con la plasticidad cerebral, el cual se definió desde un inicio como la capacidad de las estructuras nerviosas para mejorar sus conexiones en respuesta a estimulación tanto exógena como endógena.

La plasticidad cerebral se reconoce como uno de los principales procesos adaptativos del sistema nervioso, siendo necesario no solo para la formación de múltiples redes neuronales, sino que también se involucran con el funcionamiento de las mismas, para conseguir el desarrollo neuronal idóneo y el progresivo perfeccionamiento de sus funciones (Wilson, Winegardner, Van-Heugten, & Ownsworth, 2019)

La plasticidad al ser un proceso complejo no se delimita a una estructura específica del cerebro, por el contrario este proceso se desarrolla en múltiples estructuras cerebrales distinguiéndose la plasticidad glial, neuronal, sináptica entre otras; el cerebro humano cuenta con millones de células neuronales que por ser células de tipo post-sinápticas no

pueden reproducirse a partir de ellas, se ha demostrado su capacidad de regeneración dendrítica y axonal lo cual representa un precedente en la recuperación funcional de estructuras cerebrales lesionadas.

También es importante determinar que el proceso de plasticidad es un proceso tanto estructural como funcional y dentro de los fenómenos de reorganización funcional generados en la plasticidad podemos encontrar el desenmascaramiento, el resurgimiento sináptico, la arborización de las dendritas y modificaciones en neurotransmisores, entre otras modificaciones que propician la plasticidad cerebral (Velayos & Diéguez-Castillo, 2015).

Desde el **punto de vista psicológico** la plasticidad se desarrolla mediante tres tipos de procesos: la plasticidad *dependiente a la experiencia*, es decir aquella en la cual las vivencias o entradas del medio exterior producen cambios en las estructuras neuronales la plasticidad *independiente a la experiencia*, que es aquella en la cual el cerebro se modifica sin la influencia del medio externo y la plasticidad *experiencia expectante*, la misma que determina una fase específica en la cual la influencia del medio externo puede o no ocasionar cambios en las estructuras neurológicas (Felten, O'Banion, & Summo, 2017).

a. Fases

Se han estudiado molecularmente los principales procesos vinculados con la plasticidad cerebral y como resultante, se determinó que cada uno de estos procesos aunque pueden producirse de forma conjunta existen etapas del ciclo vital en donde uno prepondera sobre el otro es así como se han definido tres periodos relevantes de la plasticidad cerebral en el ser humano:

- **Plasticidad del cerebro en desarrollo:** así como existen grandes cambios morfológicos, los procesos de plasticidad se hacen evidentes en esta etapa que se delimita desde periodo prenatal hasta los primeros meses de la vida extrauterina, momento propicio para que mediante el proceso de *neurogénesis* el cual genera una sobreproducción de neuronas con una subsecuente diversificación de formas y funciones gliales; el hecho de que exista este fenómeno garantiza que las células neuronales que lleguen a la edad adulta sean las necesarias para el cumplimiento de los mecanismos cerebrales. Cabe acotar a que durante esta fase también se producen fenómenos de *apoptosis* (muerte celular programada) con la finalidad de ocasionar la destrucción de las neuronas que no completan un óptimo desarrollo (Wilson, Winegardner, Van-Heugten, & Ownsworth, 2019).

Otro mecanismo que ayuda a la plasticidad cerebral es el conocido como *sinaptogénesis*, que consiste en dos sub-mecanismos, el primero ocurre cuando los espacios vacíos que quedan en la masa encefálica, son aprovechados por los cuerpos axonales para a partir de ellos crear nuevas proyecciones de su vaina logrando un mayor número de conexiones a lo largo de la superficie subcortical; de la misma manera como segundo mecanismo las dendritas a través de procesos la formación de retoños exuberantes, lo que también se conoce con el nombre de arborización dendrítica aumentan su cantidad y tamaño a nivel cortical (Hall, 2016).

- **Plasticidad del cerebro en aprendizaje:** en esta fase el cerebro perfecciona su capacidad plástica a través de fenómenos bastante estudiados entre los cuales encontramos facilitación, potenciación y depresión a largo plazo que son los fenómenos vinculados con el aprendizaje y la relación implícita del desarrollo funcional del cerebro y el medio ambiente externo; por un lado la *facilitación*, determina un fortalecimiento en la eficiencia de la sinapsis neuronal ya que propicia un incremento en la cantidad de neurotransmisores durante la cascada de estímulos neuronales lo que desencadena molecularmente la permanencia del calcio acumulado en el citoplasma de la célula glial. La *potenciación* en su defecto, es el incremento de la neurotransmisión pero posterior a la estimulación sináptica, mediado por la liberación mitocondrial del calcio hacia el citoplasma lo que ocasiona una alta excitabilidad de la neurona ante la estimulación repetitiva; funcionalmente hablando determina los procesos de aprendizaje y memoria a largo plazo gracias a este mecanismo (Velayos & Diéguez-Castillo, 2015).

La depresión sináptica, contraria a los dos procesos anteriores este se caracteriza por la disminución en la liberación de neurotransmisores durante la estimulación, casi siempre como producto de la depleción de los mismos; lo importante es que estos procesos de forma combinada han dado lugar a la comprensión del aprendizaje y la memoria ya que ciertos procesos de aprendizaje requieren de redes neuronales que responden a sistemas bidireccionales para la consolidación de códigos y conceptos (Moreira-Vera, León Andrade, Alban León, & Abad Herrera, 2023).

- **Plasticidad del cerebro adulto:** contrario a lo que la historia científica había determinado, cuando planteó que el cerebro adulto no presenta mecanismos de plasticidad, se ha demostrado que durante esta fase existen ciertos mecanismos mediante los cuales el cerebro puede potenciar sus conexiones para reorganizar su funcionamiento de forma eficiente, casi siempre como respuesta a procesos patológicos relacionados con las estructuras cerebrales o como respuesta al proceso fisiológico conocido como envejecimiento (Cuetos-Vega, González-Álvarez, & De Vega-Rodríguez, 2015).

Uno de los principales mecanismos de plasticidad en la edad adulta es el *desenmascaramiento*, que consiste en el uso de conexiones sinápticas poco o nada funcionales, produciéndose de forma subsecuente la activación de las mismas como respuesta a la lesión o envejecimiento de una determinada zona cerebral, en otras palabras es la suplencia funcional de sinapsis por conexiones en estado de latencia. Otro elemento importante en la plasticidad en la edad adulta es el fenómeno de *diasquisis*, que se refiere a la recuperación funcional de zonas cerebrales desde sitios remotos pero conectado casi siempre gracias a la *colateralización* que es la formación de ramas colaterales desde axones intactos con la finalidad de recuperar la funcionalidad de unidades neuromusculares, este fenómeno es casi siempre visible en el sistema nervioso periférico (Gonzalez, y otros, 2023).



Figura 3. Fases y mecanismos de la plasticidad según ciclos de vida

Nota: Realizado por los autores tomando como referencia a Felten, D., O'Banion, M. K., & Summo, M. (2017)

Capacidad cerebral para la resolución de problemas

Aunque en la actualidad se reconocen ampliamente la relación que existe entre la maduración cerebral y el desarrollo de la conducta como elemento para la resolución de problemas presentados, se requiere de componentes intermedio como el aprendizaje y la experiencia como ente modelador de los actos conductuales en los individuos; es así como la consolidación de circuitos cerebrales determinan la conducta mediada a través de la experiencia (Liberona & Albornoz-Miranda, 2023).

Ante dicha afirmación se puede determinar que la capacidad para la resolución de problemas denominado desarrollo cognitivo conductual no se desarrolla de la noche a la mañana, sino que según lo expuesto por Piaget, se desarrolla en fases en las cuales existe una amplia relación entre la edad, desarrollo cerebral e hitos conductuales, es por ello que se diferencian diversos estadios y su relación con fenómenos evolutivos concretos que se van adquiriendo a medida que el individuo crece (Duan & Zhou, 2023).

Por una parte Jean Piaget pudo determinar la existencia de cuatro estadios en la capacidad para resolver problemas que él denominó estadios del desarrollo cognitivos los cuales se desarrollan durante la infancia y parte de la adolescencia del individuo es así como en el estadio 1 llamado periodo **sensitivo motor** que como su nombre lo dice propicia la distinción del ser y de su entorno hasta la determinación de pequeñas relaciones causales, seguida de un segundo estadio denominado **preoperacional** periodo en el cual se distingue por la adquisición de la representación mental de objetos y entorno e interpretarlos en códigos lingüísticos; el tercer estadio es el periodo de **operaciones concretas** en el cual el niño realiza operaciones aritméticas y responde a analogías con un mejoramiento significativo en la comprensión de volúmenes de líquido y la multidimensionalidad de los objetos. El cuarto estadio conocido como **operaciones formales** el ya adolescente adquiere la capacidad de razonar de forma abstracta a los fenómenos desencadenados en su entorno (Viegas, y otros, 2023).

ESTADIOS DEL DESARROLLO COGNITIVO DE PIAGET



BROTOS DE CRECIMIENTO CEREBRAL DE EPSTEIN

Figura 4. Correlación entre los estadios de desarrollo cognitivo y el crecimiento cerebral

Nota: Realizado por los autores tomando como referencia a Crossman, A., & Neary, D. (2015).

No ajeno al desarrollo cognitivo, Epstein logró determinar que el cerebro humano tenía periodos de crecimiento rápido denominados **brotos de crecimiento**, pudiendo distinguir cinco brotes en cada uno de los cuales se produciría un incremento de entre el 5 al 10% del peso de la masa encefálica. Este periodo transcurre desde los tres meses hasta la adolescencia y además, dichos brotes se correlacionan claramente en rangos de edades con los estadios de desarrollo cognitivos propuestos por Piaget, con este descubrimiento se logró confirmar aún más, la relación implícita entre el desarrollo de la conducta con el crecimiento cerebral, probablemente propiciado por el aumento de sinapsis que a su vez conllevaría a un incremento en las funciones metabólicas celulares lo que propicia la angiogénesis y la proliferación de células gliales (Collado-Guirao, y otros, 2017).

Efectos del ambiente en la organización cerebral

El desarrollo y organización cerebral es un proceso que no para con el nacimiento ni siquiera aun en la primera infancia como se creía hace pocos años, sino que perdura hasta edades la adultez, pero toda esta organización se ve afectada en sobremanera por los efectos producidos por el entorno en el cual cada individuo transcurre a lo largo de su vida. Se ha identificado que muchos factores ambientales inducen a una neurogénesis deficiente (Crossman & Neary, 2015) .

Investigaciones han determinado que más de una 200 sustancias químicas con las que el ser humano posee contacto frecuente poseen propiedades neurotóxicas y potencialmente podrían alterar la organización cerebral; así como el contacto o exceso de factores químicos en el ambiente ocasionan efectos deletéreos en la estructura cerebral; es por esto que se ha vinculado al deficiente control de productos químicos tanto ambientales

como otros, en la generación de trastornos cognitivos y del comportamiento en la población en general debido a una mala organización de la sustancia blanca, pasando desapercibido ante la luz de la ciencia por las escasas investigaciones al respecto.

De la misma manera el *déficit* de otros elementos pueden ocasionar efectos igualmente dañinos, es lo que sucede en el periodo embrionario cuando existe una reserva baja de folatos para ser transmitidos al embrión desde la madre a través de la barrera hematoplacentaria, lo cual produce enfermedades como el encefalocele, meningocele y mielomeningocele, patologías que en muchas ocasiones producen la muerte del feto o discapacidades severas en la vida extrauterina (Wilson, Winegardner, Van-Heugten, & Ownsworth, 2019).

Psicológicamente es de gran importancia determinar que no solo agentes químicos externos alteran la organización cerebral sino que en un amplio porcentaje de las alteraciones son propiciadas por déficit de estimulación afectiva, es lo que sucede en el caso de niños huérfanos adoptados a edades tempranas versus niños huérfanos que permanecen en institucionalizados; estudios pudieron determinar que el coeficiente intelectual y el tamaño cerebral eran mayores en los niños que eran adoptados a edades tempranas, mientras que los que fueron adoptados pasado los 12 meses nunca recuperaron esta capacidad organizativa cerebral .

Queda claramente evidenciado que no solo los elementos ambientales ocasionan alteraciones sino que contribuyen a dichas alteraciones factores fisiológicos y emocionales intrínsecos del individuo, es decir que la organización cerebral se debe a una dualidad de estímulos de donde parten los cambios en su estructura integral y funcionalidad (Contreras Paredes, 2022).

Otro ejemplo de la biología moderna que determina que la organización del sistema nervioso se ve mediada por la estimulación es lo que ocurre cuando desde edades tempranas se sustrae la estimulación lumínica a uno de los ojos, lo que da como resultado la pérdida de la visión permanente del mismo por daños no solo retinianos sino por inactivaciones de la corteza sensitiva visual producida por un debilitamiento en las conexiones sinápticas, lo que confirma que la experiencias ejercen una especie de validación para la correcta organización neuronal (Xue, 2022).

En conclusión la exposición a múltiples estímulos desde edades tempranas, incluso desde la etapa intrauterina produciría en el individuo un mayor tamaño de la corteza cerebral influenciado por fenómenos como incremento en las células gliales, un aumento en la longitud de las dendritas (casi siempre en cerebros jóvenes), una mayor densidad de las ramificaciones dendríticas (preponderante en cerebros adultos), entre otros mecanismos (Cedeño-Mero & Estévez-Abad, 2022).

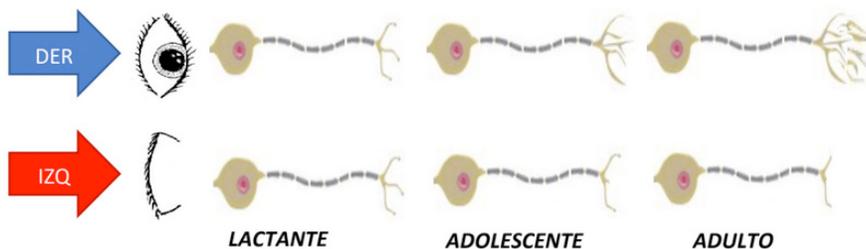


Figura 5. Efectos del medio ambiente y el desarrollo de los núcleos ópticos y la vista

Nota: El fenómeno graficado describe como el ojo derecho normal presenta una arborización sináptica progresiva, mientras que el ojo izquierdo ocluido por la falta de estímulos reduce sus conexiones neuronales con el pasar de los años; realizado por los autores tomando como fuente a Hall, J. E. (2016).

CONCLUSIÓN

El desarrollo y plasticidad cerebral difiere morfo-fisiológicamente en dependencia a los ciclos de vida del sujeto desde periodos prenatales, postnatales, niñez y adultez del sujeto y que de la misma forma los procesos cognitivos se vinculan con los fenómenos de maduración orgánica, permitiendo a la persona emitir juicios para la resolución de los problemas que genere su cotidiano.

Se destaca de manera consecutiva que diversos factores ambientales sea por la ausencia de un estímulo o por la sobre-estimulación, el cuerpo desde el contexto celular, tisular y orgánico responde a través de la arborización sináptica para la supresión de funciones o para la perpetuación de las mismas.

REFERENCIAS

Hansen, J. (2015). *Anatomía Clínica Netter* (Tercera ed.). México DF: Elsevier.

Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. (2016). *Neurociencia: La exploración del cerebro* (Cuarta ed.). (M. Fraire, Trad.) Barcelona: Wolters Kluwer.

Calderon-Montero, F. J. (2019). *Fisiología Humana. Aplicación a la actividad física* (Segunda ed.). México DF: Panamericana.

Carlson, N. (2014). *Fisiología de la Conducta*. España: Pearson.

Cedeño-Mero, D. G., & Estévez-Abad, R. (2022). Neurociencias un reto para la ciencia, *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 31(1).

Collado-Guirao, P., Guillamón-Fernández, A., Claro-Izaguirre, F., Rodríguez-Zafra, M., Pinos-Sánchez, H., & Carrillo-Urbano, B. (2017). *Psicología Fisiológica* (Primera ed.). Madrid: UNED.

Contreras Paredes, N. (2022). Models of neural processing of consciousness: insights from cognitive and systems neuroscience. *Revista mexicana de neurociencia*, 23(6).

Crossman, A., & Neary, D. (2015). *Neuroanatomía. Texto y atlas en color* (Quinta ed.). Barcelona: Elsevier Masson.

De la Fuente, R., & Álvarez-Leefmans, F. (2015). *Biología de la Mente* (Primera ed.). México DF: Fondo de Cultura Económica.

Duan, Q., & Zhou, T. (2023). Psychophysiology of basketball players submitted to high intensity exercise. , 29, e2022_0322. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 29(e2022_0322).

Felten, D., O'Banion, M. K., & Summo, M. (2017). *Netter. Atlas de neurociencia* (Tercera ed.). Barcelona: Elsevier.

García-Porrero, J. A., & Hurlé-González, J. M. (2015). *Neuroanatomía Humana* (Primera ed.). Madrid: Panamericana.

Gonzalez, P., Arias, A. C., Bernal, V., Vallejo-Azar, M. N., Bonfili, N., & Barbeito, J. (2023). Antropología biológica y neurociencias: los estudios del cerebro en el linaje humano. *Revista argentina de antropología biológica*, 25(1).

González-Osorno, M. (2015). *Desarrollo neuropsicológico de las funciones ejecutivas en la edad preescolar* (Primera ed.). México DF: Manual Moderno.

Hall, J. E. (2016). *Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica* (Decimotercera ed.). Barcelona: Elsevier.

Kalat, J. W. (2016). *Biological Psychology* (Décimo Segunda ed.). Boston: Cengage Learning.

Liberona, A., & Albornoz-Miranda, M. (2023). Aspectos neurobiológicos del Síndrome de Rett. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 61(1), 107.

Moreira-Vera, D. V., León Andrade, C. A., Alban León, L., & Abad Herrera, E. P. (2023). Neurodegeneración Con Acumulación De Hierro En El Cerebro: Primer Reporte De Caso En Ecuador. *Rev Ecuat Neurol*, 32(2).

Silverthorn, D. U. (2019). *Fisiología Humana (incluye versión digital)* (Quinta ed.). Barcelona: Panamericana.

Snell, R. S. (2014). *Neuroanatomía clínica* (Séptima ed.). Barcelona: Wolters Kluwer Health.

Velayos, J. L., & Diéguez-Castillo, G. (2015). *Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso Central* (Primera ed.). Madrid: Fundación Universidad San Pablo.

Viegas, M., Santos, L., Aarão, M., Cecilio, S., Medrado, J., Pires, A., . . . Almeida, A. (2023). The nonsynaptic plasticity in Parkinson's disease: Insights from an animal model. *Clinics*, 78(100242).

Wilson, B., Winegardner, J., Van-Heugten, C., & Ownsworth, T. (2019). *Rehabilitación neuropsicológica* (Primera ed.). México DF: Manual Moderno.

Xue, H. (2022). Comparison of different sports training methods on muscle plasticity. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 28(1).