



Revista de la **Innovación**
a la **Práctica**

Aprendizaje y cerebro: miradas desde la innovación



NÚMERO DOS ● Marzo 2023
www.revistainnovapractica.com

CUITLÁHUAC GARCÍA JÍMENEZ

Gobernador del Estado

ZENYAZEN ROBERTO ESCOBAR GARCÍA

Secretario de Educación

JORGE MIGUEL USCANGA VILLALBA

Subsecretario de Educación Media Superior y Superior

GILBERTO DE JESÚS CORRO FERIA

Director de Educación Normal

DANIEL DOMÍNGUEZ AGUILAR

Director de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”

AMANDA CANO RUIZ

Jefa de la Unidad de Estudios de Posgrado, BENV

Editoras

SANDRA VERÓNICA MELO RODRÍGUEZ

GRECIA HERRERA MEZA

Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”

COMITÉ CIENTÍFICO

CECILIA R. CRESPO CRESPO

Instituto Superior del Profesorado “Dr. Joaquín V. González”, Buenos Aires, Argentina

Ernesto Treviño Ronzón

Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales, Universidad Veracruzana

ILIANA TAMARA CIBRIAN LLANDERAL

Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

JUAN MARTÍN LÓPEZ CALVA

Facultad de Educación, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MARÍA LEONOR LÓPEZ MERAZ

Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

RODOLFO CRUZ VADILLO

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

SERGIO GERARDO MALAGA VILLEGAS

Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, Universidad Autónoma de Baja California

COMITÉ EDITORIAL

Alejandro Edder Verdejo Servín, Rafael Jaime Méndez, Rebeca Flores García, Virginia

Aguilar Davis, Julio César Munguía Hernández.

Contenido

Editorial

<i>Porfirio Carrillo Castilla</i>	3
---	---

Textos reflexivos

El increíble cerebro adolescente y la educación

<i>Iliana Tamara Cibrian Llanderal, Marcos Adrián Pérez Hernández</i>	7
---	---

El cuidado de la salud intestinal como herramienta educativa

<i>Rossana C. Zepeda, Claudia Juárez Portilla, Guiomar Melgar Lalanne</i>	14
---	----

El cerebro que necesitamos

Samantha Toledo Mesa, José Eduardo Reynoso Cruz, Iliana Tamara Cibrián

<i>Llanderal</i>	30
------------------------	----

Alimentos cerebrales: una forma de innovar las prácticas educativas y alimentarias

Grecia Herrera-Meza, María Leonor López Meraz, Sandra Verónica Melo Rodríguez, Rafael Jaime

<i>Méndez</i>	48
---------------------	----

Reportes de investigación

Evaluación diagnóstica para implementar la innovación educativa derivada de la pandemia por COVID-19

Blandina Bernal Morales, Demi Harumi Acosta Huerta, Gabriel Guillén-Ruiz, Daniel Hernández-

<i>Baltazar</i>	59
-----------------------	----

Artículos científicos

Impacto cognitivo y conductual en infantes expuestos a opioides durante el desarrollo neonatal

<i>Georgina Jimena Sanchez-Rodríguez, Grecia Herrera-Meza, Dolores B. Vazquez-Sanroman</i>	74
--	----

EDITORIAL

UN CAMINO PARA INNOVAR EN EL CAMPO EDUCATIVO; LAS PEDAGOGÍAS INDISCIPLINADAS

PORFIRIO CARRILLO CASTILLA

INSTITUTO DE NEUROETOLOGÍA, UNIVERSIDAD VERACRUZANA

El maestro no es aquel que posee el conocimiento, sino aquel que sabe entrar en una relación única con la imposibilidad que recorre el conocimiento, que es la imposibilidad de saber todo el saber. No porque no exista una Biblioteca de las Bibliotecas capaz de reunir todo el conocimiento, sino porque, aun cuando existiera y leyéramos todos sus libros, no habríamos resuelto en absoluto el límite que recorre el saber como tal. El saber no puede llegar a saberse nunca en su totalidad porque por su misma estructura es un coladero, un no-todo, un imposible. Una brecha irreductible lo separa de la realidad de la vida. Hemos de decir, por lo tanto, que cualquier forma de enseñanza tiene como seña de identidad su careo con el límite del saber a través del saber, mientras que el maestro que pretende poseer el saber sólo puede ser una ridícula caricatura del saber.

Máximo Recalcati, 1976.

De la Innovación a la práctica es una revista comprometida con la impostergable tarea de avanzar en la difusión del conocimiento que se genera teniendo en mente la innovación educativa, principal pero no exclusivamente, en el ámbito de las Escuelas Normales. Sus pronunciamientos son claros y relevantes “...*acercarse desde prácticas innovadoras, políticas educativas, el trabajo dentro del aula, estrategias docentes, relaciones de la comunidad escolar, las ciencias de la Educación, entre muchas otras aristas, permitirá reconocer aquello que, desde el enfoque de la innovación en las ciencias sociales, se ha llevado a cabo*”. El vertiginoso cambio experimentado en todas las áreas de la ciencia, *ergo* de las ciencias sociales, nos ha obligado a reconocer que, cuando se trata de generar conocimiento – o comunicarlo- llegó a su límite y desgaste el pensar – y actuar – como si existiera una sola realidad, única y asequible, sino que es múltiple y compleja. Por lo tanto, el “método” inductivo validado por la experiencia de los hechos registrados por nuestros sentidos (culmen del paradigma positivista) dejó de ser la única herramienta que dé cuenta de la producción de conocimiento (las tensiones y disputas que esta posición ha generado recorre desde la filosofía de la ciencia hasta las nuevas pedagogías o los movimientos sociales de emancipación del colonialismo y su ideología dominante). Cualquiera que sea el estado que guarda esta inefable discusión, esta disputa, está más que claro que la innovación educativa – el nuevo paradigma que trata de unir el conocimiento generado de *novo* con la reconstrucción de

la *praxis*- asume nuevos imperativos; abrir las puertas de la discusión y la autocrítica, no seguir contribuyendo a ahondar las profundas crisis que la ciencia positivista y la educación subsidiaria generó: la desigualdad social, la desigualdad en acceder a la conocimiento, la desigualdad tecno-científica y la destrucción de la naturaleza, entre otras. El largo y sinuoso camino que va del positivismo al estructuralismo, a la modernidad y a la complejidad, pasando por el marxismo, funcionalismo, etc., está pavimentado con las ideas post que desde las ciencias sociales -ya no solas sino sumadas a la visión multi y transdisciplinaria de la complejidad e incluso el dialogo de saberes- reconstruye una nueva visión profundamente filosófica al igual que política y que impacta en el centro de la educación, su investigación y su difusión.

Por si faltara algo a este laberinto las tecnologías de la información (una de las caras visibles en las redes sociales) y su desarrollo acelerado y omnipresente, junto con la biotecnología, nos obligan a pensar que, al menos dentro del *posthumanismo*, el límite de lo que consideramos ser humano se ha transgredido y estamos en el cambio de fase de un nuevo ser que, a manera de un androide, sueña con las ovejas eléctricas, se construye una nueva identidad, un nuevo conocimiento. Metáforas útiles para revelar lo que no entendemos o que entendemos lo que queremos, a modo. El dilema de la educación podría hoy redefinirse, utilizando la obra de Philip Dick; ¿educamos al ciborg o lo volvemos otra vez humano?. Françoise Dolto nos respondería de inmediato, educar es la forma más amplia de «humanización de la vida», de la que depende el que nos convirtamos en sujetos.

Por supuesto, el cuestionamiento hacia la investigación, las ciencias y la academia, la educación (sitios todos convergentes con la idea de innovación educativa), ni es nuevo ni exclusivo de las disciplinas sociales, siempre llegan nuevas ideas y propuestas de territorios fértiles, que uno creía agotados, pero que nos permiten renovar de manera constante nuestro pensar y hacer; como las interesantes y vivas propuestas que provienen de la investigación artística. Los detalles de cómo desde la investigación artística, emerge la crítica a la producción de conocimientos y la búsqueda de nuevas pedagogías es un tema fuera del alcance de quien escribe y lee este texto. Una visita al sitio del seminario permanente de investigación artística (<https://investigacionspia.wordpress.com/>) dará cuenta de los libros (de libre acceso) publicados por este grupo de investigación y creación fundado y coordinado por Natalia Calderón en la Universidad Veracruzana. Lo que sí es fundamental acá es el de mencionar que, dentro de su *corpus* de lecturas y reflexiones, el seminario incorpora conceptos desde distintas disciplinas sociales (filosofía, antropología, biología, educación, politología, entre otras). Calderón nos advierte “...momentos críticos..... como el caer en la cuenta de que la inter/multi/transdisciplina, pese a la conjunción de campos de conocimiento que suponen, no resultaban suficientes para romper con ciertas jerarquías académicas y disciplinares ni nos permitían construir otras estructuras y metodologías de trabajo

en las que tuvieran cabida variables como la intuición, el equívoco, el riesgo o la disidencia. Aun mezclando aquellas, sumándolas o traslapándolas, seguía presente el duro concepto disciplinar” (Calderón y Cocotle, 2020).

La declaración de las autoras anticipa una rebelión en el conocer y en el enseñar que busca el diálogo crítico con lo que, normalizado y aprobado por la dominación del saber jerárquico, debe ahora ser puesto en duda, agrietado, de manera indisciplinada, ahondemos en la propuesta de las autoras *“nos preguntamos hasta qué punto educar para la especialización nos había despojado, en principio, de herramientas cognitivas para traspasar los supuestos cercos disciplinarios y entrelazar los diversos saberes y haceres y, más gravemente, nos había disciplinado para convertirnos en seres obedientes e ignorantes”* (Calderón y Cocotle, 2020).

Dicho de otro modo, pero con igual sentido *“la educación artística en perspectiva “discrepante” vendría a enlazar aquellos campos del saber que la educación formal se ha afanado por separar, teniendo como consecuencia la neutralización de la fuerza política de las prácticas de enseñanza y aprendizaje”* (Del Valle Oreyana, 2021). Como anticipé líneas arriba, el conocimiento y su producción, revisitado desde las propuestas de la postmodernidad y, en este caso la investigación artística indisciplinada, es un tema académico por lo tanto político. Espero estén claros al menos 3 puntos; la investigación artística pide visitar críticamente la producción y transmisión del conocimiento, pero no en o desde la artes, sino el conocimiento en sí; dos, el planteamiento de la indisciplinada en este caso desde las artes sirve también para indisciplinar el hacer pedagógico y tres, la indisciplinada solo se convierte como factor que contribuye a la renovación de los conocimientos y su transmisión si es profundamente seria, conocedora de las ideas, tendencias y supuestos dentro de disciplinas académicas normalizadas, reconociendo su parcialidad y obediencia a paradigmas y metodologías diseñadas ad hoc para reforzarse a sí mismas, a ideologías que imponen mas que dialogan.

El camino es largo aún, indisciplinar no es acto de rebeldía subjetiva, una bomba molotov epistémica tirada en solitario en una noche clandestina; mucho menos un acto creativo improvisado y revelador de verdades. Es un largo cuestionamiento de lo que hemos aprendido y como consecuencia de ello reconocer lo que hemos dejado de aprender, es saber que no sabemos y que el conocimiento no se construye quitando al sujeto, sino reconociéndolo vivo, en construcción constante, lleno de principios con pocos finales, pero que el proceso es tan o más valioso que el producto final; no hay recetas para ser indisciplinados, hay pistas, la emancipación (la igual de las inteligencias), la revolución que se genera en la creación de un nuevo nosotros, en todos los espacios sociales posibles, como en el aula, y la sublevación, donde buscamos dar potencia mas que poder a nuestras ideas.

Una de las mejores cosas que puede pasarle a este importante foro de innovación, a esta revista, es que en sus páginas muchos y muchas disciplinas expongan sus ideas desde las nuevas búsquedas pedagógicas, epistémicas, prácticas, sociales, etc., y que sean expuestas con el mejor sentido crítico posible ese que da cuenta de la renovación constante de la educación del hacernos humanos. Trabajemos arduamente desde nuestros ámbitos para que De la Innovación a la práctica sea el foro de la exposición de resultados, pero también de crítica y delimitaciones a eso que creemos conocer en la educación y que hoy obstaculiza la creación, urgente, de nuevas pedagogías, la innovación en la educación solo crecerá si lo que mostremos viene desde una lucida crítica de sus alcances y sus límites. Así la innovación educativa no será solo decreto tecnológico sino el sustento, raíz epistémica y política del cambio constante.

Referencias

Del Valle Orellana, N. (2021). La educación artística como pedagogía crítica (2021), Presentación de Didácticas del Acontecimiento 7-10. https://www.academia.edu/49718432/La_educaci%C3%ADn_art%C3%ADstica_como_pedagog%C3%ADa_cr%C3%ADtica_2021_presentaci%C3%ADn_de_Did%C3%ADcticas_del_Acontecimiento

Calderon y Cocotle (2020). Saberes vivos en la investigación artística. Balajú. Revista de Cultura y Comunicación de la Universidad Veracruzana, (17), 111-114. <https://bit.ly/3wIMCrb>

Revista de la Innovación a la Práctica, Año 1, Núm. 2, Aprendizaje y Cerebro: Una Mirada desde la Innovación, marzo 2023, es una publicación semestral editada por la Secretaría de Educación de Veracruz, a través de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen y la Unidad de Estudios de Posgrado, avenida Xalapa s/n col. Unidad Magisterial, C. P. 91010, Xalapa, Veracruz, México, teléfono. (228)8150100. Página electrónica de la revista www.revistainnovapractica.com. Correo electrónico: innovapractica@gmail.com, Editoras responsables: Sandra Verónica Melo Rodríguez y Grecia Herrera Meza. Certificado de reserva de Derechos al Uso Exclusivo No: 04-2025-100712124700-102. ISSN:(en Trámite) - ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. ISSN: en Trámite. Responsable de la última actualización de este número: Julio César Munguía Hernández. Fecha de última modificación: 21 de marzo de 2023, imagen de portada: Rafael González Báez.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de quien edita la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Unidad de Estudios de Posgrado, BENV. Tamaño del archivo 4,089 KB.

El increíble cerebro adolescente y la educación

The amazing adolescent brain and the education

Tamara Cibrián Llanderal^{1*} y Marcos Adrián Pérez Hernández²

¹ Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

² Doctorado en Neuroetología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.

Recibido: 25 de febrero de 2023

Aceptado: 10 de marzo de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

El cerebro humano pasa por un largo período de desarrollo. Si bien el cerebro cambia desde la gestación y durante la niñez, existen cambios muy importantes durante la adolescencia, etapa en la que los cerebros son más capaces de cambiar que los adultos y, a diferencia de los niños, los adolescentes tienen una mayor capacidad para moldear el desarrollo del cerebro. Las mayores habilidades de procesamiento de información y la sensibilidad social durante la adolescencia también hacen que este sea un momento de mayor capacidad para interactuar el mundo social, el cual es muy complejo. El artículo describe estos cambios cerebrales y cómo los entornos educativos pueden fomentar el desarrollo del cerebro y optimizar los entornos de aprendizaje durante la adolescencia.

PALABRAS CLAVE: cerebro, adolescencia, plasticidad cerebral, educación.

ABSTRAC

The human brain goes through a long period of development. Although the brain changes from gestation and during childhood, there are important changes during adolescence, a stage in which brains are more capable of change than adults, and, unlike children, adolescents have a greater capacity to shape brain development. Increased information processing skills and social sensitivity during adolescence also make this a time of increased ability to interact with the social world, which is very complex. The article describes these brain changes and how educational settings can foster brain development and optimize learning environments during adolescence.

KEYWORDS: brain, adolescence, brain plasticity, education.

*Autor de correspondencia: Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Av. Dr. Luis Castelazo Industrial de las ánimas, Rubi Animas, C.P. 91190, Xalapa-Enríquez, Ver., México. Correo: icibrian@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Hasta la década de los ochentas, la adolescencia se consideraba poco más que un período transitorio antes de la edad adulta, se le atribuía únicamente a las hormonas y factores sociales externos. Investigaciones en los años posteriores han demostrado lo contrario, la adolescencia es el período de la vida que a menudo comienza con cambios en el cuerpo relacionados con la pubertad, pero el cerebro también está cambiando durante este tiempo y continúa cambiando incluso después de que terminamos la adolescencia, prácticamente hasta pasados los 20 años (Mills, Goddings, Herting, Meuwese, Blakemore, Crone, Dahl, et al., 2016). Estos cambios en el cerebro se reflejan en los cambios en el comportamiento que, a menudo, podemos ver durante la adolescencia, como el deseo de explorar, formar nuevas relaciones y navegar en nuestro cambiante mundo social.

¿CÓMO SE ESTUDIA EL CEREBRO DE LOS ADOLESCENTES?

Algunas investigaciones han sido clave para identificar los cambios en el cerebro durante las etapas de desarrollo, una de ellas fue el trabajo del neurólogo Richard Huttenlocher, que demostró que miles de millones de sinapsis (que son las conexiones entre las células cerebrales que median el aprendizaje y la memoria) se generan en la corteza cerebral humana durante los primeros meses de vida. También hizo el sorprendente descubrimiento de que muchas de estas sinapsis se eliminan durante los años siguientes, justo cuando los niños alcanzan los hitos del desarrollo más importantes, como caminar y hablar (Walsh, 2013). Contrariamente a lo que se había creído antes, algunas áreas del cerebro como la corteza prefrontal, continúan desarrollando nuevas sinapsis hasta la niñez tardía. A lo largo de la infancia y la adolescencia, se produce la poda sináptica, durante la cual las conexiones no utilizadas se han eliminado para maximizar la eficiencia.

Estudiar el cerebro implica muchos desafíos para los neurocientíficos (estudiosos del cerebro y del sistema nervioso central). Envuelto en tres capas de membranas conocidas como meninges que protegen al cerebro y completamente encerrado en hueso, este órgano está muy protegido de caídas, ataques de depredadores y la curiosidad de los científicos. La invención de tecnologías de imagen como la tomografía computarizada y la tomografía por emisión de positrones han ofrecido algunos avances, pero debido a que estas técnicas necesitan de radiación, no es ético ni seguro utilizarlas para estudios exhaustivos de la juventud. Sin embargo, el surgimiento de técnicas como la resonancia magnética funcional (fMR, por sus siglas en inglés) finalmente proporcionó una forma segura y precisa de estudiar la anatomía y la fisiología del cerebro en personas de todas las edades. Cuando diferentes regiones del cerebro muestran patrones similares de actividad cerebral, se dice que están conectadas funcionalmente (Giedd, 2015). La técnica de fMR mide la cantidad de oxígeno en la sangre que fluye por todo el cerebro como una medida de la actividad cerebral.

Es así que, los estudios de imágenes cerebrales han demostrado que el cerebro se reorganiza en la adolescencia. Debido a que nuestros cerebros están cambiando tanto, nuestras experiencias en la adolescencia pueden ayudar a dar forma a la organización del cerebro. Al participar en ciertos patrones de comportamiento, estamos fortaleciendo ciertos patrones de actividad cerebral, esto hace posibles saltos en el desarrollo intelectual y emocional durante la adolescencia (Lenroot y Giedd, 2006).

Por otra parte, los comportamientos típicos que vemos durante la adolescencia, como pensar en otras personas y tomar decisiones, se relacionan con ciertos patrones de actividad cerebral entre regiones funcionalmente conectadas en el cerebro. No todos los adolescentes tienen la misma organización cerebral, y no todos se involucran en los comportamientos típicos, la forma en que los individuos difieren en sus patrones de actividad cerebral puede relacionarse con diferencias en el comportamiento. La comprensión de estas diferencias puede ayudar a los adultos a decidir cuándo intervenir. El alejamiento de una niña de 15 años de los gustos de sus padres en cuanto a ropa, música o política puede ser una fuente de consternación para mamá y papá, pero no indica una conducta desadaptada o un riesgo en la salud mental.

La propensión de los adolescentes de 16 años a andar en patineta sin casco o a aceptar desafíos arriesgados de amigos no es trivial, pero es más probable que sea una manifestación de pensamiento a corto plazo y presión de grupo que un deseo de lastimarse. Sin embargo, otras acciones exploratorias y agresivas pueden ser señales de alerta, saber más sobre el cerebro adolescente nos ayudará a todos a aprender a separar el comportamiento inusual que es apropiado para la edad del que podría indicar una enfermedad. Tal conciencia podría ayudar a la sociedad a reducir las tasas de adicción adolescente, enfermedades de transmisión sexual, accidentes automovilísticos, embarazos no deseados, deserción escolar, etc.

LA ESPECIALIZACIÓN DEL CEREBRO ADOLESCENTE

La corteza prefrontal es la parte del cerebro que actúa como centro de control de las funciones ejecutivas, como la planificación, el establecimiento de metas, la toma de decisiones, la flexibilidad mental y la resolución de problemas; este lóbulo cerebral sufre cambios significativos durante la adolescencia. Entre los 12 y los 25 años se produce un período de neuroplasticidad extraordinaria. Esta capacidad de cambiar la estructura y función del cerebro, permite a los adolescentes volverse funcionalmente más inteligentes y apropiarse de su aprendizaje. El cerebro adolescente madura al tener sus diferentes componentes cada vez más interconectados y al volverse más especializado (Stirrups, 2018). Con las técnicas de neuroimagen, se ha observado que, el aumento de la conectividad entre las regiones del cerebro se indica como mayores volúmenes de materia blanca. El componente “blanco” de la sustancia blanca proviene de una sustancia grasa llamada mielina,

que envuelve y aísla el axón que es una prolongación que se extiende desde el cuerpo de la neurona y que está en contacto con células nerviosas, por la cual viajan los impulsos nerviosos (Spear, 2013). La mielinización (formación de esta capa de grasa) tiene lugar desde la niñez hasta la edad adulta y acelera significativamente la conducción de los impulsos nerviosos entre las neuronas. Aunque la mielinización comienza temprano en la vida y continúa hasta la edad adulta, su producción aumenta notablemente durante la adolescencia lo que acelera el flujo de información a través de regiones distantes y magnifica su impacto. Los axones mielinizados transmiten señales hasta 100 veces más rápido que los no mielinizados (Markham y Greenough, 2004).

La mielinización también acelera el procesamiento de información del cerebro al ayudar a que los axones se recuperen rápidamente después de dispararse para que estén listos para enviar otro mensaje. Un tiempo de recuperación más rápido permite un aumento de hasta 30 veces en la frecuencia con la que una neurona determinada puede transmitir información. Investigaciones recientes están revelando otro papel más matizado para la mielina. Las neuronas integran información de otras neuronas, pero solo se activan para transmitirla si la entrada supera un determinado umbral eléctrico. Si la neurona dispara, esa acción inicia una serie de cambios moleculares que fortalecen las sinapsis entre esa neurona y las neuronas de entrada.

¿CÓMO SE PUEDEN UTILIZAR LOS ENTORNOS EDUCATIVOS EN EL APRENDIZAJE DE ADOLESCENTES?

Optimizar el ambiente de aprendizaje escolar es una de las formas más efectivas de apoyar a los adolescentes. Estos tienen una mayor capacidad para comprender temas complejos en comparación con los niños más pequeños, comprender lo que sucede en sus propios cerebros puede ayudar a los adolescentes a influir en su propio desarrollo. Una manera de hacerlo es mediante la integración de temas de desarrollo en el mapa curricular de los estudiantes; temas como las funciones ejecutivas, la toma de decisiones, la resolución de conflictos, la planificación educativa, las conductas de riesgo, la adicción a las drogas, entre otros. Debido a que el cerebro puede moldearse tan fácilmente durante la adolescencia, es importante que los maestros y los padres nutran el cerebro en desarrollo (Crocetti, Erentai y Žukauskien, 2014).

HACER APRENDIZAJES COLABORATIVOS Y DIVERSOS

Los docentes pueden utilizar la motivación para socializar de los adolescentes fomentando las discusiones grupales y la participación de estos en las actividades educativas. Involucrar a los alumnos sobre actividades en el aula, puede fomentar que se sientan más interesados e involucrados en sus entornos de aprendizaje. Promover la inclusión de diferentes grados los ayuda a aprender nuevas habilidades sociales

y de comunicación, además de ver los proyectos desde diferentes perspectivas. De manera tradicional, las mesas y las sillas en salón de clases se encuentran distribuidas en largas filas rectas, lo que puede ocasionar que los estudiantes se sientan socialmente aislados, ya que sólo pueden ver a los compañeros de clase desde atrás o de lado.

Este tipo de disposición de los escritorios y las sillas se puede cambiar para acoger la colaboración y el aprendizaje. Una de las disposiciones que funcionan para mejorar el entorno del aula es experimentar con nuevos arreglos como son los círculos pequeños. Además de respetar la motivación social inherente a la adolescencia, la reorganización del mobiliario del salón de clases puede ayudar con la ansiedad social, porque podría ser más fácil acercarse y hablar con otros estudiantes del grupo (Mills y Anandakumar, 2020).

FOMENTAR LA INDEPENDENCIA Y EL CAMBIO

Los maestros pueden fomentar la independencia en el aula al permitir que los estudiantes lideren el camino, esto podría incluir que los estudiantes presenten una parte del plan de estudios o las pautas para un proyecto, al promover que los estudiantes exploren lo que les interesa se impulsará el aprendizaje. Cuando los estudiantes pueden crear sus propias pautas y superar las dificultades a través del trabajo duro y la colaboración, estarán más preparados para asumir nuevos desafíos y prosperar en situaciones difíciles. Debido a la neuroplasticidad que experimentan naturalmente, los adolescentes tienen más poder para mejorar que los adultos, y los docentes deben aprovechar cada oportunidad para hacerles saber que tienen este potencial. Los estudiantes que no han tenido un buen desempeño académico pueden ser motivados por los docentes a que se vean a sí mismos de manera diferente, anticipando el éxito en lugar del fracaso, algunos ejemplos incluyen: psicoeducar a los estudiantes sobre el desarrollo y la plasticidad de su cerebro, lo anterior les ayudará a restablecer sus expectativas y brindarles un contexto útil sobre lo que están aprendiendo y por qué, además de alentar a los estudiantes a explorar lo que su cerebro puede hacer los llevará a tomar riesgos saludables y ser creativos con sus hábitos de aprendizaje.

LOS RIESGOS A VECES SON NECESARIOS

Los cerebros de los adolescentes son propensos a comportamientos de riesgo, ya que tienen una mayor tolerancia a los resultados ambiguos. El adolescente no es que no se encuentre consciente de los riesgos a los que se enfrente, pero siempre priorizará la recompensa. Es por ello que tomar riesgos saludables es crucial para adquirir empoderamiento, resiliencia, tolerancia a la frustración y generar estrategias de afrontamiento adaptativas (Tymula, Belmaker, Roy, Ruderman, Manson, Glimcher y Levy, 2012). Algunas actividades que estimulan la conducta de toma de riesgo saludables incluyen animar a los estudiantes a asumir riesgos educativos, como dar presentaciones públicas o explorar diferentes

caminos para obtener la respuesta correcta, probar diferentes estrategias de estudio. Al escribir, por ejemplo, los estudiantes crean primero y luego editan. En matemáticas, los estudiantes intentan resolver problemas ya sea que sientan que están listos para hacerlo o no, luego revisan esos problemas para ver si podrían haber hecho algo diferente.

PROMOVER LA INTERACCIÓN SOCIAL CON LA COMUNIDAD

Después de la pandemia por COVID-19, los adolescentes del mundo vieron interrumpidos y vulnerados sus entornos sociales y educativos, pues la educación virtual abrió otras formas de interacción entre los estudiantes, por lo que el ambiente típico del salón de clases puede ser demasiado artificial, estructurado e incluso aburrido. Resulta pertinente alentar a los estudiantes a colaborar con el mundo fuera del aula. Las visitas y excursiones a entornos sociales más apegados a la realidad de la comunidad pueden ayudar a los estudiantes a aplicar las cosas que han aprendido en clase al mundo real. Esto complementa la mayor sensibilidad al propio mundo social que ocurre durante la adolescencia. Comprender que el cerebro adolescente es único y cambia rápidamente puede ayudar a los padres, los docentes, la sociedad y a los propios adolescentes a gestionar mejor los riesgos y aprovechar las oportunidades de la adolescencia. Saber que las funciones ejecutivas prefrontales todavía están en construcción, puede ayudar a los padres a no reaccionar de forma exagerada cuando los hijos presentan conductas impulsivas y, a estructurar la idea de que hay esperanza de un mejor juicio en el futuro. Para los propios adolescentes, los nuevos conocimientos de la neurociencia adolescente deberían alentarlos a desafiar su cerebro con el tipo de habilidades en las que quieren sobresalir por el resto de sus vidas.

REFERENCIAS

- Crocetti, E., Erentait, R., y Žukauskien, R. (2014). Identity Styles, Positive Youth Development, and Civic Engagement in Adolescence. *Journal of Youth and Adolescence*, 43(11), 1818–1828. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10964-014-0100-4>
- Giedd, J. N. (2015). The Amazing Teen Brain. *Scientific American*, 312(6), 32–37. DOI: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0615-32>
- Lenroot, R. K., y Giedd, J. N. (2006). Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 718–729. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.06.001>
- Markham, J. L., y Greenough, W. T. (2004). Experience-driven brain plasticity: beyond the synapse. *Neuron Glia Biology*, 1(4), 351–363. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1740925x05000219>
- Mills, K. L., y Anandakumar, J. (2020). The Adolescent Brain Is Literally Awesome. *Frontiers for Young Minds*. DOI: <https://doi.org/10.3389/frym.2020.00075>

- Mills, K. L., Goddings, A., Herting, M. M., Meuwese, R., Blakemore, S., Crone, E. A., Dahl, R. E., Gürolu, B., Raznahan, A., Sowell, E. R., y Tamnes, C. K. (2016). Structural brain development between childhood and adulthood: *Convergence across four longitudinal samples*. *NeuroImage*, 141, 273–281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.07.044>
- Spear, L. P. (2013). Adolescent Neurodevelopment. *Journal of Adolescent Health*, 52(2), S7–S13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2012.05.006>
- Stirrups, R. (2018). The storm and stress in the adolescent brain. *Lancet Neurology*, 17(5), 404. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(18\)30112-1](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(18)30112-1)
- Tymula, A., Belmaker, L. a. R., Roy, A. K., Ruderman, L., Manson, K. F., Glimcher, P. W., y Levy, I. (2012). Adolescents' risk-taking behavior is driven by tolerance to ambiguity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(42), 17135–17140. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1207144109>
- Walsh, C. T. (2013). Peter Huttenlocher (1931–2013). *Nature*, 502(7470), 172. DOI: <https://doi.org/10.1038/502172a>

El cuidado de la salud intestinal como herramienta educativa

Intestinal health care as an educational tool

Rossana C. Zepeda¹, Claudia Juárez Portilla¹, Guiomar Melgar Lalanne^{2*}

¹ Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana

² Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana

Recibido: 8 de febrero de 2023

Aceptado: 2 de marzo de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

La triada alimentación saludable, actividad física y buenos hábitos intestinales debe estar presente en la escuela como herramienta educativa para promover una mejor calidad de vida entre la población infantil y juvenil que a su vez será clave en toda la vida adulta. La relación entre la microbiota intestinal y la salud mental están ampliamente reportadas. Los buenos hábitos intestinales se crean en la primera infancia y previenen la aparición de estreñimiento y síndrome de colon irritable que a su vez se relacionan con diversos padecimientos de salud mental como depresión y ansiedad. El objetivo de este ensayo es reivindicar la importancia de educar en buenos hábitos de salud intestinal en la población infantil y juvenil como acción preventiva de salud mental.

PALABRAS CLAVE: salud mental, hábitos intestinales microbiota intestinal, salud mental

ABSTRACT

The triad composed of healthy nutrition, physical activity, and good bowel habits must be present at school as an educational tool to encourage and promote better quality of life among children and adolescents which in turn will be a key element throughout adult life. The relationship between gut microbiota and mental health are widely reported. Proper bowel habits are acquired during early childhood and prevent constipation

*Autor de correspondencia: Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. Mexico

Dr. Castelazo Ayala s/n Industrial Animas, C.P. 91190, Xalapa-Enríquez, Ver., México. Correo: gmelgar@uv.mx

and irritable bowel syndrome, conditions that are related to diverse mental health conditions such as depression and anxiety. The objective of this essay is to vindicate the importance of educating children and adolescents on good intestinal health habits as a preventive mental health action; for this, school is an educational space required for it.

KEYWORDS: healthy nutrition, good bowel habits, gut microbiota, mental health,

INTRODUCCIÓN

A principios de 2020 México, como el resto del mundo se paralizó. La Secretaría de Salud realizó la declaratoria de emergencia y el país entró en fase 3 de la pandemia mundial por la Covid-19. El confinamiento nos afectó a todos. Sin embargo, niños, adolescentes y jóvenes adultos fueron invisibilizados durante las primeras etapas de la pandemia. Ellos vieron sus actividades educativas y sociales prácticamente anuladas. Fueron, además, la última población en ser vacunada y durante casi dos años estudiaron de manera forzada en la virtualidad con un sistema educativo que no estaba preparado y con sus padres como improvisados docentes. Dejaron de convivir con sus amigos y educadores y se encontraron confinados en viviendas que, en la mayor parte de los casos no tenían las condiciones óptimas para el desarrollo de sus actividades escolares y de ocio. A esto se sumó el estrés de los adultos que se veían “obligados” a ser profesores de tiempo completo (Sierra, 2020). El largo periodo de tiempo que duró esta situación perjudicó el bienestar infantil y juvenil (Hurtarte, Pereyra, Vega y Díaz, 2022).

Durante la pandemia en México, la inseguridad alimentaria severa afectó al 26.3% de los hogares donde vivían tres o más menores de 15 años. Esta inseguridad se tradujo tanto el consumo de un menor número de alimentos como en el incremento del consumo de alimentos pobres en nutrientes y altamente calóricos (Kansiime, Tambo, Mugambi, Bundi, Kara y Owuor, 2022) y se vio agravada con la reducción de actividad física formal e informal como consecuencia de la misma situación. Las consecuencias de esta situación extraordinaria todavía se sienten en toda la población, especialmente entre las más vulnerables. La inseguridad alimentaria contribuye a diversos problemas de salud relacionados con el estrés y presenta, además, una fuerte asociación con problemas de salud mental. De esta manera, una investigación en 160 países encontró que la inseguridad alimentaria se relacionaba con diversos síntomas de salud mental incluyendo una baja sensación de bienestar y una menor satisfacción de la vida. Las familias en las que se vive una preocupación constante por no tener suficientes alimentos,

que se saltan comidas y presentan un hambre cronificada tienen mayores problemas de salud mental y están más estigmatizados. Estas poblaciones tienden a consumir alimentos con mayor densidad calórica pero bajos en nutrientes (Elgar, Pickett, Pförtner, Gariépy, Gordon, Georgiades, Davison, Hammami, MacNeil, da Silva y Melgar-Quinonez, 2021).

Así, la encuesta nacional de salud de México (INEGI, 2018) reportó que los escolares de primaria mantienen un elevado consumo de productos no recomendables como bebidas y cereales azucarados, botanas y golosinas frente a un bajo consumo de frutas, verduras y leguminosas (Armenta, Pereyra, Gómez y Puerto (2022). Este tipo de alimentación tiene consecuencias adversas en toda la población, pero, especialmente en niños, adolescentes y jóvenes adultos que pueden sufrir las consecuencias de esta malnutrición en estados adultos de su vida (Berding y Cryan, 2022; Lee, Walton, O'connor, Wammes, Burton y Osuch, 2022).

Aunado a esto, existe una desinformación acerca de lo que se considera como alimentos de consumo saludable para los niños. Si bien está claro que dulces, botanas, etc., tienen alto contenido de azúcares y sodio, algunos otros alimentos como cereales, embutidos (como jamón y salchichas), las bebidas azucaradas con jugo, comúnmente conocidas como jugos, entre otros, suelen ser consumidos de manera regular por los niños con la anuencia de los padres creyendo, erróneamente que son alimentos sanos. Frutas y verduras son alimentos ricos en nutrientes de alta calidad como en vitaminas, minerales, fibra, azúcares y compuestos prebióticos.

Los prebióticos son compuestos no digeribles por el tracto gastrointestinal humano que son digeridos por los microorganismos intestinales y utilizarlos como fuente de energía. Estos compuestos ayudan a que la microbiota intestinal se equilibre y permite así la prevención y control de numerosas enfermedades como aquellas infecciosas, crónico degenerativas, neurológicas y psiquiátricas (Ansari, Pourjafar, Tabrizi, y Homayouni, 2020).

La inseguridad alimentaria unida al confinamiento por Covid-19 agravó la problemática de salud mental fundamentalmente en relación con la ansiedad, depresión y reacción al estrés. Los resultados de un estudio realizado en México (Caraveo-Anduaga y Martínez-Vélez, 2020) indican un incremento en los síntomas característicos de las enfermedades antes citadas en la población infantil que pueden ser manifestaciones incipientes de problemas de salud mental con repercusiones a lo largo de la vida. Incluso en los preescolares, estos autores resaltaron condiciones sugerentes de trastornos de neurodesarrollo, tales como el déficit de atención, problemas de lenguaje, ansiedad, manifestaciones depresivas y ánimo irritable; por lo que la vigilancia y atención oportuna se consideran una prioridad de salud pública.

Las y los docentes también han sufrido un menoscabo en su salud mental debido al estrés del confinamiento lo que ha dificultado el manejo de niños y niñas con esta misma problemática (Trujillo-Juárez y Delgado-González, 2021). En este sentido, la alimentación saludable que mejore la salud intestinal y, por tanto, la microbiota puede ser una herramienta que ayude a reducir, aunque sea ligeramente, esta compleja problemática. Por tanto, el objetivo de este ensayo es reivindicar la importancia de educar en buenos hábitos de salud intestinal en la población infantil y juvenil como acción preventiva de salud mental.

TABLA 1

Principales conceptos utilizados en este artículo

	Definición	Referencia
Prebiótico	Ingredientes no digeribles de la comida que son utilizados por la microbiota intestinal. Estimulan el crecimiento de una o más cepas de las bacterias presentes en el tracto intestinal, y modifican su composición y actividad, con lo que logran una mejora en la salud y el bienestar del huésped. Los prebióticos son capaces de enriquecer la microbiota intestinal con cepas de bacterias pertenecientes a los géneros <i>Lactobacillus</i> y <i>Bifidobacterium</i> .	(Hill, Guarner, Reid, Gibson, Merenstein, Pot, Morelli, et al., 2014)
Probiótico	Microorganismos vivos que, consumidos en cantidades adecuadas ejercen un efecto benéfico en quien los consume	(Hill, Guarner, Reid, Gibson, Merenstein, Pot, Morelli, et al., 2014)
Simbiótico	Son alimentos que contienen una mezcla de productos alimenticios prebióticos y probióticos. Por regla general deberían contener un componente prebiótico que favorezca el efecto del alimento probiótico asociado.	(Freire, Ramos y Schwan, 2017)
Disbiosis intestinal	Es una alteración del equilibrio en la microbiota intestinal debido a cambios cuantitativos o cualitativos de su composición, cambios en su funcionamiento o actividades metabólicas, o bien, a cambios en su distribución	(Degruittola, Low, Mizoguchi y Mizoguchi, 2016)
Microbiota intestinal	Conjunto de bacterias que viven en el intestino, en una relación de simbiosis tanto de tipo comensal como de mutualismo. Este conjunto forma parte de la microbiota normal. La gran mayoría de estas bacterias no son dañinas para la salud y muchas son beneficiosas, por lo es importante para el estado de salud del organismo.	(Marco, Heeney, Binda, Cifelli, Cotter, Foligné, Gänzle, et al., 2017)
Psicobióticos	Son microorganismos vivos que, cuando se ingieren en cantidades adecuadas, producen efectos benéficos en pacientes con enfermedades psiquiátricas.	(Dinan, Stanton y Cryan, 2013)

EL INTESTINO Y SU MICROBIOTA

La función principal del intestino consiste en absorber nutrientes y agua que se ingieren durante el proceso de alimentación y se divide básicamente en intestino delgado (encargado de la absorción de nutrientes) y el intestino grueso (que absorbe agua de los residuos no digeribles). En su interior viven entre 10^{10} y 10^{12} bacterias que se conocen como microbiota intestinal (tabla 1). En los últimos años, la microbiota intestinal se ha comenzado a considerar como un órgano en sí mismo con funciones en la nutrición, la regulación de la inmunidad y la inflamación sistémica.

Los microorganismos presentes en el intestino poseen enzimas capaces de romper el almidón y otros azúcares complejos de la dieta que el intestino humano no puede digerir produciendo azúcares simples y ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Principalmente el ácido acético y el ácido propiónico se absorben al torrente sanguíneo y son transportados al hígado; y ácido butírico es empleado por los coloncitos como fuente de energía. Los AGCC que pasan al hígado se utilizan en la síntesis lipídica mientras que los que pasan a la sangre son importantes en procesos inmunorreguladores, ayudando en pacientes con alteraciones inflamatorias del intestino (Icaza-Chávez, 2013). Los efectos de la dieta en la microbiota intestinal y en la respuesta inmune se han postulado como posibles explicaciones para el incremento en la incidencia de enfermedades inflamatorias como el asma en los países desarrollados. También se han relacionado con enfermedades como la obesidad y el asma, sobre todo en países desarrollados. En este sentido, la colonización inicial de microorganismos en el intestino de los recién nacidos durante el parto y sus etapas posteriores parece que tiene una importancia significativa a lo largo de toda la vida del individuo. Cuando la microbiota intestinal no está en equilibrio (disbiosis) puede ocasionar un estado de inflamación sistémica, resistencia a la insulina e incrementar el riesgo cardiovascular (Chaves Morales, Catalina y Alvarado, 2022; Icaza-Chávez, 2013). Por tanto, la microbiota intestinal tiene diversas funciones de importancia en el tracto gastrointestinal:

- Fermenta compuestos nutricionales de difícil digestión como la fibra soluble;
- Sintetiza vitaminas y aminoácidos esenciales (como la vitamina K);
- Protege frente a la invasión de patógenos y regula el sistema inmune intestinal para evitar el crecimiento de patógenos;
- Desarrolla y modula el sistema inmune y los mecanismos de inflamación (Manrique, Carreras, Ortega y González, 2014).

EL EJE MICROBIOTA-INTESTINO-CEREBRO

La relación microbiota-intestino-cerebro en la salud y en la enfermedad ha sido ampliamente documentada desde la antigüedad en lo referente a ciertas afecciones digestivas como el síndrome de colon irritable que se relacionaba con ira y ansiedad. Sin embargo, en los últimos años se están esclareciendo los posibles mecanismos de este eje bidireccional, sobre todo en relación con afecciones psiquiátricas y neurológicas debidas a las interacciones entre el sistema inmunológico y el sistema nervioso regulado parcialmente al menos por la microbiota intestinal que actúa sobre funciones fisiológicas, conductuales y cognitivas. En la microbiota intestinal de personas sanas predominan los microorganismos benéficos con relaciones simbióticas que promueven la salud. En caso de disbiosis se produce una alteración en la composición y diversidad de microorganismos presentes en el intestino, favoreciendo la presencia de bacterias patógenas y potencialmente patógenas.

Este desequilibrio produce trastornos en la motilidad intestinal, en la producción de secreciones intestinales e hipersensibilidad visceral que se asocian con la permeabilidad intestinal y el desarrollo de procesos inflamatorios.

Como consecuencia, se potencian los trastornos digestivos, metabólicos, neurológicos y psiquiátricos (Andreo-Martínez, García-Martínez y Sánchez-Samper, 2017) Cryan y Dinan, 2015).

De esta forma la disbiosis intestinal se ha relacionado con trastorno del espectro autista, trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad, ansiedad, depresión, Alzheimer y esquizofrenia, entre otros; y se han propuesto los psicobióticos como una nueva clase de psicotróficos capaces de producir sustancias neuroactivas como el ácido gamma aminobutírico (GAMA) y la serotonina que son capaces de actuar sobre el eje intestino-cerebro (Dinan, Stanton y Cryan, 2013).

IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN EN EL EJE INTESTINO-CEREBRO

Existe suficiente evidencia sobre la necesidad de proteger el ecosistema microbiano intestinal para prevenir enfermedades y mantener la salud. De esta forma se puede aumentar la esperanza de vida y, sobre todo, su calidad. Sin embargo, para que estos microorganismos esenciales puedan desarrollarse de manera equilibrada y adecuada es imprescindible contar con dietas saludables ricas en fibras y carbohidratos complejos con un bajo consumo de proteínas de origen animal y grasas saturadas que contribuyan a su protección y cuidado. De esta forma se podrá disminuir el riesgo de padecer enfermedades infecciosas (digestivas y respiratorias), crónico

degenerativas (diabetes tipo 2, hipertensión, etc.), catastróficas (cáncer) y neurodegenerativas (Parkinson, Alzheimer) entre otras (Eladio, Torres, Yumy, Fernández Vélez, y Barrios, 2022). Para lograrlo, el personal educativo debe apropiarse de este conocimiento para transmitir a las infancias y juventudes la información referente a los hábitos que promuevan un estilo de vida saludable.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda el consumo de 27 a 40 g de fibra al día, entre fibra soluble y fibra insoluble. La fibra soluble es totalmente fermentable por los microorganismos presentes en el colon, mientras que las fibras insolubles lo son sólo parcialmente.

Las fibras más pequeñas y solubles tienen una fermentación más completa. Cuando las fibras se fermentan dan lugar a otros productos como los AGCC, de los que se ha hablado con anterioridad. Las fuentes principales de fibra insoluble son los cereales integrales, leguminosas y verduras de hoja verde. Mientras que las fuentes principales de fibra soluble son las frutas (Olagnero, Abad, Bendersky, Genevois, Granzella y Montonati, 2007).

Los alimentos prebióticos, es decir, aquellos que sirven de alimento para mantener una microbiota intestinal saludable, se encuentran en numerosos alimentos como granos integrales (avena, trigo, cebada, etc.), leguminosas (frijol, garbanzo, haba, lenteja), plátano, puerro, hortalizas de hoja verde (espinaca, acelga, lechuga, kale, etc.), cebolla, ajo, soya y alcachofa. Para poder considerarse prebiótico (tabla 1) un alimento, debe presentar las siguientes características:

- No ser hidrolizado o absorbido por el intestino delgado;
- Debe ser fermentado por la microbiota intestinal;
- Deberá ser capaz de modificar la microbiota intestinal haciéndolo más saludable, es decir, reduciendo el número de microorganismos putrefactivos e incrementando las bacterias capaces de romper azúcares (Hill et al., 2014; Olagnero et al., 2007).

Finalmente, los alimentos probióticos (tabla 1) son aquellos que contienen microorganismos vivos que pueden tener un efecto benéfico en la salud, como el caso del yogur y la kombucha.

Es importante mencionar que se estima que, para que sean eficientes, estos alimentos deben contener una cantidad de 10⁹ unidades formadoras de colonias (ufc)/g. La mayoría de los probióticos son bacterias Grampositivas de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (que suelen ser los que más se encuentran

en el mercado como leches fermentadas y suplementos alimenticios). Existen también algunas levaduras que son consideradas probióticas. Estos microorganismos se han relacionado sobre todo con la salud gastrointestinal de manera preventiva y está en estudio su posible utilización como psicobióticos (George Kerry, Patra, Gouda, Park, Shin y Das, 2018).

ENSEÑAR A ALIMENTARSE BIEN

Visto lo anterior resulta clara la necesidad de que nuestros niños y jóvenes aprendan a alimentarse de manera correcta para evitar numerosas enfermedades en su vida adulta, incluyendo aquellas relacionadas con la salud mental. Los productos industrializados suponen cerca del 58% del total de calorías que consumen los mexicanos. El país ocupa el primer lugar en el consumo de este tipo de productos en América Latina con 160 kg al año por persona, de acuerdo a datos recabados en 2014 (Tolentino-Mayo Rincón-Gallardo, Bahena-Espina, Ríos y Barquera, 2018).

Estos alimentos son causantes de la epidemia de obesidad existente entre la población infantil y juvenil y, también son causa y efecto de muchos problemas relacionados con la salud mental de esta población. La relación entre obesidad y salud mental no puede desestimarse. La obesidad es causa frecuente del acoso escolar, así como de depresión y falta de autoestima entre niños y adolescentes (Cheng, Kaminga, Liu, Wu, Wang, Wang, y Liu, 2022).

De acuerdo con la Carta de Ottawa de 1986, la educación para la salud debe ser concebida como una herramienta de la promoción de la salud y un medio preventivo y promocional para la adopción de estilos de vida saludables que acompañarán al individuo durante toda su existencia (Almeida-Perales, Solano-Hernández, B. I., Ruíz-de Chávez- Ramírez, D. y Franco-Trejo 2022; Macias, Quintero, Camacho y Sánchez, 2009).

Las intervenciones educativas dirigidas a escolares son consideradas estratégicas por la etapa en la que estos se encuentran, en un periodo de permanente aprendizaje, donde el “qué” y el “cómo” de la alimentación pueden abordarse con perspectiva teórica y práctica. La escuela fomenta la creación de un entorno alimentario saludable donde el niño se convierte en el motor de cambio familiar e incluso comunitario. El infante aprende a comer bien, transporta ese conocimiento a su entorno familiar produciendo una modificación de los hábitos familiares. Cuando las familias están involucradas en la comunidad, como sucede todavía en muchas zonas rurales, ese conocimiento permea en la comunidad que, poco a poco, va modificando sus hábitos. Así, se cambia el hábito del refresco por el de las aguas de sabor

que, aunque azucaradas, contienen menos azúcar y más vitaminas y minerales. Lamentablemente, las políticas públicas destinadas a promover un comportamiento saludable no han logrado contrarrestar los cuantiosos recursos invertidos en la producción y comercialización de alimentos que no promueven una mejor salud. El incremento en la venta de alimentos hipercalóricos supone un impacto negativo en la salud y un gasto importante en los servicios de salud (Islas Vega, Reynoso Vázquez, Hernández Ceruelos y Ruvalcaba Ledezma, 2020). Sin embargo, hay que reconocer que en México se han dado dos cambios importantes en pro de la salud alimentaria: el impuesto a los refrescos en 2015 y el etiquetado frontal de los alimentos de 2021. El impuesto al refresco iniciado en 2015 dio como resultado una reducción en las compras en el primer año, que se continuaron durante el siguiente, aumentando el consumo de agua embotellada. Esto benefició sobre todo a los hogares de menor nivel socioeconómico para quienes el costo de servicios de salud representa una mayor carga (Cochero, Rivera-Dommarco, Popkin y Ng, 2017). Por otro lado, el nuevo etiquetado frontal de alimentos ha supuesto una herramienta educativa de primer orden para que la población mexicana aprenda a diferenciar alimentos saludables y no saludables (figura 1) (Vanoye-Eligio, Martín-Canché, Torres-Sauri y García-Vela, 2022).

FIGURA 1

Sellos que advierten cuando un producto tiene exceso de...



NOTA: tomado de

<https://www.gob.mx/promosalud/acciones-y-programas/etiquetado-de-alimentos#:~:text=Este%20etiquetado%20se%20integra%20por,grasas%20trans%2C%20az%C3%BAcar%20y%20sodio.>

Este etiquetado está basado en recomendaciones internacionales y permite identificar rápidamente y de forma muy intuitiva cinco tipos de alimentos no nutritivos. Además, existen otras dos leyendas como aviso especial a la infancia: contiene cafeína y contiene edulcorantes. Esta estrategia llega a toda la población. Sin embargo, en muchas escuelas de diversos niveles se está tratando de enseñar a niños y adolescentes el significado de los hexágonos y las razones por las que es conveniente evitar este tipo de productos.

Otras estrategias exitosas en torno a la alimentación saludable y el cuidado de la salud intestinal que han tenido éxito son las siguientes:

- La capacitación en almuerzos saludables en diversas escuelas del país. La estrategia consiste en educar a los niños y niñas sobre el tipo de alimentos que deben llevar a la escuela para mejorar su salud. Algunas escuelas prohíben un listado de alimentos considerados chatarra, pero el mayor esfuerzo se enfoca en promover el empleo de alimentos saludables en los lunch escolares. En muchos casos incluso se elaboran menús orientativos para que las familias se guíen.
- En algunas escuelas se han incentivado comedores comunitarios donde una familia se encarga del lunch escolar al día tratando de llevar un almuerzo caliente y saludable. Esta estrategia también suele apoyarse en menús propuestos para la familia que lo elabora tratando de utilizar alimentos frescos y de temporada y rehuendo de los productos industrializados (Morgan, Warren, Lubans, Saunders, Quick y Collins, 2010).
- Los huertos escolares permiten que los alumnos aprendan de dónde vienen los alimentos y le pierdan el miedo al consumo de alimentos saludables y desconocidos para ellos porque "los han producido ellos" (Armienta Moreno, Keck, Ferguson, Saldívar Moreno 2019; Ozer, 2007; Robinson-O'Brien, Story y Heim, 2009).

La salud intestinal ha estado tradicionalmente fuera de la escuela y no se considera como una necesidad educativa más allá de enseñar en educación preescolar a dejar el pañal. Sin embargo, la prevalencia de *trastornos gastrointestinales* en niños y adolescentes mexicanos es preocupante. Los *trastornos intestinales* están fuertemente asociados a un bajo funcionamiento físico, social y emocional, así como a un desempeño escolar pobre dadas las molestias que tiene quien los padece. Entre los factores que promueven su aparición se encuentra la dieta, la cultura y el clima (Dhroove, Saps, García-Bueno, Leyva Jiménez, Rodríguez- Reynosa y Velasco-Benítez. 2017). De todos estos trastornos, el estreñimiento es considerado el más común y en la infancia parece estar fuertemente relacionado con el ámbito escolar.

Sin embargo, el estreñimiento es un padecimiento fácil de controlar a través de una dieta saludable y una buena educación intestinal, que consiste en algo tan sencillo como dejar que el niño o niña acuda a realizar sus actividades fisiológicas cuando se lo pide el cuerpo y no dependiendo de un horario establecido (el recreo o el cambio de docente). Otro factor para tener en cuenta es la necesidad de baños limpios y con agua para que el niño decida ir a defecar en la escuela

(Karon, Cronin, Cronk y Hendrawan, 2017; Wu, Chen, Pan, Tang, Hwang, Wu, James y Chen, 2011).

Una buena hidratación de los menores es también fundamental para mantener una buena salud intestinal y digestiva y forma parte de una buena alimentación. Es necesario que niños, adolescentes y jóvenes tengan a su disposición agua limpia y suficiente para cubrir sus necesidades de hidratación. Los niños suelen consumir poca agua y es necesario recordarles que lo hagan. Una falta de hidratación producirá estreñimiento y otros desórdenes intestinales que afectan a la microbiota y, por tanto a la salud (Suh y Kavouras, 2019). Además, promover el consumo de agua parece tener también un efecto protector en la salud mental (Luo, Chen Hsu, Jui Lin, Kai Fu, Ru Chen y Lai, 2022). Por ello, la estrategia de tener agua en las escuelas, baños limpios y accesibilidad de los estudiantes a ellos cuando lo requieren son una forma aparentemente sencilla de mejorar la salud integral de los estudiantes.

CONCLUSIONES

La reciente pandemia de COVID-19 nos ha dejado grandes lecciones en este sentido. Adquirir hábitos saludables en la primera infancia que impliquen la alimentación saludable, la actividad física y los buenos hábitos intestinales redundará positivamente en la salud mental de nuestra infancia y juventud.

Buena parte de la salud de la infancia se encuentra en manos de las y los educadores. Somos en este sentido una pieza clave en la formación de hábitos saludables que prevengan el desarrollo de enfermedades crónicas en edades más tardías.

Las y los docentes tenemos un trabajo que trasciende el aula, somos agentes de cambio y formadores de ciudadanos conscientes y responsables. Por nuestra aula pasa el futuro del país y somos nosotras y nosotros quienes, a través de la educación formamos (o deformamos) a la infancia y la juventud en valores relacionados con la salud. A través del aula, niños y adolescentes se convierten a su vez en motores de cambio social influyendo en su familia y en su comunidad. La triada alimentación saludable, actividad física y buenos hábitos intestinales debe estar presente en la escuela de manera transversal desde la más temprana infancia para que nuestra población sea más saludable y tenga una mejor calidad de vida. Estos hábitos de vida están interrelacionados entre sí y son responsables en buena medida de la salud mental de nuestros jóvenes y niños. Seamos pues agentes de cambio y promovamos la educación en esta triada vital para tener una población saludable tanto física como mentalmente, a través de la preparación constante para poder hacer los cambios que se requieren dentro y fuera de las aulas y, así, realizar

las innovaciones pertinentes para alcanzar los cambios y mejoras en los ámbitos local y social. Para ello será necesario que los actores principales se involucren, tales como los directivos de los planteles educativos, los coordinadores de las cooperativas escolares, concientizando la relevancia de la actividad física, las buenas prácticas alimenticias, la participación de los padres de familia en talleres, cursos, pláticas sobre la salud intestinal.

REFERENCIAS

- Almeida-Perales, C., Solano-Hernández, B. I., Ruíz-de Chávez-Ramírez, D., y Franco-Trejo, C. S.** (2022). Educación para un entorno alimentario escolar saludable. *El caso de una primaria en Zacatecas, México. Hacia La Promoción de La Salud*, 27(1), 176–187. DOI: <https://doi.org/10.17151/hpsal.2022.27.1.13>
- Andreo-Martínez, P., García-Martínez, N., y Sánchez-Samper, E. P.** (2017). La microbiota intestinal y su relación con las enfermedades mentales a través del eje microbiota-intestino-cerebro. *Revista Discapacidad Clínica Neurociencias*, 4(2) 52-58 DOI: <http://riberdis.cedid.es/handle/11181/5361>
- Ansari, F., Pourjafar, H., Tabrizi, A., y Homayouni, A.** (2020). The Effects of Probiotics and Prebiotics on Mental Disorders: A Review on Depression, Anxiety, Alzheimer, and Autism Spectrum Disorders. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(7), 555–565. DOI: <https://doi.org/10.2174/1389201021666200107113812>
- Armienta Moreno, D. E., Keck, C., Ferguson, B. G., Saldívar Moreno, A.,** (2019). Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. *Innovación Educativa (México, DF)*, 19(80), 161–178. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000200161&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Berding, K., y Cryan, J. F.** (2022). Microbiota-targeted interventions for mental health. *Current Opinion in Psychiatry*, 35(1), 3. DOI: <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000758>
- Caraveo-Anduaga, J. J., y Martínez-Vélez, N. A.** (2020). Salud mental infantil: una prioridad a considerar. *Salud Pública de México*, 61(4), 514–523. DOI: <https://doi.org/10.21149/9727>
- Chaves Morales, K., Catalina, M., y Alvarado, C.** (2022). Microbiota intestinal y su influencia en el comportamiento. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*, 6(1), 49-56. DOI: <https://doi.org/10.34192/CIENCIAYSALUD.V6I1.374>

- Cheng, S., Kaminga, A. C., Liu, Q., Wu, F., Wang, Z., Wang, X., y Liu, X. (2022). Association between weight status and bullying experiences among children and adolescents in schools: An updated meta-analysis. *Child Abuse & Neglect*, 134, 105833. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CHIABU.2022.105833>
- Cryan, J. F., y Dinan, T. G. (2015). More than a Gut Feeling: The Microbiota Regulates Neurodevelopment and Behavior. *Neuropsychopharmacology*, 40(1), 241–242. DOI: <https://doi.org/10.1038/NPP.2014.224>
- Degruttola, A. K., Low, D., Mizoguchi, A., y Mizoguchi, E. (2016). Current Understanding of Dysbiosis in Disease in Human and Animal Models. *Inflammatory Bowel Diseases*, 22(5), 1137–1150. DOI: <https://doi.org/10.1097/MIB.0000000000000750>
- Dhroove, G., Saps, M., Garcia-Bueno, C., Leyva Jiménez, A., Rodríguez-Reynosa, L. L., y Velasco-Benítez, C. A. (2017). Prevalencia de trastornos gastrointestinales funcionales en escolares mexicanos. *Revista de Gastroenterología de México*, 82(1), 13–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.RGMX.2016.05.003>
- Dinan, T. G., Stanton, C., y Cryan, J. F. (2013). Psychobiotics: A Novel Class of Psychotropic. *Biological Psychiatry*, 74(10), 720–726. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.BIOPSYCH.2013.05.001>
- Eladio, A., Torres, C., Yumy, Fernández Vélez, E., y Barrios, J. C. (2022). ¿Por qué debemos promover la protección de microbiota intestinal? *FACSALUD-UNEMI*, 6(11), 4–14. DOI: <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol6iss11.2022pp4-14p>
- Elgar, F. J., Pickett, W., Pfortner, T. K., Gariépy, G., Gordon, D., Georgiades, K., Davison, C., Hammami, N., MacNeil, A. H., da Silva, M. A., y Melgar-Quinonez, H. R. (2021). Relative food insecurity, mental health and wellbeing in 160 countries. *Social Science & Medicine*, 268, 113556. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.SOCSCIMED.2020.113556>
- Freire, A. L., Ramos, C. L., y Schwan, R. F. (2017). Effect of symbiotic interaction between a fructooligosaccharide and probiotic on the kinetic fermentation and chemical profile of maize blended rice beverages. *Food Research International*, 100, 698–707. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.070>
- George Kerry, R., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H.-S., y Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 927–939. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.002>

- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., y Salminen, S. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 11(8), 506–514.
- Icaza-Chávez, M. E. (2013). Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. *Revista de Gastroenterología de México*, 78(4), 240–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.RGMX.2013.04.004>
- Hurtarte, C.A., Pereyra, M. L., Vega, M. D. P. G., y Díaz, O. P. (2022). Percepción y autorreporte de los niveles de bienestar emocional en niñas y niños durante la pandemia por la Covid-19. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 52(1), 47-70. DOI: <https://doi.org/10.48102/rlee.2022.52.1.469>
- INEGI (2018) Informe de Resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición – 2018. Instituto Nacional de Salud Publica https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut100k2018/documentos_analiticos.ph
- Islas Vega, I., Reynoso Vázquez, J., Hernández Ceruelos, M. D. C. A. y Ruvalcaba Ledezma, J. C. (2020). La alimentación en México y la influencia de la publicidad ante la debilidad en el diseño de políticas públicas. *Journal of Negative and No Positive Results*, 5(8), 853-862.
- Kansiime, M. K., Tambo, J. A., Mugambi, I., Bundi, M., Kara, A., y Owuor, C. (2022). Consideraciones sobre la seguridad alimentaria en hogares mexicanos durante la pandemia de COVID-19. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(0), 32–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2020.105199>
- Karon, A. J., Cronin, A. A., Cronk, R., y Hendrawan, R. (2017). Improving water, sanitation, and hygiene in schools in Indonesia: A cross-sectional assessment on sustaining infrastructural and behavioral interventions. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(3), 539–550. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2017.02.001>
- Lee, J. E., Walton, D., O'connor, C. P., Wammes, M., Burton, J. P., y Osuch, E. A. (2022). Drugs, Guts, Brains, but Not Rock and Roll: The Need to Consider the Role of Gut Microbiota in Contemporary Mental Health and Wellness of Emerging Adults. *International Journal of Molecular Sciences* 2022, Vol. 23, Page 6643, 23(12), 6643. DOI: <https://doi.org/10.3390/IJMS23126643>
- Luo, Y., Chen Hsu, C., Jui Lin, K., Kai Fu, S., Ru Chen, J., y Lai, C. C. (2022). Effectiveness of a Water Intake Program at the Workplace in Physical and Mental Health Outcomes. *Inquiry : A Journal of Medical Care Organization, Provision and Financing*, 59. DOI: <https://doi.org/10.1177/00469580221085778>

- Macias M, A. I., Quintero S, M. L., Camacho R, E. J., y Sánchez S, J. M. (2009). La tridimensionalidad del concepto de nutrición: su relación con la educación para la salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(4), 1129–1135. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182009000400010>
- Manrique Vergara, D., Carreras Ferrer, I., Ortega Annló, E., y González Sánchez, M. E. (2014). Probióticos: más allá de la salud intestinal. *Nutrición Hospitalaria*, 30.
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J., y Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44(Supplement C), 94–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Morgan, P. J., Warren, J. M., Lubans, D. R., Saunders, K. L., Quick, G. I., y Collins, C. E. (2010). The impact of nutrition education with and without a school garden on knowledge, vegetable intake and preferences and quality of school life among primary-school students. *Public Health Nutrition*, 13(11), 1931–1940. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1368980010000959>
- Olagnero, G., Abad, A., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L., y Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 25(121), 20–33.
- Ozer, E. J. (2007). The effects of school gardens on students and schools: Conceptualization and considerations for maximizing healthy development. *Health Education and Behavior*, 34(6), 846–863. DOI: <https://doi.org/10.1177/1090198106289002>
- Robinson-O'Brien, R., Story, M., y Heim, S. (2009). Impact of garden-based youth nutrition intervention programs: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(2), 273–280. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JADA.2008.10.051>
- Sierra, P. D. M. (2020). Aproximación a las implicaciones sociales de la pandemia del COVID19 en niñas, niños y adolescentes: el caso de México. *Sociedad e Infancias*, 4, 255–258. DOI: <https://doi.org/10.5209/SOCI.69541>
- Suh, H. G., y Kavouras, S. A. (2019). Water intake and hydration state in children. *European Journal of Nutrition*, 58(2), 475–496. DOI: <https://doi.org/10.1007/S00394-018-1869-9/TABLES/3>
- Tolentino-Mayo, L., Rincón-Gallardo Patiño, S., Bahena-Espina, L., Ríos, V., Barquera, S. (2018). Conocimiento y uso del etiquetado nutrimental de alimentos y bebidas industrializados en México. *Salud Pública de México*, 60(3, may-jun), 328. DOI: <https://doi.org/10.21149/8825>

- Trujillo-Juárez, S. I., y Delgado-González, A.** (2021). El nivel de ansiedad en docentes de las escuelas normales mexicanas durante el confinamiento por COVID-19. Estudio cuantitativo. *Revista Eduscientia. Divulgación de La Ciencia Educativa*, 4(7), 51–70. DOI: <http://eduscientia.com/index.php/journal/article/view/90>
- Vanoye-Eligio, M., Martín-Canché, B., Torres-Sauri, K.**, (2022). Conocimiento del etiquetado nutricional y contenido de azúcares añadidos en alimentos procesados en Campeche, México. *Conciencia Tecnológica*, (63), 7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8746289>
- Wu, T. C., Chen, L. K., Pan, W. H., Tang, R. bin, Hwang, S. J., Wu, L., Eugene James, F., y Chen, P. H.** (2011). Constipation in Taiwan elementary school students: A nationwide survey. *Journal of the Chinese Medical Association*, 74(2), 57–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JCMA.2011.01.012>

El cerebro que necesitamos

The brain we need

Samantha Toledo Mesa¹, José Eduardo Reynoso Cruz², Iliana Tamara Cibrián Llanderal^{2*}

¹ Doctorado en Neuroetología, Institución de Neuroetología, Universidad Veracruzana.

² Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.

Recibido: 5 de enero de 2023

Aceptado: 7 de febrero de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

Por años, el cerebro humano se ha dedicado a estudiarse, tanto a sí mismo como a los cerebros de otras especies con el objetivo de comprender cómo está organizado. Resulta pertinente que los docentes reflexionen con sus estudiantes sobre el papel que cada ser vivo representa en cada hábitat, además de identificar que cada uno cumple diferentes funciones y cuentan con habilidades, estructuras y formas que los hacen únicos. Es necesario generar interés en las aulas por el conocimiento a profundidad de los seres vivos, analizando los procesos de respuesta cognitiva y conductual de diferentes especies como perros, gatos, pollos, conejos, etc. ante diferentes estímulos identificando formas de pensar y/o actuar, relacionándolo con el ser humano. Este texto busca, aclarar que las diferencias cerebrales no se deben emplear para denotar superioridad, es más, lo adecuado sería partir del supuesto de que cada especie posee el cerebro que necesita. Así, bajo esta lógica, es más acertado catalogarnos como una especie diferente a las demás, dejando de lado etiquetas que den señal de alguna superioridad humana e inferioridad de otros animales. En especial las diferencias deberían de tomarse como punto de partida para preguntarnos ¿Qué hace a nuestro cerebro diferente? Y tal vez algunas respuestas a esta pregunta nos permitan conocer un poco sobre ¿Qué nos hace ser humanos?

PALABRAS CLAVE: cerebro, evolución, cociente de encefalización, corteza prefrontal

*Autor de correspondencia: Instituto de Neuroetología, Av. Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Animas, C.P. 91190, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. Correo: icibrian@uv.mx icibrian@uv.mx

ABSTRACT

For years, people have devoted themselves to studying the human brain and the brains of other species to understand how it is organized. It is important for teachers to think with their students about the role that each living thing plays in each habitat, and furthermore, to recognize that each living thing performs different functions and has abilities, structures, and forms that make it unique. It is necessary to stimulate interest in classrooms for a deeper knowledge of living things, to analyze the cognitive and behavioral response processes of different species such as dogs, cats, chickens, rabbits, etc. in the face of different stimuli, to identify ways of thinking and/or acting, and to relate them to humans. The purpose of this text is to illustrate that brain differences should not be taken as superiority, but that it would be appropriate to start from the assumption that each species has the brain it needs. According to this logic, then, it is more accurate to classify ourselves as a different species from the others and to leave aside the labels that indicate human superiority and the inferiority of the other animals. In particular, the differences should be taken as a starting point to ask ourselves what makes our brain different? And perhaps some answers to this question will allow us to learn a little about what makes us human?

KEYWORDS: brain, evolution, encephalization quotient, prefrontal cortex.

INTRODUCCIÓN

La innovación en educación significa resolver un problema real de una manera nueva y sencilla para promover un aprendizaje equitativo. La innovación en educación hace coincidir la escala de la solución con la escala del desafío. La innovación educativa es una logro y capacidad humana que no sería posible sin nuestro sistema nervioso, el cual llamamos comúnmente cerebro. Nuestro cerebro es la base de toda nuestra inteligencia, pensamientos, memorias, personalidad, sentimientos, en fin, de todo aquello que nos hace ser las personas que somos, y es la base de las habilidades necesarias para la educación, el desarrollo de tecnología, al igual que de nuestras creaciones artísticas.

DESARROLLO

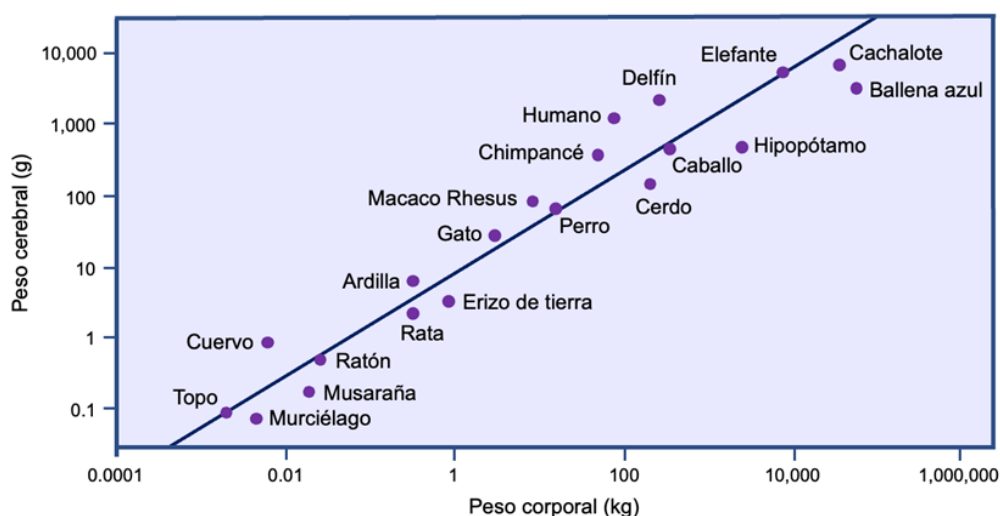
Para comenzar a entender a los diferentes cerebros debemos partir desde una perspectiva evolutiva. La evolución es definida por la Sociedad Chilena de Evolución (SOCEVOL, 2022) como un proceso de cambios acumulados que tienen como resultado la aparición de características particulares en los organismos, las cuales

les permiten adaptarse a su entorno. Por ejemplo, los búhos y los gatos son capaces de ver en la oscuridad, habilidad que aprovechan para poder cazar por la noche; las aves y algunos insectos poseen alas, lo que les permite volar y desplazarse a grandes distancias en tiempos cortos. Todas estas características son producto de años y años de cambios que se han acumulado, en algunos casos rápidamente, mientras que en otros el proceso ha sido más lento. En este sentido el cerebro humano y el de otras especies animales poseen características particulares que son el resultado de la evolución y responden a las exigencias y necesidades que enfrentan en su hábitat, pero conservando aún múltiples características en común. Algo que ha impactado a los científicos desde las primeras investigaciones es el tamaño que tiene nuestro cerebro al compararlo con el cerebro de otros. Para que esta comparación sea justa y tenga sentido no se toma en cuenta el peso total de toda la masa cerebral, ya que el tamaño del cerebro está relacionado con el tamaño del cuerpo, por lo que animales de mayores tamaños tienen cerebros proporcionalmente más grandes. Para evitar este problema Harry Jerison propuso una medida que se calcula a partir del peso total del animal y el peso de su cerebro, el número que se obtiene es llamado coeficiente o índice de encefalización (Peña Herrera Aguirre et al., 2017).

Este coeficiente de encefalización determina si el tamaño del cerebro es el esperado, dado el tamaño corporal de cada especie. La Figura 1 muestra la distribución de los coeficientes de encefalización calculados para diferentes especies. Es importante destacar que los puntos que caen en la línea indican que el peso cerebral es acorde a su peso corporal, mientras que un punto por debajo de la línea indicaría un cerebro de menor peso al esperado debido al peso de su cuerpo. De manera inversa los puntos por arriba de la línea indican que el peso del cerebro es mayor a lo esperado por el peso del cuerpo.

FIGURA 1.

Coeficiente de encefalización de diferentes especies



NOTA: La línea indica la tendencia general del cerebro a aumentar de peso en relación con el tamaño del cuerpo. Los puntos representan los índices calculados para diferentes especies de animales (Basado en van Dongen, 1998).

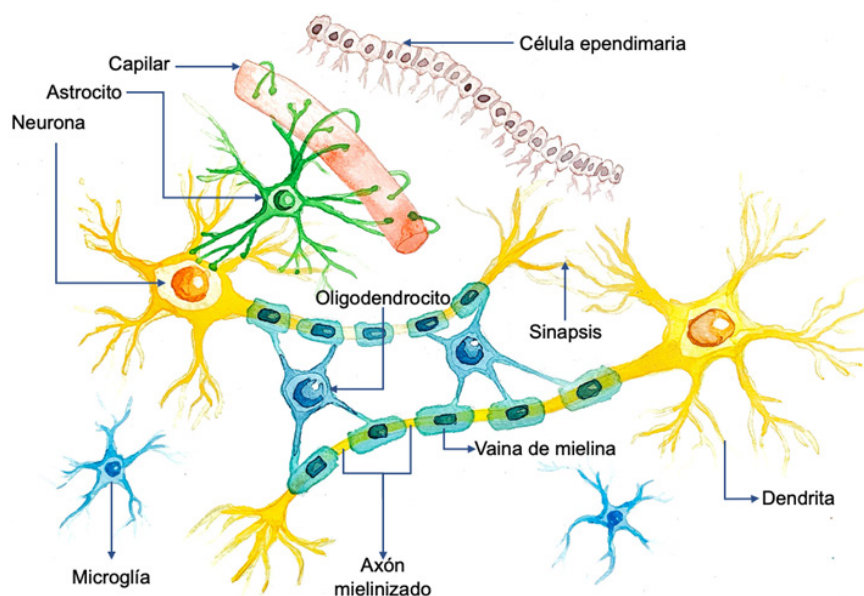
La grafica muestra claramente que el peso del cerebro humano (el cual pesa 1.5 kg aproximadamente) se encuentra por encima de lo esperado para su peso corporal, dicho coeficiente contrasta con el que poseen los ratones, los hipopótamos y las ballenas los cuales cuentan con coeficientes de encefalización por debajo de lo esperado dado su peso corporal. Los humanos no son los únicos con cerebros relativamente pesados, en esta lista también podemos incluir otros primates, como los chimpancés, los delfines y aves como los cuervos, por mencionar solo algunos ejemplos. Por muchos años consideramos que el tener un cerebro más pesado implicaba una mayor capacidad para procesar información del ambiente, de tal forma que los humanos, al igual que los animales con coeficiente por arriba de lo esperado, deberían ser capaces de realizar más tareas al mismo tiempo o solucionar los problemas de su entorno en menor tiempo. Estas interpretaciones llevaron a muchas personas a suponer que animales con coeficientes de encefalización por debajo de lo esperado se encontraban en desventaja.

Ahora sabemos que esto no ocurre así y para entenderlo debemos saber cómo está organizado y cómo funciona el cerebro. Todos los cerebros están constituidos por dos tipos de células especializadas llamadas neuronas y neuroglías (Figura 2). Ambas células cumplen funciones diferentes, siendo las neuronas las encargadas de procesar y transmitir información a través de un proceso llamado sinapsis. Por su parte las neuroglías facilitan el trabajo de las neuronas creando condiciones para la sinapsis, nutriéndolas, eliminando desechos y residuos, además de realizar procesos de defensa biológica (Portellano, 2005).

Estas células nerviosas se organizan en capas, que llamamos cortezas cerebrales y en algunas de estas cortezas se forman áreas o regiones con funciones particulares. Las áreas a su vez se comunican con otras por medio de redes de interacción, lo que da como resultados la conducta de los animales y les permite satisfacer las necesidades propias de cada especie.

FIGURA 2

Coeficiente de encefalización de diferentes especies



NOTA: La ilustración muestra en amarillo a las neuronas, mientras que los diferentes tipos de neuroglías aparecen en otros colores (azul, verde y rosa). Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

Estas células pueden presentar diferencias y no necesariamente un cerebro con un índice de encefalización por debajo de lo esperado tiene una menor cantidad de células (Herculano-Houzel, 2014). Cerebros de menor peso, pueden tener células nerviosas más pequeñas, lo que permite hacer un uso eficiente del espacio. Un ejemplo de este fenómeno lo encontramos en uno de los animales de compañía más comunes, el gato doméstico, el cual posee aproximadamente la misma cantidad de neuronas en su cerebro que a su vez, es 10 veces más liviano que el cerebro de un oso negro (Jardim-Messeder et al, 2017). Los cerebros livianos pueden optar por aumentar la cantidad de sinapsis si no son capaces de contar con células nerviosas más pequeñas. Esta estrategia aumenta la comunicación en un área y mejora sustancialmente las funciones cognitivas a las que está asociada (Harris y Littleton, 2015).

Además de resolver el problema del peso con estas estrategias, los cerebros también pueden organizarse en áreas especializadas con funciones específicas,

las cuales están íntimamente ligadas al ambiente y las necesidades de cada especie. Para ejemplificar esto pensemos en un caso hipotético de las actividades que debemos realizar en un día en la escuela. Imaginemos que necesitamos despertarnos temprano, preparar nuestra mochila, llevar nuestro lunch, llegar a tiempo a nuestras clases y al salir, preparar la tarea para el día siguiente. Para poder ejecutar este itinerario en tiempo y forma dos funciones son esenciales, la planeación y el monitoreo, de nuestros comportamientos (Takeuchi et al., 2013). La región a cargo de estas funciones es la corteza prefrontal (CPF), la cual se ubica en la parte más superficial de nuestro cerebro hacia nuestra frente y arriba de nuestros ojos (lóbulo frontal). Esta ocupa casi una tercera parte de nuestra corteza cerebral, como se muestra en la Figura 3A y 3B. Esta región cerebral es responsable de los procesos cognitivos más complejos en nosotros, las llamadas meta funciones (metamemoria, comprensión del sentido figurado, actitud abstracta), funciones ejecutivas, memoria de trabajo e incluso funciones básicas (control inhibitorio, seguimiento de reglas y procesamiento riesgo-beneficio).

FIGURA 3
Corteza prefrontal



NOTA: Vista lateral marcando en color azul la ubicación de la corteza prefrontal. B) Plano sagital que muestra la parte interna del cerebro. En azul se aprecia la corteza prefrontal. Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

La CPF también integra la información que recibe de nuestros sentidos, regula nuestras emociones, la producción de hormonas, además de nuestros movimientos, en pocas palabras, es fundamental para gestionar toda la información que nosotros

percibimos del medio, por lo que es considerada un área de asociación multimodal. Pero no solo se encarga de recibir, también envía información a regiones relacionadas con el procesamiento de estímulos, siendo también la que da la indicación de atender de forma selectiva a un estímulo o evento de interés (Ustárroz et al., 2012). Hasta aquí nuestra descripción podría implicar que la CPF es exclusivamente humana, sin embargo, diversos estudios anatómicos, sobre el tipo de células y de la conectividad de esta área, nos ha permitido identificar la presencia de CPFs en diferentes especies de mamíferos, lo que ha llevado a los investigadores a considerarla como una estructura presente, probablemente, en todos los mamíferos (Kolb, 2010). Sin embargo, una comparación del tamaño de esta área en nuestros parientes más cercanos, los primates, ha mostrado que la CPF humana tiene un tamaño relativo mayor (Donahue et al., 2018). Esto de nuevo no implica que las habilidades que dependen de la CPF sean mejores en los humanos, la única implicación es que las CPF de otros animales requieren ese tamaño para desplegar las habilidades cognitivas necesarias para las exigencias en el entorno natural de cada especie (Barton & Venditti, 2013).

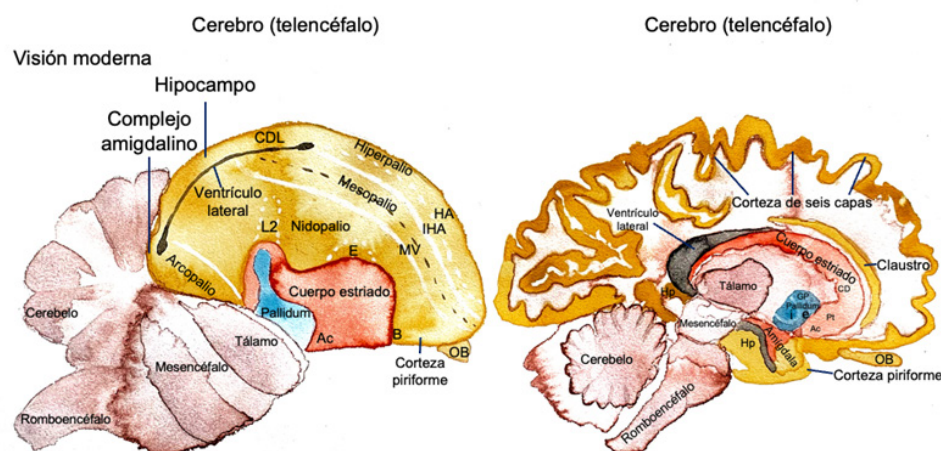
Otros animales muestran organizaciones cerebrales diferentes a la de los mamíferos, pero esta extraordinaria organización es capaz de realizar las mismas funciones que observamos en los cerebros de mamíferos. Ejemplos de organizaciones cerebrales diferentes a la humana, los podemos observar en las aves; los estudios en los cerebros de este grupo de animales nos han demostrado que las aves son capaces de proezas conductuales y cognitivas que durante muchos años consideramos exclusivamente humanas (Emery, 2006). A diferencia de los mamíferos las aves no poseen cortezas, sin embargo, su cerebro cuenta con estructuras denominadas palios, las cuales realizan las mismas funciones que observamos en las cortezas de mamíferos (Nomura & Izawa, 2017). A este fenómeno, lo denominamos analogía evolutiva y se refiere a regiones anatómicas en dos especies que tienen la misma función, pero cuyo origen no es el mismo. Los mamíferos y las aves no tienen un origen evolutivo común cercano, de hecho, el pariente más cercano entre aves y mamíferos se extinguió hace ya varios millones de años, por lo que no podemos considerar que la raíz de la organización cerebral de las aves y los mamíferos tenga un origen común, es más probable que la organización de ambos cerebros sea similar dado que los problemas que enfrentaron fueron y son similares (Roth, 2015).

Dentro de los palios de las aves el Nidopalio Caudolateral (NCL) es considerado como la región análoga a la CPF de los mamíferos, ya que su organización celular, conectividad y las funciones en las que participa son similares a las de la CPF

(Güntürkün, 2005; Striedter, 2013). Las aves al igual que los mamíferos, son capaces de expresar funciones cognitivas complejas, las cuales se han relacionado con el NCL, incluso algunas especies de aves son capaces de realizar una de las actividades más sorprendentes del mundo animal, usar herramientas (Striedter, 2013).

FIGURA 4.

Formas de los cerebros de aves y humanos.



NOTA: En color amarillo se muestra la corteza cerebral y los palios de las aves. En rojo se muestra el NCL (Basado en Jarvis, 2009). Ilustración en acuarela cortesía de José de Jesús Dorantes Badillo.

El uso de herramientas es una actividad cognitivamente compleja, ya que se le considera una conducta dirigida a cumplir una meta, para ello se requieren de funciones y procesos como: Control motriz fino, capacidad de planeación y flexibilidad conductual (Vaesen, 2012).

Dados estos requisitos son pocas las especies animales, además de los humanos, capaces de fabricar y usar de forma diestra diferentes objetos como herramientas. En los primates existen ejemplos de chimpancés usando ramas para extraer termitas de sus nidos o monos capuchinos usando rocas para poder extraer nueces de su cubierta rígida (Figura 5A).

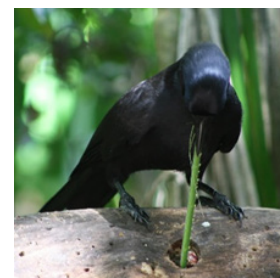
En el caso de las aves, los cuervos de nueva caledonia son capaces de fabricar ganchos largos que pueden emplear para extraer larvas dentro de troncos (Figura 5B) o cakatúas capaces de astillar pedazos de madera y usarlos como una extensión de su cuerpo para acercar comida a sus encierros (Figura 5C).

Varios estudios en primates y humanos han mostrado la participación de la CPF en el uso de herramientas, que van desde el control motriz, la organización

de una secuencia de movimientos, planeación, etc. Desafortunadamente no hay evidencia directa sobre la forma en que trabaja en cerebro de las aves para hacer uso eficiente de herramientas, debido a que las técnicas empleadas para este tipo de estudios implicarían sacrificar a ejemplares, lo cual está prohibido ya que cuentan con protección al ser una especie amenazada por las actividades humanas en su hábitat natural. Lo que si conocemos es que el cerebro de animales capaces de usar herramientas presenta CPF de mayores tamaños, algo que se ha observado en los cerebros de las aves que usan herramientas (Striedter, 2013).

FIGURA 5.

Uso de herramientas en diferentes especies animales



NOTA: A) Monos capuchino ([Fotografía por Monique Bastos), B) Cuervo de Nueva Caledonia ([Fotografía por Mick Sibley) y C) Cacatúa blanca (Fotografía por Goffin Lab, University of Veterinary Medicine Vienna).

Otra capacidad bastante compleja que creíamos única de los seres humanos es la planeación a futuro, sin embargo, actualmente se conocen a aves de la familia de los cuervos que poseen una memoria episódica que les permite recordar dónde, cuándo y que tipo de alimento han almacenado para consumirlo más adelante. Pero no solo eso, esta capacidad también les permite dar prioridad a los alimentos que escondieron tomando en cuenta cuándo se echarán a perder y por lo tanto dejarán de ser comestibles, esta habilidad que han desarrollado les permite planear desde un futuro inmediato, de horas a días, como uno a largo plazo, considerando el cambio estacional.

Así mismo, esta especie previene el riesgo de que otros roben lo que ha ocultado seleccionando lugares que disminuyan la probabilidad de que sea encontrado fácilmente y se ha reportado que esto solo lo hacen cuando notan que están siendo observados (Clayton et al., 2003).

La CPF en los humanos también participa en otras actividades complejas, como el lenguaje, estudios recientes han demostrado que diversas regiones de la CPF participan en su comprensión, particularmente en la del lenguaje figurado (Jiang, 2018). De forma análoga en las aves cantoras, diversas regiones del palio participan en la ejecución del canto y en su aprendizaje, una de las cuales es el NCL (Harding, 2004).

Además de compartir diferentes áreas y funciones, los cerebros de los humanos y las aves comparten estrategias de desarrollo similares. Los humanos nacemos con un cerebro de menor tamaño y con conexiones muy elementales, por lo que una gran parte del desarrollo ocurre después del nacimiento, se especializa en la adolescencia y se extiende hasta los primeros años de la adultez humana (20 a 25 años), todas esas conexiones serán necesarias para el desempeño escolar. La CPF es la última región en desarrollarse, por lo que las funciones cognitivas asociadas a ella también se desplegarán a su total capacidad en la adultez temprana (Rivkin, 2000).

En las aves observamos patrones de desarrollo del cerebro similares, principalmente en aves con vidas largas y con altos niveles de sociabilidad, donde los palios son los últimos en desarrollarse. Particularmente en el caso de las aves cantoras las áreas encargadas del procesamiento auditivo y la producción del canto se establecen completamente en la adultez, lo que correlaciona también con la madurez sexual (Harding, 2004).

Siguiendo esta línea podemos mencionar que incluso en los peces, se han reportado regiones en su cerebro que realizan funciones similares a las encontradas en el cerebro humano. Los peces poseen una región análoga al hipocampo humano, la cual es el palio telencefálico lateral. Esta área participa en el aprendizaje espacial y la memoria, las cuales son capacidades primordiales para el ámbito escolar. Así mismo otra región, el palio medial, es análoga a nuestra amígdala, lo que implicaría que son regiones de procesamiento emocional. En este sentido los paralelismos hallados nos sugieren que estos sistemas cognitivos podrían haber aparecido temprano durante la evolución de los vertebrados, conservándose a través de la historia evolutiva (Salas et al., 2006).

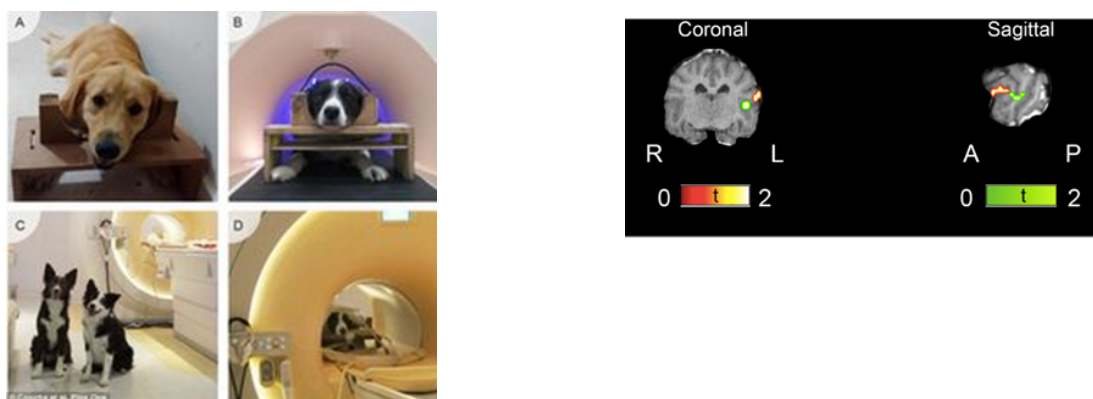
Dado que el desarrollo es importante para que algunas funciones cognitivas alcancen su madurez, los investigadores han planteado que la interacción con los conspecíficos es importante en el desarrollo del cerebro, pero también abre la pregunta ¿Qué pasa con el cerebro de animales que tienen poca interacción con sus congéneres, como nuestras mascotas? A diferencia de las especies silvestres, muchas mascotas conviven muy poco con sus conespecíficos, particularmente los perros pueden llegar a convivir entre dos a seis meses con su madre y los miembros de su camada, después de esto la interacción con los humanos, es más alta y en ocasiones es la única especie con la que cohabitan.

Dadas estas condiciones de crianza, la historia de domesticación y la cruce selectiva para realizar diferentes trabajos, los investigadores se han interesado en conocer si el cerebro de los perros responde diferencialmente a nosotros. Mucho del interés en conocer el cerebro de los perros, comenzó con estudios que mostraban que los perros siguen señales de los humanos, algo que los primates no pueden lograr sin ser entrenados extensivamente (Kirchhofer et al., 2012). Otra evidencia viene de los estudios sobre aprendizaje de nombres de objetos, particularmente los border collies pueden adjudicar un nuevo nombre que nunca habían oído a un objeto nuevo con el que jamás habían interactuado, un proceso llamado aprendizaje por exclusión el cual se consideró por muchos años una habilidad exclusiva de los humanos (Markman, y Abelev, 2004) Investigar el cerebro de los perros en acción impone un gran reto técnico, ¿cómo medimos la actividad de sus cerebros en tiempo real? En los humanos empleamos un dispositivo llamado resonador magnético, para obtener evidencia en tercera dimensión de nuestro cerebro. A este aparato podemos agregarle una computadora u otros dispositivos que permitan estimular el cerebro para medir el flujo sanguíneo y así poder determinar las áreas que trabajan en diferentes tareas cognitivas (Morrison y Knowlton, 2012). Para hacer esto con los perros es necesario entrenarlos previamente a entrar el resonador y que se mantengan tranquilos, además del entrenamiento necesario para presentar estímulos sin que esto altere su posición en el resonador (Figura 6A).

Estudios mediante resonancia magnética funcional han mostrado que los perros poseen áreas específicas para el procesamiento de caras de perros (ACP) y caras de humanos (ACH). Estas áreas se localizan en su lóbulo temporal izquierdo y son equivalentes a áreas del cerebro humano encargadas del reconocimiento de rostros también; ACP sería el equivalente anatómico del giro temporal superior, mientras que el ACH sería equivalente al área fusiforme humana (Figura 6B; Thompkins et al., 2018).

FIGURA 6.

Perros en estudios neurocientíficos.



NOTA: A) perros entrenados para permanecer en un resonador magnético (modificado de Cuayá et al., 2016) y B) áreas que procesan información de rostros (Rojo a perros y verde a humanos, modificado de Thompkins et al., 2018).

Un estudio reciente muestra que los perros son capaces de distinguir, si los sonidos producidos por los humanos son palabras, ya que la corteza auditiva se activa ante la presencia de palabras y no ante vocalizaciones y sonidos humanos. Un descubrimiento muy interesante de este estudio fue que los perros además son capaces de reconocer si las palabras emitidas pertenecen a diferentes idiomas ya que la actividad en la corteza auditiva secundaria y el giro precentral fue diferente ante un idioma conocido y uno desconocido (Cuaya et al., 2022),

por lo que el procesamiento de lenguaje se encuentra un equivalente con el área de Wernicke en humanos, la cual se encarga de las asociaciones lingüísticas. La conducta prosocial, es otra habilidad que se ha estudiado en perros, pues también presentan comportamientos empáticos como puede ser el contagio emocional hacia nosotros los humanos, lo que lo lleva a desplegar una respuesta ante el llanto de bebés humanos (Yong y Ruffman, 2014).

En este sentido, la continuidad evolutiva sugiere que el circuito de recompensa, el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, que media la respuesta de estrés y los mecanismos de neuronas espejo se han conservado en los cerebros de los mamíferos, un ejemplo de ello se ha reportado por medio de estudios con resonancia magnética funcional donde se demuestra que existen patrones de activación cerebral similares en perros y humanos en circuitos de recompensa al observar a quien tiene un vínculo emocional positivo con ellos (Berns et al., 2012), además, se ha encontrado que la conducta de mirarse a los ojos entre perro-humano aumenta las concentraciones de oxitocina en ambos, la cual es una hormona importante para crear vínculos y por lo tanto apego social (Nagasawa et al, 2015).

Una región cerebral importante para la expresión de conductas sociales y en particular para la expresión de un interés por otro individuo, se llama neuronas espejo. Esta región debe su nombre a que neuronas localizadas en el lóbulo frontal y parietal, se activan al ver a un individuo realizar alguna actividad, como si el individuo observando la actividad la estuviera realizando, provocando que en ocasiones el observador realice la misma acción (Keysers, 2009), lo cual es la base de cómo entendemos la conducta de otros seres humanos, lo que hacemos es simularla en nuestro cerebro, activando las mismas áreas cerebrales cómo si la estuviéramos realizando cuándo sólo la observamos.

Las neuronas espejo juegan un papel importante en procesos como la empatía, la cual es la capacidad de ponerse en el lugar del otro. En los perros no está confirmada, sin embargo, se ha reportado en ellos el contagio del bostezo, un comportamiento que inicia cuando observan a su dueño bostezar (Joly-Mascheroni et al., 2008), dicha conducta estaría bajo el control de las neuronas espejo por lo que sería una demostración indirecta de su presencia en los perros. Que los animales tengan cerebros similares también tiene sus desventajas, sobre todo cuando el cerebro no funciona correctamente como consecuencia de una enfermedad neurodegenerativa o por una lesión. En ambos casos los trastornos y disfunciones observados también serán similares a los que observamos en los humanos. Un ejemplo de estas condiciones es el Síndrome de Disfunción Cognitiva (SDC), una enfermedad neurodegenerativa que se presenta principalmente en ejemplares geriátricos y cuyo equivalente humano es la enfermedad de Alzheimer. Perros y gatos viejos diagnosticados con esta condición muestran una reducción de su lóbulo temporal, el ensanchamiento de los ventrículos cerebrales, pérdida y daño en las neuronas; y en algunos casos microhemorragias cerebrales (Landsberg et al., 2012).

Estos daños en el cerebro no son letales, pero incapacitan a los ejemplares. Los perros y gatos con SDC muestran desorientación, cambios de conducta repentinos y en algunos casos agresión a su dueños y conocidos (como si estos fueran unos desconocidos para ellos). Otros signos clínicos incluyen la disminución de sus capacidades de memoria, su capacidad de aprendizaje, atención y orientación (Landsberg et al., 2012).

Por su parte las lesiones en la CPF pueden generar diferentes cambios y disfunciones cognitivas. Elkhonon Goldberg describió el caso de un hombre que a sus 27 años sufrió una lesión en la cabeza producto de un golpe con un tren. La lesión requirió una cirugía donde se removieron parte de sus lóbulos frontales. Goldberg explica que el paciente presentó movimientos lentos y daba la sensación de que era necesaria una fuerza externa para ponerlo en acción, detenerlo o cambiar su curso. El paciente ignoraba instrucciones y solo llevaba a cabo una actividad si se le ayudaba con un “empujón”, tomándole la mano o iniciando con él la tarea (Goldberg, 2004).

Otra característica de este paciente era su llamada “inercia inversa”, la cual se manifestaba en una tarea en la que se le pidió recordar un par de párrafos de un cuento para posteriormente contarlos, lo curioso es que al relatar la historia él no veía final y continuaba el relato inventando más y más detalles, a pesar de la indicación de detenerse.

Estudios en macacos que han sufrido una lesión de la CPF muestran conductas similares a las expresadas por el paciente de Goldberg. Los macacos eran incapaces de aprender una secuencia de comportamientos, de abstraer información de un estímulo, además de tener afectaciones generales en la atención, la memoria y el autocontrol (Moore et al., 2009). En roedores, también existen reportes sobre lesiones en corteza prefrontal medial e hipocampo que producen un deterioro significativo en el desempeño de la memoria de trabajo (Yoon et al., 2008).

CONCLUSIONES

En conclusión, el cerebro es una estructura compleja encargada del correcto funcionamiento cognitivo en los humanos y en otros animales. Cada especie muestra características particulares, como el tamaño, el tipo de organización de sus células y la cantidad de conexiones que establecen. Dicha arquitectura anatómica y funcionales un reflejo y una adaptación de las necesidades de cada especie. Juzgar a los animales por estas características es ilógico, ya que incluso cerebros de pequeños, como el cerebro de los cuervos, son capaces de proezas cognitivas extraordinarias como el uso de herramientas. Entender que los animales, incluidos nosotros los humanos, poseemos el cerebro que necesitamos, debe servirnos para valorar el papel que juega el cerebro y debería motivarnos a cuidarlo, para extender su correcto funcionamiento por el mayor tiempo posible. El compartir tantas características con otros animales, ha sido ventajoso para nosotros y nuestro interés por conocer al sistema nervioso. Estas similitudes son la base para todos nuestros desarrollos clínicos. Comprender que poseemos el cerebro que necesitamos nos debe hacer más humildes, ya que nos hace entender que todos los organismos son únicos y extraordinarios, por lo que cualquier diferencia solo debe ser usada para eso, diferenciarnos, y no para ordenarnos en una escala arbitraria, donde injustificadamente nos hemos colocado en el primer puesto. Estamos en el momento justo para cambiar nuestras actitudes, y mejorar nuestro futuro conviviendo de formas más éticas con todos los seres que nos rodean.

REFERENCIAS

- Barton, R. A., y Venditti, C.** (2013). Human frontal lobes are not relatively large. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(22), 9001–9006. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1215723110>
- Berns, G. S., Brooks, A. M., y Spivak, M.** (2012). Functional MRI in Awake Unrestrained Dogs. *PLoS ONE*, 7(5), e38027. DOI: [doi:10.1371/journal.pone.0038027](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038027)

- Brenowitz, E. A., y Larson, T. A.** (2015). Neurogenesis in the Adult Avian Song-Control System. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(6), a019000. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a019000>
- Clayton, N. S., Bussey, T. J., y Dickinson, A.** (2003). Can animals recall the past and plan for the future? *Nature Reviews Neuroscience*, 4(8), 685–691. DOI: [doi:10.1038/nrn1180](https://doi.org/10.1038/nrn1180)
- Cuaya, L. V, Hernández-Pérez, R., Boros, M., Deme, A., & Andics, A.** (2022). Speech naturalness detection and language representation in the dog brain. *NeuroImage*, 248(October 2021), 118811. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118811>
- Donahue, C. J., Glasser, M. F., Preuss, T. M., Rilling, J. K., y Van Essen, D. C.** (2018). Quantitative assessment of prefrontal cortex in humans relative to nonhuman primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(22), E5183–E5192. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1721653115>
- Emery, N. J.** (2006). Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1465), 23–43. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1736>
- Goldberg, E.** (2004). *El cerebro ejecutivo: Los lóbulos frontales y mente civilizada* (2a. ed.). Barcelona: Crítica.
- Güntürkün, O.** (2005). The avian ‘ prefrontal cortex ’ and cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 686–693. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.003>
- Harding, C. F.** (2004). Learning from Bird Brains: How the Study of Songbird Brains Revolutionized Neuroscience. *Lab Animal*, 33(5), 28–33. DOI: <https://doi.org/10.1038/labon0504-28>
- Harris, K. P., y Littleton, J. T.** (2015). Transmission, Development, and Plasticity of Synapses. *Genetics*, 201(2), 345–375. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.115.176529>
- Herculano-Houzel, S.** (2014). The glia/neuron ratio: How it varies uniformly across brain structures and species and what that means for brain physiology and evolution. *Glia*, 62(9), 1377–1391. DOI: <https://doi.org/10.1002/glia.22683>
- Jardim-Messeder, D., Lambert, K., Noctor, S., Pestana, F. M., de Castro Leal, M. E., Bertelsen, M. F., Alagaili, A. N., Mohammad, O. B., Manger, P. R., y Herculano-Houzel, S.** (2017). Dogs have the most neurons, though not the largest brain: Trade-off between body mass and number of neurons in the cerebral cortex of large carnivoran species. *Frontiers in Neuroanatomy*, 11(December), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnana.2017.00118>

- Jarvis, E. D. (2009). Bird Brain: Evolution. In *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 209–215). Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00934-7>
- Jiang, X. (2018). Prefrontal Cortex: Role in Language Communication during Social Interaction. In *Prefrontal Cortex* (Vol. 32, pp. 137–144). InTech. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.79255>
- Joly-Mascheroni, R. M., Senju, A., y Shepherd, A. J. (2008). Dogs catch human yawns. *Biology Letters*, 4(5), 446–448. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0333>
- Keysers, C. (2009). Quick guide mirror neurons. *Current Biology*, 19(21), 971–973. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.08.026>
- Kirchhofer, K. C., Zimmermann, F., Kaminski, J., y Tomasello, M. (2012). Dogs (*Canis familiaris*), but Not Chimpanzees (*Pan troglodytes*), Understand Imperative Pointing. *PLoS ONE*, 7(2), e30913. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030913>
- Kolb, B. (2007). Do all mammals have a prefrontal cortex? In *Evolution of Nervous Systems* (Vol. 3, Issue January 2010, pp. 443–450). <https://doi.org/10.1016/B0-12-370878-8/00081-1>
- Landsberg, G. M., Nichol, J., y Araujo, J. A. (2012). Cognitive Dysfunction Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 42(4), 749–768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.04.003>
- Markman, E. M., y Abelev, M. (2004). Word learning in dogs? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(11), 479–481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.09.007>
- Moore, T. L., Schettler, S. P., Killiany, R. J., Rosene, D. L., y Moss, M. B. (2009). Effects on executive function following damage to the prefrontal cortex in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, 123(2), 231–241. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0014723>
- Morrison, R. G., y Knowlton, B. J. (2012). Neurocognitive Methods in Higher Cognition. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*, May 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.013.0006>
- Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., ... Kikusui, T. (2015). Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds. *Science*, 348(6232), 333–336. DOI: [doi:10.1126/science.1261022](https://doi.org/10.1126/science.1261022)
- Nomura, T., y Izawa, E.-I. (2017). Avian brains: Insights from development, behaviors and evolution. *Development, Growth & Differentiation*, 59(4), 244–257. DOI: <https://doi.org/10.1111/dgd.12362>
- Peña Herrera Aguirre, M., of Menie, M. A., y Fernandes, H. B. F. (2017). Relative Brain Size, Encephalization Quotient. In T. K. Shackelford & V. A. Weekes-

Shackelford (Eds.), *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science* (pp. 1–3). Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_3098-1

- Rivkin, M. J. (2000). Developmental neuroimaging of children using magnetic resonance techniques. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 6(1), 68-80.
- Roth, G. (2015). Convergent evolution of complex brains and high intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1684), 20150049–20150049. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0049>
- Salas, C., Broglio, C., Durán, E., Gómez, A., Ocana, F. M., Jimenez-Moya, F., y Rodríguez, F. (2006). Neuropsychology of learning and memory in teleost fish. *Zebrafish*, 3(2), 157-171. DOI: <https://doi.org/10.1089/zeb.2006.3.157>
- Silva, K., y de Sousa, L. (2011). “Canis empathicus”? A proposal on dogs’ capacity to empathize with humans. *Biology Letters*, 7(4), 489–492. DOI: [doi:10.1098/rsbl.2011.0083](https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0083)
- Smaers, J. B., Gómez-Robles, A., Parks, A. N., y Sherwood, C. C. (2017). Exceptional Evolutionary Expansion of Prefrontal Cortex in Great Apes and Humans. *Current Biology*, 27(5), 714–720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.020>
- Sociedad Chilena de Evolución (14/02/22). ¿Qué es la evolución? <https://www.socevol.cl/?p=90>
- Striedter, G. F. (2013). Bird Brains and Tool Use: Beyond Instrumental Conditioning. *Brain, Behavior and Evolution*, 82(1), 55–67. DOI: <https://doi.org/10.1159/000352003>
- Takeuchi, H., Taki, Y., Sassa, Y., Hashizume, H., Sekiguchi, A., Fukushima, A., y Kawashima, R. (2013). Brain structures associated with executive functions during everyday events in a non-clinical sample. *Brain Structure and Function*, 218(4), 1017–1032. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0444-z>
- Thompkins, A. M., Ramaiahgari, B., Zhao, S., Gotoor, S. S. R., Waggoner, P., Denney, T. S., Deshpande, G., y Katz, J. S. (2018). Separate brain areas for processing human and dog faces as revealed by awake fMRI in dogs (Canis familiaris). *Learning & Behavior*, 46(4), 561–573. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13420-018-0352-z>
- Ustárroz, J. T., Molina, A. G., Lario, P. L., y García, A. V. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*, 87-117.

- Vaesen, K.** (2012). The cognitive bases of human tool use. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(4), 203–218. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X11001452>
- Van Dongen, P. A. M.** (1998). Brain size in vertebrates. In R. Nieuwenhuys, H. J. ten Donkelaar, y C. Nicholson (Eds.), *The central nervous system of vertebrates*, Vol. 3 (pp. 2100–2134). Springer-Verlag.
- Yong, M. H., y Ruffman, T.** (2014). Emotional contagion: Dogs and humans show a similar physiological response to human infant crying. *Behavioural processes*, 108, 155-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.10.006>
- Yoon, T., Okada, J., Jung, M. W., y Kim, J. J.** (2008). Prefrontal cortex and hippocampus subserve different components of working memory in rats. *Learning & memory*, 15(3), 97-105. DOI: [doi:10.1101/lm.850808](https://doi.org/10.1101/lm.850808)

Alimentos cerebrales: una forma de innovar las prácticas educativas y alimentarias

Brain foods: One way to innovate educational and nourishing practices

Grecia Herrera Meza^{12*}, María Leonor López Meraz³, Sandra Verónica Melo Rodríguez¹, Rafael Jaime Méndez¹

¹ Benemérita Escuela Normal Veracruzana, "Enrique C. Rébsamen"

² Instituto Interdisciplinario de Investigaciones, Universidad de Xalapa.

³ Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana

Recibido: 8 de febrero de 2023

Aceptado: 2 de marzo de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

¿Qué elementos deberíamos considerar los docentes para desarrollar prácticas innovadoras en cerebros de estudiantes en formación? Prácticas alimentarias (a base de omega-3) que incidan en la estructura cerebral y un desarrollo óptimo de funciones cognitivas y emocionales, sumadas a experiencias enriquecedoras que generen plasticidad cerebral. Estos son algunos de los elementos que, desde las neurociencias, dan sentido a la labor del docente, pues es él quien, de manera intencionada, desde su práctica reflexiva incide en el aula para la generación de aprendizajes, emociones, cultura, costumbres e ideologías. En este artículo damos cuenta de algunos efectos positivos y adversos en el consumo de DHA (ácido graso del Omega-3) vinculado a funciones primordiales en la educación, y nuestras vidas, como lo son: la atención y memoria, así como también a la propiedad que tiene el cerebro para ser moldeado por su contexto, condición alentadora que coloca al docente como facilitador de ambientes enriquecidos y un modelador de cerebros en desarrollo.

PALABRAS CLAVE: innovación educativa, plasticidad cerebral Omega-3, DHA.

ABSTRACT

What elements should teachers consider to develop innovative practices in the brains of students? Food practices (based on Omega-3) that influence brain structure, and an optimal development of cognitive and emotional functions, added to enriching experiences that generate brain plasticity. These are some of the elements that,

*Autor de correspondencia: Benemérita Escuela Normal Veracruzana, "Enrique C. Rébsamen", Av, Xalapa s/n col, Unidad Magisterial, Xalapa, Ver. México. Correo: greehem@gmail.com

according to neurosciences, give meaning to teacher's work. Through intentional reflective practices it is the teacher who influences the classroom to generate learning, emotions, culture, traditions, and ideologies. This article reports some positive and adverse effects of DHA (Omega-3 fatty acid) consumption linked to essential functions in education, and our lives, such as: attention and memory, as well as the brain's property to be shaped by its context, an encouraging condition that places a teacher as a facilitator of enriched environments and a modeler of developing brains.

KEYWORDS: educational innovation, brain plasticity Omega-3, DHA.

INTRODUCCIÓN

Si partimos de la concepción de innovación educativa “como una serie de intervenciones, decisiones y procesos, con cierto grado de intencionalidad y sistematización, que tratan de modificar actitudes, ideas, culturas, contenidos, modelos y prácticas pedagógicas” (Carbonell, 2013, p. 17), otorgamos al docente un papel protagónico (y clave) a su quehacer, pues en el aula es el responsable de generar estos cambios de manera intencionada. Para ello, es preciso centrarse en lo que requiere atención, las necesidades de los estudiantes, así como, comprender la magnitud de la situación en cuestión y cómo esta influyen en los aprendizajes del estudiantado (Fullan, 1992), nada más ni nada menos, para así desarrollar estrategias focalizadas. Desde estas “sentencias”, sí y solo sí, es posible que el docente dé respuestas acertadas a los requerimientos contextuales a los que diariamente se enfrenta en el aula. Para tal efecto, es preciso reflexionar de manera sistemática su práctica docente y saber que, de manera consiente e intencionada establece condiciones en el aula que brindan experiencias las cuales, generan en todo momento cambios en el cerebro del estudiantado.

¿ACCIONES EN EL AULA QUE MODIFICAN EL CEREBRO DEL ALUMNADO? Pues sí.

El cerebro cambia constantemente, se modifica a sí mismo, y es modificado por el contexto debido a la propiedad denominada plasticidad cerebral, la cual tiene principios que los docentes debemos conocer y reflexionar desde nuestras prácticas para incidir en las intervenciones pedagógicas.

La neuroplasticidad, representa la capacidad del sistema nervioso de cambiar su reactividad como resultado de activaciones sucesivas (Just y Varma, 2007) en respuesta frente a cambios internos o externos y obedece a modificaciones reorganizacionales en nuestra percepción y cognición (Phillips y Wilson,

2010). Es así como la neuroplasticidad representa uno de los sustratos que dan soporte a procesos de gran complejidad, como lo son las funciones cognitivas superiores (Seelbach, 2012) tales como: la planificación y organización, la fluidez y flexibilidad mental, los procesos atencionales y de memoria, los de monitoreo y control inhibitorio, la cognición social, el sentido figurado, entre otras. Así que, al realizar actividades vinculadas a procesos mentales de orden superior como las habilidades cognitivas y metacognitivas con nuestros estudiantes, modificamos las conexiones neuronales en su corteza cerebral, en el cuerpo o soma de las neuronas, en sus prolongaciones, ya sea en las dendritas o en los axones, produciéndose como una consecuencia de la ejercitación de dichas habilidades, un incremento en la calidad de la cognición en ellos. Es preciso tener en cuenta que, cada experiencia de aprendizaje genera en el cerebro una modificación en su estructura y función, y sobre todo que, conservamos esta capacidad plástica durante toda la vida (Jurado, 2016). Por lo tanto, brindar experiencias de aprendizaje y prácticas saludables para el buen funcionamiento cerebral en todos los niveles educativos y a lo largo de nuestra vida es, no sólo necesario sino una obligación. Otro aspecto que como docentes debemos considerar es que, si bien existen áreas cerebrales encargadas de funciones específicas, ningún cerebro es igual a otro, todos y cada uno de los seres humanos tenemos conexiones neurales diferentes que responden a la información genética y a las experiencias tan únicas que cada uno de nosotros posee y ha creado a lo largo de su vida (Rains, 2002). Estas conexiones (denominadas sinapsis) se crean en función de los aprendizajes acumulados, pero también se pueden eliminar debido diversos factores tales como: el debilitamiento de dicha conexión, la falta de fortalecimiento, enfermedades y sustancias químicas como algunas drogas (García, 2021). Desde los argumentos anteriores, el docente tiene la oportunidad de incidir en la plasticidad cerebral del alumnado de manera intencionada en su aula, y es mediante la generación de ambientes estimulantes es que puede intervenir positivamente en los procesos de cognición, en la adquisición de funciones y o en la recuperación de capacidades que pudieran verse afectadas durante el neurodesarrollo o en la maduración de éstas (por ende, en procesos de plasticidad) (Lebeer y Rijke, 2003). Para ello, diversos estudios muestran que, elementos como la estimulación sensorial y física, la alimentación y el sueño son detonantes clave para formar circuitos cerebrales, promover la generación de nuevas neuronas o reducir su pérdida. Razón por la que, los *alimentos cerebrales* y sus prácticas sistemáticas son indispensables.

¿QUÉ SON LOS ALIMENTOS CEREBRALES?

Nuestro tejido cerebral está compuesto entre 50 y 60% por ácidos grasos (entre otros elementos), de los cuales, un 35 % son ácidos grasos omega-3 (Flores, Hernández, Guevara, 2007) que juegan un papel fundamental en la estructura y función del cerebro; sin embargo, a pesar de tan importante información, en la actualidad se ha incrementado el consumo de grasas de baja calidad (cabe hacer notar que la ingesta de grasas ha tendido a descender sobre todo para controlar la obesidad y el colesterol). Aunado a esto, estudios sobre la evolución de las dietas muestran que uno de los principales cambios en nuestros hábitos alimentarios se ha producido principalmente en el tipo y cantidad de ácidos grasos esenciales (“grasas sanas” que nuestro cuerpo no produce y que sólo se obtiene a través de la alimentación) y antioxidantes presentes en los alimentos que escasamente consumimos. Se ha comprobado que los factores genéticos y ambientales determinan la susceptibilidad de un individuo a enfermarse; por lo tanto, la nutrición es un factor ambiental determinante que tiene un gran impacto en nuestros procesos biológicos básicos y en aquellos más complejos. Por ende, un cambio de prácticas alimentarias orientada a un mayor consumo de “grasas sanas” repercutiría en una mejora importante en la salud de niños y adultos.

Los omega-6 y omega-3 son dos de los ácidos grasos poliinsaturados, más abundantes en los mamíferos. Sus precursores son ácidos grasos esenciales (AGE) porque tanto los humanos como otras especies los requieren para su correcto funcionamiento, pero no pueden ser sintetizados en nuestros organismos, sino que se deben adquirir a través de la ingesta de algunos alimentos. Específicamente, los ácidos grasos más importantes que deben estar presentes en nuestra dieta son los de la serie de omega-3: el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el docosahexaenoico (DHA). Por una parte, el EPA es básico para la regulación, ni más ni menos de la funcionalidad cerebral (concretamente en la señal celular y en la irrigación sanguínea), en el óptimo desarrollo cerebral y de la visión, en la síntesis de las prostaglandinas (sustancias parecidas a las hormonas que regulan la presión arterial, la contracción muscular, entre otros), además de que, sí es necesario, puede convertirse con facilidad en DHA (Watson, 2014).

En este artículo, se otorga protagonismo al DHA, ácido graso estructural que forma parte de las membranas celulares, incluidas las membranas neuronales. En el cerebro favorece el aumento de la sinapsis y la transmisión de impulsos nerviosos entre las neuronas, concretamente su suplementación permite obtener una acumulación en diferentes estructuras cerebrales como la corteza frontal, el cerebelo y el hipocampo, así como, favorecer la neuroplasticidad y

la protección neuronal (Valenzuela, Bascuñan, Chamorro, Valenzuela, 2011). Todo lo anterior está directamente implicado en los procesos que, como docentes, son el centro de interés en nuestro hacer. Numerosos estudios en humanos asocian una mayor incorporación de DHA en el tejido cerebral con un incremento en la capacidad de aprendizaje y memorización. De igual forma, en investigaciones realizadas con animales de laboratorio ha sido posible correlacionar la mayor incorporación de DHA en el hipocampo y en la corteza frontal (estructuras cerebrales implicadas en procesos de memoria y cognición, entre otros) con un mejor desempeño en pruebas realizadas como laberintos.

Para el caso de estudios en humanos, diferentes autores han correlacionado los mayores puntajes obtenidos en pruebas de habilidades de aprendizaje en niños de diferentes edades, provenientes de madres que han tenido exclusivamente lactancia natural, o lactancia natural apoyada con fórmulas suplementadas con DHA, o sólo aporte de fórmulas suplementadas con DHA (Gil y Gil, 2004). En este contexto, resultados de la suplementación en modelos animales en ratas gestantes, antes de la etapa gestacional o durante ambos períodos, también muestran una mayor capacidad de aprendizaje y una mejor retención o memorización de la habilidad adquirida en las crías. Y es que hay etapas específicas en el desarrollo donde el DHA se necesita en cantidades significativas: embarazo, lactancia e infancia.

Por ejemplo: para mantener un equilibrio de la cantidad de omega-3 entre el feto y la madre, esta última debe ingerir alrededor de 100 mg/día de estos ácidos grasos durante el último trimestre del embarazo y posteriormente, ya que son administrados a través de la leche materna (Das, 2003).

En concordancia, estudios en humanos y animales indican que la deficiencia de DHA, está vinculada, entre otros factores, a la capacidad de aprendizaje, la concentración y el coeficiente intelectual en los niños y otras alteraciones que no se hacen evidentes hasta llegar a la etapa adulta (Innis, 2008). Se ha demostrado que el DHA no sólo es necesario durante la primera etapa de la vida; por ejemplo, durante el neurodesarrollo y en algunas de sus alteraciones como el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) (que si bien posee una etiología multifactorial), se ha demostrado que hay una deficiencia de ácidos grasos omega-3 (Bloch y Qawasmi, 2011).

En las últimas tres décadas, las enfermedades psiquiátricas como el trastorno bipolar y la depresión, la agresión, y las enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson, han crecido significativamente y la deficiencia de

estos ácidos grasos, se ha relacionado con estos trastornos del comportamiento (Valenzuela, Bascuñan, Valenzuela, Chamorro, 2009). Al respecto, estudios epidemiológicos indican una estrecha asociación entre la incidencia y el desarrollo de estas enfermedades y factores como la edad, actividad física, antecedentes familiares y malas dietas, como la falta o niveles bajos de omega-3 (Shinto, Marracci, Baldauf-Wagner, Strehlow, Yadav, Stuber y Bourdette, 2009).

Además, una disminución en niveles de DHA en la sangre está vinculada con trastornos neurológicos como el deterioro cognitivo (pérdida de funciones tales como la memoria, la atención y el procesamiento de la información), la demencia, migrañas y depresión posparto. Otros estudios proponen que los omega-3 deben usarse como complemento a la atención médica de enfermedades como la depresión, la esquizofrenia, los trastornos bipolares (Su, 2010), la demencia y trastornos prevalentes durante el embarazo y la lactancia, tales como: depresión posparto, trastornos psiquiátricos y demencia (Valenzuela, Bascuñan, Valenzuela y Chamorro, 2009). Incluso otras investigaciones proponen que previenen las enfermedades neurodegenerativas por sus propiedades neuroprotectoras (Porquet, Grinan-Ferre, Ferrer, Camins, Sanfeliu, Del Valle y Pallas, 2014).

¿QUÉ TIENEN EN COMÚN EL DHA Y LAS ALTERACIONES CEREBRALES MENCIONADAS?

Al DHA se le ha atribuido un efecto sobre la modulación de los sistemas dopaminérgicos (Healy-Stoffel y Levant, 2018) y en estas alteraciones del sistema nervioso central (SNC) (depresión, esquizofrenia, trastornos bipolares, TDAH, entre otras) participa la Dopamina (DA), un neurotransmisor implicado en múltiples procesos cognitivos, emocionales y motores. Evidencia experimental en modelos murinos muestra la capacidad del DHA para incidir en la neurotransmisión dopaminérgica (Healy-Stoffel y Levant, 2018).

Por ejemplo, en procesos básicos como atención y memoria y, específicamente, en trastornos del neurodesarrollo como TDAH, donde interviene la DA, causando así en los investigadores un interés por su mecanismo de acción. Además, experimentalmente se ha demostrado la capacidad del DHA para incidir en la neurotransmisión dopaminérgica, reduciendo la transmisión la liberación y el número de receptores D2 en el núcleo acumbens (Zimmer, Delion-Vancassel, Durand, Guilloteau, Bodard, Besnard y Chalon, 2000), así como disminuyendo la densidad vesicular de células DA en el hipocampo (Létondor, Buaud, Vaysse, Richard, Layé, Pallet, y Alfos, 2016) y sobre todo en la corteza frontal, donde se procesan funciones cerebrales de alta complejidad cognitiva, emocional y social, y en otras alteraciones conductuales de tipo motor.

¿EN QUÉ ALIMENTOS PUEDO ENCONTRAR ÁCIDOS OMEGA-3?

Después de conocer algunos riesgos y beneficios para la salud cerebral y su potenciación, los omega-3 deben ser incluidos en nuestra dieta diaria como complemento alimenticio. Las fuentes alimentarias más ricas en omega-3 son:

TABLA 1

Cantidades de Omega-3 en gramos por cada 100 gramos de la fuente alimenticia

Alimentos	g/100g
Aceite de linaza	55.3
Aceite de salmón	35.30
Aceite de hígado de bacalao	19.75
Aceite de arenque	11.86
Nuez	11.50
Soja	7.30
Aceite de soja	7.60
Germen de trigo	5.30
Caviar	3.74
Sardina	3.0

NOTA: Tomado de Herrera y Herrera, 2018.

Otros alimentos que contienen omega-3, aunque en menor cantidad, son: el arenque, pescado del Pacífico, salmón, pescado del Atlántico, anchoa, mantequilla, atún fresco, cangrejo, trucha (arcoíris), el aceite de oliva, aceite de maíz, girasol aceite, queso parmesano, huevo de gallina, tuna, fresa, atún enlatado, leche de vaca (Herrera y Herrera, 2018). Es importante señalar que el DHA y el EPA se encuentra en las capas grasosas de los pescados de agua fría y mariscos; sin embargo, curiosamente el pescado no lo produce de modo natural, sino que, al igual que nosotros, debe obtenerlo de la cadena alimentaria a partir de microorganismos marinos y algas que son la fuente natural de omega-3.

CONCLUSIONES

Si bien se cuenta con evidencia acerca de la influencia de la experiencia y por ende la estimulación que en el aula podemos generar los docentes sobre la plasticidad cerebral, aún en el campo educativo vinculado a las neurociencias tenemos mucho que aportar; pues investigaciones reportan que entre el nacimiento y hasta los 8 años aproximadamente el 80% del “aprendizaje individual” ya ha

ocurrido, y el “aprendizaje social” cobra importancia en edades subsecuentes.

Es preciso reflexionar sobre el aporte de los profesores para generar espacios estimulantes para el desarrollo cognitivo (Sousa, 2014), no sólo en la infancia sino también en nuestros estudiantes en formación. En todas las etapas del desarrollo no debemos perder de vista factores importantes como la nutrición. Es necesario reconocer la trascendencia de innovar dentro de la cotidianeidad de las aulas y no circunscribirla a aspectos cognitivos y emocionales sino también, dirigir nuestra mirada hacia aspectos nutricionales ligados al equilibrio y buen funcionamiento cerebral.

Entonces, cobra importancia una práctica educativa en la que se reconocen los períodos críticos de aprendizaje en función de la interacción con el contexto y con las características particulares de los individuos, las diferencias en el modo de aprender a lo largo de toda la vida y los nutrientes, entre otros. Puesto que el aprendizaje activo es siempre la clave, generar hábitos y activar procesos para reconstruir la información y establecer las relaciones funcionales otorgan flexibilidad a las memorias para generalizar lo aprendido. El hecho de que las prácticas de enseñanza no estén diseñadas considerando el conocimiento que se tiene sobre el cerebro, no quiere decir que esté ausente. Por el contrario, en la educación se hace mucho, aunque se desconozca la trascendencia neural que el diseño y la implementación que prácticas escolares generan, ya que los conocimientos neurocientíficos no necesariamente se contraponen a las teorías de aprendizaje pasadas y actuales. Al respecto, es alentador que la comunidad educativa tome un papel activo en la construcción de puentes de conexión entre la educación y las neurociencias, pues ambas áreas del conocimiento, desde la transdisciplina pueden trabajar en favor un desarrollo integral del estudiantado. Sin embargo, vale la pena preguntarnos si, con la experiencia que como profesores hemos acumulado desde nuestro hacer y con el desarrollo de estrategias para favorecer determinados aprendizajes, ¿nuestras prácticas están siendo suficientemente trascendentes para generar y fortalecer redes neuronales que permitan aprendizajes significativos? ¿qué otros elementos deberíamos considerar para alcanzar prácticas innovadoras en cerebros que procesan de modos diferenciados la información derivada de la plasticidad que generan los estímulos a los que actualmente están expuestos?, estas y otras cuestiones derivadas de las prácticas reflexivas del profesor que innova deben estar presente para la mejora de su docencia, pues ante todo lo expuesto se reconoce la labor docente como un facilitador de ambientes enriquecidos y un modelador de cerebros en desarrollo.

AGRADECIMIENTOS: A la colaboración interinstitucional entre el Instituto de Investigaciones Cerebrales, UV y la Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen” en la divulgación del conocimiento. Al programa de Estancias Posdoctorales Vinculadas a Fortalecimiento de la Calidad de Posgrado (CONACYT) de la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA-ITV).

REFERENCIAS

- Bloch, M. H., y Qawasmi, A.** (2011). Omega-3 fatty acid supplementation for the treatment of children with attention-deficit/hyperactivity disorder symptomatology: systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 50(10), 991-1000. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2011.06.008>
- Carbonell, J.** (2013). La aventura de innovar. *El cambio en la escuela*. España: Morata. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922003000300006&lng=es&nrm=iso
- Das, U. N.** (2003). Long-chain polyunsaturated fatty acids in memory formation and consolidation. *Nutrition*, 19(11/12), 988. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(03\)00174-6](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(03)00174-6)
- Guevara, M. Hernández, M. Arteaga, M.E., Olvera. (Eds.)**(2018). Aproximaciones al estudio de la funcionalidad cerebral y el comportamiento (pp. 509–538). *University of Guadalajara*. <https://www.goodreads.com/book/show/17371790-aproximaciones-al-estudio-de-la-funcionalidad-cerebral-y-el-comportamien>
- Gracia F.** (2021). Juego, plasticidad cerebral y habilidades cognitivas. *Salud y bienestar colectivo*, 5(1), 90-107. <https://revistasaludybienestarcolectivo.com/index.php/resbic/article/view/124/131>
- Gil A., y Gil, M.** (2004). Funciones de los ácidos grasos poliinsaturados y oleico durante la gestación, la lactación y la infancia. In J. Mataix., y A. Gil. (Eds.). *Libro blanco de los omega-3, los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud* (pp. 82–96). Spain: Editorial Médica Panamericana
- Herrera-Meza, S. y Herrera-Meza, G.** (2018). Omega-3: An Intelligent Decision for Brain Nutrition. En Marván, M. L., y López-Vázquez, E. (Eds.). *Preventing health and environmental risks in Latin America* (pp. 59-70). Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73799-7>
- Healy-Stoffel, M., y Levant, B.** (2018). N-3 (Omega-3) fatty acids: effects on brain dopamine systems and potential role in the etiology and treatment of neuropsychiatric disorders. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets*

- (Formerly *Current Drug Targets-CNS & Neurological Disorders*), 17(3), 216-232. DOI: <https://doi.org/10.2174/1871527317666180412153612>
- Innis, S. M. (2008). Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain. *Brain research*, 1237, 35-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.08.078>
- Jurado, S. (2016). Entrevista SINC Madrid en: <https://www.agenciasinc.es/Entrevistas/La-plasticidad-cerebral-nos-permite-cambiar-y-aprender-hasta-el-final>
- Just, M. A., y Varma, S. (2007). The organization of thinking: What functional brain imaging reveals about the neuroarchitecture of complex cognition. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(3), 153-191. The organization of thinking: What functional brain imaging reveals about the neuroarchitecture of complex cognition | SpringerLink
- Lebeer, J., y Rijke, R. (2003). Ecology of development in children with brain impairment. *Child: Care, Health and Development*, 29(2), 131-140. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2214.2003.00323.x>
- Létondor, A., Buaud, B., Vaysse, C., Richard, E., Layé, S., Pallet, V., y Alfos, S. (2016). EPA/DHA and vitamin A supplementation improves spatial memory and alleviates the age-related decrease in hippocampal RXR and kinase expression in rats. *Frontiers in aging neuroscience*, 8, 103. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00103>
- Phillips, S., y Wilson, W. H. (2010). Categorical compositionality: A category theory explanation for the systematicity of human cognition. *PLoS computational biology*, 6(7),. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000858>
- Porquet, D., Grinan-Ferre, C., Ferrer, I., Camins, A., Sanfeliu, C., Del Valle, J., y Pallas, M. (2014). Neuroprotective role of trans-resveratrol in a murine model of familial Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's disease*, 42(4), 1209-1220. DOI: <https://doi.org/10.3233/JAD-140444>
- Rains, G. D. (2002). Principles of human neuropsychology. McGraw-Hill Humanities, Social Sciences & World Languages.
- Seelbach G, (2012). *Bases biológicas de la conducta*. 1a. Edición. Red Tercer Milenio.
- Shinto, L., Marracci, G., Baldauf-Wagner, S., Strehlow, A., Yadav, V., Stuber, L., y Bourdette, D. (2009). Omega-3 fatty acid supplementation decreases matrix metalloproteinase-9 production in relapsing-remitting multiple sclerosis. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 80(2-3), 131-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2008.12.001>

- Sousa, D. A. (Ed.).** (2014). Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación (Vol. 131). Narcea Ediciones. DOI: <https://doi.org/10.17345/ute.2018.2.2438>
- Su, H. M.** (2010). Mechanisms of n-3 fatty acid-mediated development and maintenance of learning memory performance. *The Journal of nutritional biochemistry*, 21(5), 364-373. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.11.003>
- Valenzuela, B., Bascunan, G., Valenzuela, B., y Chamorro, M.** (2009). Omega-3 fatty acids, neurodegenerative and psychiatric diseases: A new preventive and therapeutic approach. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(4), 1120-1128. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000400009>
- Valenzuela, R., Bascuñan, K., Chamorro, R., y Valenzuela, A.** (2011). Ácidos grasos omega-3 y cáncer, una alternativa nutricional para su prevención y tratamiento. *Revista chilena de nutrición*, 38(2), 219-226. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182011000200012>
- Watson, R. R. (Ed.).** (2014). Omega-3 fatty acids in brain and neurological health. Elsevier. *Omega-3 Fatty Acids in Brain and Neurological Health* - Google Libros
- Zimmer, L., Delion-Vancassel, S., Durand, G., Guilloteau, D., Bodard, S., Besnard, J. C., y Chalon, S.** (2000). Modification of dopamine neurotransmission in the nucleus accumbens of rats deficient in n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of lipid research*, 41(1), 32-40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-2275\(20\)32071-X](https://doi.org/10.1016/S0022-2275(20)32071-X)

Evaluación diagnóstica para implementar la innovación educativa derivada de la pandemia por COVID-19

Diagnostic assessment to implement innovative teaching derived from the pandemic COVID-19

Blandina Bernal-Morales^{1,2*}, Demi Harumi Acosta Huerta³, Gabriel Guillén-Ruiz^{2,4}
y Daniel Hernández-Baltazar^{2,4}

¹Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana

²Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana

³Facultad de Psicología, Universidad Veracruzana

⁴Investigadores por México, CONACyT

Recibido: 8 de febrero de 2023

Aceptado: 2 de marzo de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

El objetivo del presente reporte de investigación fue recolectar información a través de una evaluación diagnóstica sobre las condiciones en que un grupo de estudiantes universitarios cursó su semestre escolar durante la contingencia por COVID-19 en 2021. Se realizó un estudio descriptivo, no aleatorizado, con la aplicación de cuestionarios a 71 estudiantes (46 mujeres y 25 hombres) del curso de Metodología de la Investigación de la Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica de la Universidad Veracruzana región Xalapa en el año 2021. Los estudiantes universitarios contestaron 23 preguntas que exploraron el uso y acceso al internet para tomar clase en línea, su nivel de satisfacción con la educación virtual emergente, la situación general familiar y su comunicación con las personas que los rodean. Los datos, desde la estadística descriptiva, revelan que, porcentajes importantes de la población estudiantil consultada experimentaron limitantes socioeconómicas, lo cual impactó en la baja autoapreciación de su desempeño académico, motivado por falta de concentración, desorganización, problemas de salud, interacción social disminuida y diversos distractores. Además, se discute la importancia de un entorno de bienestar sobre las funciones ejecutivas y las estructuras cerebrales involucradas. Se concluye la necesidad de hacer una pausa, reflexionar y hacer ajustes pertinentes para reducir el impacto de la educación virtual emergente y aunque la

*Autor de correspondencia: Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. Mexico
Dr. Castelazo Ayala s/n Industrial Animas, C.P. 91190, Xalapa-Enríquez, Ver., México. Correo: bbernal@uv.mx

enseñanza presencial retome su carácter predominante, se deben incluir las experiencias exitosas del periodo pandémico, para innovar estrategias docentes que constituyan un sólido andamio para reducir el rezago educativo.

PALABRAS CLAVE: COVID-19, educación virtual emergente. estudiantes universitarios, evaluación diagnóstica, evaluación educativa.

ABSTRACT

The objective of this research report was to collect information through a diagnostic assessment on the conditions in which a group of university students spent their school semester during the COVID-19 contingency in 2021. It was carried out a descriptive, non-randomized study, with the application of questionnaires to 71 students (46 women and 25 men) of the Research Methodology course of the Bachelor's Degree in Biological Pharmaceutical Chemistry of the Universidad Veracruzana in Xalapa city in the year 2021. University students answered 23 questions that explored the use and access to the Internet to take online classes, their level of satisfaction with the emerging virtual education, the general family situation, and their communication with the people around them. The descriptive statistics of data reveals that significant percentages of the students experienced socioeconomic limitations which lead a poor academic performance autoreference, motivated by lack of concentration, disorganization, health problems, less social interaction, and many distractions. In addition, the importance of a well-being environment on executive functions and the brain structures involved is discussed. It is concluded that it is necessary to pause, to ponder, and to make appropriate adjustments to reduce the impact of emerging virtual education. Although we have returned to face-to-face teaching, the successful experiences of that pandemic year must be resumed, but also innovate teaching to stablish solid bases to reduce the educational backwardness.

KEYWORDS: COVID-19, diagnostic assessment, emergency remote teaching, innovative teaching, university students

INTRODUCCIÓN

EL PROCESO EVALUATIVO EN PANDEMIA

La pandemia de la COVID-19 implicó cambios rápidos y radicales en el sector educativo debido a la brecha digital experimentada por docentes y estudiantes. La modalidad emergente de implementar o tomar clases virtuales (o a distancia), nos enfrentó a una realidad donde, al inicio, hubo nula o limitada capacitación docente,

pero nos mostró la capacidad de los docentes para responder gradualmente a las necesidades que implicó la virtualidad; este escenario destaca la importancia de reflexionar sobre las nuevas necesidades educativas (Miguel Román, 2020). Adoptamos la llamada educación virtual emergente, definida como un cambio temporal del dominio instruccional presencial a uno alternativo, debido a circunstancias de crisis, con el uso de soluciones de enseñanza totalmente remotas que volvieron al modo presencial o mixto una vez que la crisis o emergencia disminuyó.

El objetivo principal de la educación virtual emergente durante la contingencia por COVID-19 fue brindar acceso temporal a la instrucción y apoyos educativos de una manera rápida, disponible y confiable. En contraste de la verdadera educación en línea que se debe entender como el aprendizaje efectivo, resultado de un cuidadoso diseño y planificación, del consenso entre pares académicos y del desarrollo de una estrategia óptima de implementación de la instrucción, utilizando un modelo sistemático para el diseño y el desarrollo del curso, con la cuidadosa consideración de diferentes decisiones de diseño que impacten en la calidad de la instrucción, la cual generalmente está ausente en la educación virtual emergente (Hodges et al., 2020). Así, la pandemia evidentemente trajo una serie de alteraciones en la educación, condicionando la forma de planear, enseñar y evaluar del docente y las maneras de aprender del estudiantado, enfrentando a ambos a reorientar y/o reestructurar su aprendizaje y organización sin precedente alguno (Lovón y Cisneros, 2020).

Si bien numerosos estudios se centran en denotar la importancia de la evaluación educativa en el nivel superior (Olarte-Arias et al., 2019), y otros más en la evaluación formativa en dicho nivel (Pasek y Mejía, 2017), la contingencia sanitaria creó una veta en la investigación dirigida a los aprendizajes y las prácticas docentes emergentes, con el fin de ser utilizada para reorientar dicho hacer. Es así que, desde el concepto de la evaluación educativa (dirigida a mirar distintos agentes evaluativos, por ejemplo, a los docentes, a los estudiantes y, en el mejor de los casos, para evaluar el proceso educativo), el diagnóstico en educación como proceso evaluativo que supone la valoración de una situación pedagógica con datos empíricos cuantificables (Iglesias Cortizas, 2006) para la mejora de los procesos, cobró importancia.

Al respecto, tres de los indicadores que se deben favorecer, de acuerdo con la Unidad del Sistema para la Carrera de las Maestras y los Maestros, desde la educación básica son aquellos que establecen que el personal docente “[...]Realiza un diagnóstico acerca de los saberes, ideas y habilidades con que cuentan los alumnos, que

permite la toma de decisiones orientadas a la mejora de los proceso de enseñanza y aprendizaje[...] Dialoga con sus alumnas y alumnos de manera oportuna sobre sus avances y retos[...] Analiza la información relativa al logro en los aprendizajes de sus alumnos y alumnas identificando los elementos que le permitan reflexionar y mejorar su práctica docente” (USICAMM, 2022). Estos principios elementales de evaluación se aplican también en la educación media y en el nivel superior. Con la pandemia por COVID-19, el panorama de la educación virtual remota (a distancia), en algunos casos, tuvo más desavenencias que fortalezas, haciendo que el docente se cuestionara acerca del correcto aprendizaje de los estudiantes y del propio desempeño docente. Es así como, desde la perspectiva de la evaluación diagnóstica, se deben incluir diversos aspectos, tales como el entorno social, el estatus económico, además del contexto interno y externo para tomar decisiones basadas en variables cualitativas y no solo cuantitativas (Rosales, 2019).

La evaluación no incluye solo la valoración de conocimientos, actitud y el rendimiento de la persona en el aspecto académico. Evaluar implica atribuir un valor a la persona por su contexto y no solo por sus productos de aprendizaje. Hemos reconocido que la pandemia por COVID-19 impuso retos en la educación, transitamos la contingencia con educación virtual emergente y, aunque actualmente estamos de regreso en las aulas, es indiscutible que se produjo un rezago educativo; pero también hemos adoptado prácticas didácticas útiles que nos dejó la educación de emergencia obligada. En la etapa post-pandemia, muchas generaciones continuarán hacia los siguientes niveles de educación, pero vale la pena preguntarse ¿cómo realizaban la educación remota? ¿su entorno facilitó la adaptación a la nueva forma de educarse? ¿predominaron las conductas desadaptativas en la educación virtual emergente? En este contexto, presentamos una investigación que aporta un análisis cualitativo de las condiciones que los estudiantes tenían para aprovechar sus cursos en la Universidad durante la pandemia en el año 2021.

Y desde un punto de vista biológico, se reflexiona sobre los desafíos que se enfrentan cuando el entorno dificulta y afecta el rendimiento escolar; en el sentido de que un entorno desfavorable impacta negativamente en las funciones ejecutivas, en los procesos de memoria y aprendizaje, debido a la alteración de estructuras específicas del cerebro.

Con esta contribución en el marco de la Semana del Cerebro 2023, aportamos un análisis sobre cómo la evaluación diagnóstica puede proporcionar un primer conjunto de condiciones que impactan y explican el desempeño académico auto referido de los estudiantes, que se deben tomar en consideración para

mejorar las funciones ejecutivas, la salud en términos generales y complementar la evaluación formativa en camino hacia un sistema de educación más innovador.

MÉTODO

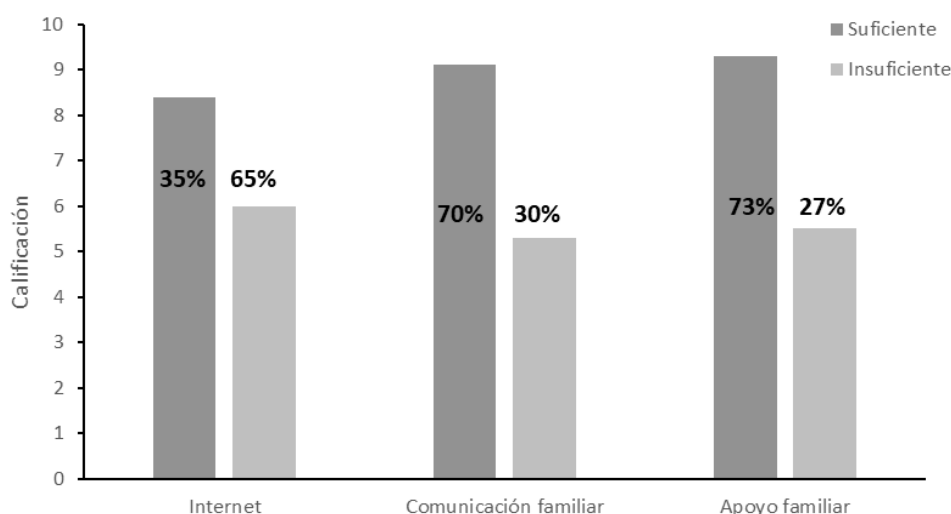
Se realizó un estudio descriptivo, no aleatorizado, con la aplicación de cuestionarios elaborados *ex profeso* a una muestra de estudiantes inscritos en la Experiencia Educativa de *Metodología de la Investigación de la Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica de la Universidad Veracruzana*, región Xalapa, durante el periodo escolar febrero-julio 2021 y agosto 2021-enero 2022. Las profesoras a cargo de la experiencia educativa proporcionaron a los estudiantes un archivo de Word con un cuestionario de 23 preguntas, a la mitad de cada semestre. Los alumnos, que voluntariamente decidieron participar, contestaron el cuestionario en los tiempos extra clase, sin que esto interfiriera en sus actividades académicas. Las preguntas con opción de respuesta numérica, ordinal o dicotómica exploraron: el uso y acceso al internet para tomar clase en línea, su nivel de satisfacción con la educación en línea, la situación general familiar y su comunicación con las personas que los rodean; por último, se incluyeron un par de preguntas con respuesta abierta para conocer la forma de optimizar el curso. Se obtuvo una muestra por conveniencia con las respuestas de 71 participantes, 46 mujeres y 25 hombres. Los datos recolectados se presentan con estadística descriptiva.

RESULTADOS

Los universitarios consultados otorgaron 6.8 en promedio (escala 1-10) a la calidad de la señal de internet en casa, la cual fue considerada insuficiente por estar entre 2 y 7 de calificación para la mayoría (65%), mientras que, el 35% calificó su servicio de internet con puntuaciones entre 8 y 10. La tercera parte de la muestra de estudiantes calificó con 5 la comunicación y el apoyo familiar, y el resto los calificó con 9 en promedio (figura 1).

FIGURA 1.

Autoapreciación de la calidad del internet, la comunicación y apoyo familiar recibido por parte de los alumnos durante la pandemia en el 2021



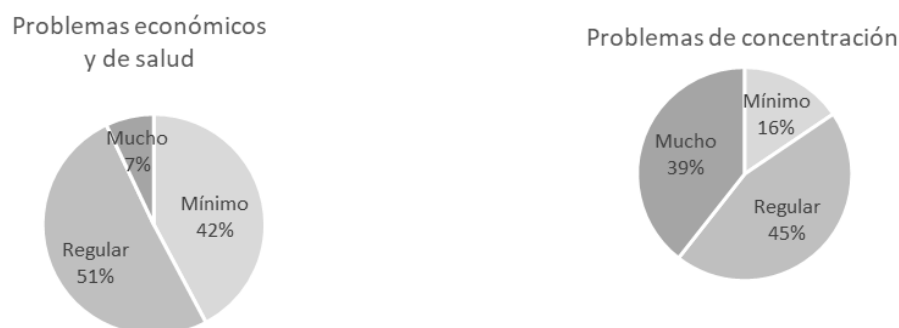
NOTA: Se observa en las barras los porcentajes de la calificación (en escala de 1 a 10) expresada por la muestra para cada uno de los aspectos. Fuente de elaboración propia.

Además, calificaron con 8 en promedio a la facilidad con la que podían conectarse inicialmente a la clase en línea y el aprendizaje alcanzado, pero fue de 7 al contestar qué calificación se asignarían hasta ese momento del curso en que se aplicó el cuestionario. El desempeño del profesor, medido a través de las preguntas sobre su motivación, nivel de explicación y utilidad del material proporcionado en clase fue de 9 en promedio. Por otro lado, “extrañar mucho” a su facultad y a sus compañeros fue expresado por el 75% de los estudiantes, mientras que el 4% los “extrañaba mínimamente” y el 21% los “extrañaba regular”.

El 72% de estudiantes reportó comunicarse menos con sus compañeros de clase, el resto se comunicó más (13%), igual (8%) y un 7% no contestó. Cuando se les preguntó qué tanto consideraban tener problemas económicos y de salud, la mitad contestó tenerlos de manera regular, el 42% lo consideró mínimo y el 7% mucho. Sus problemas de concentración en cambio fueron calificados de regular a mucho en el 84% de los participantes, mientras que el 16% lo calificó como algo mínimo (figura 2).

FIGURA 2.

Valoración de las dificultades que los alumnos universitarios expresaron tener durante la pandemia en el año escolar 2021



NOTA: Se aprecia que los problemas de concentración abarcaron un mayor porcentaje que los problemas socioeconómicos y de salud. Fuente: elaboración propia.

A pesar de que el 79% consideraba que era mejor tomar la clase en la facultad que en modo virtual, el 84% estaba satisfecho con el método de enseñanza del profesor y un porcentaje similar (89%) confirmó repasar la clase grabada. El 45% de estudiantes contestó que siempre el celular estaba entre los dispositivos que usaba para asistir a la clase virtual mientras que 55% ocupaba computadora, laptop o Tablet. Además de lo expresado en los resultados anteriores, en las respuestas abiertas a la petición de decir qué situaciones necesitaban resolver para poder aprovechar mejor el curso, indicaron que atender el exceso de tareas de otras materias, dejar de aplazar los tiempos, mejorar sus horarios de sueño y de otras actividades, contar con un espacio adecuado para tomar la clase, tener menos ocupaciones, no adaptarse a la modalidad en línea, disminuir el tiempo en el celular, y tener que trabajar y estudiar al mismo tiempo. De forma reiterada expresaron los problemas de conexión a internet y de distracción durante la clase.

DISCUSIÓN

Desde el objetivo de la presente investigación dirigido a recolectar información a través de una evaluación diagnóstica sobre las condiciones en que una muestra de estudiantes universitarios vivió el transcurso de la primera mitad de su semestre escolar durante la contingencia por COVID-19, los resultados revelaron que porcentajes importantes de la muestra experimentaron atenuantes socioeconómicas para tener un mejor desempeño académico, lo cual se discute a continuación.

Calificar en una escala del 1 al 10 aportó una valoración objetiva de las respuestas de los estudiantes. Una calificación promedio de 6.8 otorgada a la señal de internet revela la baja calidad del servicio con el que contaban. Notablemente, dos terceras partes de la muestra que contaban con un internet con un rango de calificación de 2 a 7, indica que la brecha digital también lo constituye la falta de cobertura de un buen servicio de red de internet en casa. Tal brecha digital que agudiza la crisis de desigualdad en México, no sólo se evidencia con el 66.4% de hogares con conectividad a internet (INEGI, 2021), porque no basta con tener internet, sino tener una buena señal de la red. En consistencia, las implicaciones de la calidad del internet se relacionaron con las opiniones emitidas por los estudiantes cuando expresaron en las preguntas abiertas acerca de preferir otras plataformas digitales para tomar la clase por las dificultades experimentadas con problemas de la señal.

Otro resultado destacado fue la evaluación autoreferida del entorno familiar de los estudiantes, pues en una tercera parte de la muestra los estudiantes reprobaron la comunicación y el apoyo familiar que experimentaban al momento del estudio. En adición, extrañar mucho ir a la facultad y tener menor comunicación con sus compañeros en el 2021, reveló otro aspecto de las características sociales de los universitarios. Iglesias-Cortizas (2006, p. 49) sugiere que el diagnóstico escolar tiene la función de prevención primaria, es decir, evitar o paliar factores de riesgo considerando las edades evolutivas de crisis y las variables del contexto familiar entre otros, dando atención a los sujetos con alto riesgo. Así, los resultados demuestran que los estudiantes tenían factores de riesgo, experimentaban condiciones no favorables de interacción social y familiar, afectando probablemente su salud emocional y su rendimiento académico, pues se otorgaron una calificación menor a la regular cuando se les pidió autocalificarse en el momento del estudio.

El distanciamiento social resultó una paradoja, fue impuesto como una medida de prevención de contagios por SARS-CoV-2, pero se debilitó el soporte social que impide enfrentar mejor las contingencias, y se asoció con el aumento del número de trastornos mentales, afectando significativamente el rendimiento escolar (Limón-Vázquez et al., 2021). En congruencia, debido a que el ser humano en edad escolar es un sujeto predominantemente social, se explicarían las consecuencias de experimentar una fracturada interacción con sus allegados en su entorno como son los amigos y la familia.

Contrario a tener una salud emocional óptima, el aislamiento social, la ansiedad y la depresión generan problemas de atención y memoria y afectan la toma de decisiones (Barriga et al., 2002). Aunque no se midió la sintomatología de alguna enfermedad en particular, en el presente estudio más de la mitad de los universitarios consideraban, de regular a mucho, estar en problemas económicos y de salud, mientras que también calificaron de “regular a mucho” tener problemas de concentración en el 84% de la muestra, hallazgo notable porque fue una de las respuestas donde mayor número de estudiantes coincidieron, a pesar de que esa misma proporción estaba satisfecha con el método de enseñanza del profesor. Bastaría con aplicar algún instrumento de evaluación de estrategias de aprendizaje para evidenciar estadísticamente la concentración, tema que queda para futuras investigaciones en condiciones similares a las que se vivieron en el año 2021. Los problemas de concentración en estudiantes tomando clase virtual puede estar influenciado por las diversas condiciones en su entorno y no necesariamente a un problema neurobiológico. Si la concentración es la reflexión profunda, producto de la atención focalizada y consciente sobre algo, y los estudiantes reportan tener desorganización de sus horarios circadianos y de sueño, exceso de distractores y de tiempo de pantalla en el celular, es de esperarse la falta de concentración en clase debida a que de manera natural no se estaban realizando los procesos neuronales que facilitan la concentración y las funciones ejecutivas relacionadas, como por ejemplo la memoria.

Debido a la posibilidad de involucrar mecanismos neuronales superpuestos, se explicarían dos procesos estrechamente relacionados: los procesos de atención y memoria de trabajo. Al respecto, la memoria de trabajo es la capacidad de mantener la información en ausencia de información sensorial. Por su parte, la atención es el proceso mediante el cual se selecciona un objetivo específico para su posterior procesamiento y los recursos neuronales se dirigen hacia ese objetivo. En ambos fenómenos participan varias estructuras cerebrales, pero es de relevancia la participación de estructuras cerebrales como la corteza cerebral, el área prefrontal, las áreas visuales y neurotransmisores como la dopamina, tal como lo estableció Bahmani y cols, 2019.

También los procesos atencionales recaen en estructuras subcorticales. La respuesta ante un desafío ambiental activa circuitos que controlan las vías motoras, el actuar y evitar el caos. Además, hay procesos selectivos que han evolucionado para desplegar comportamientos relacionados con la atención reguladas por circuitos subcorticales. Durante la atención se ocupan algunas áreas corticales que se relacionan con eventos ambientales en ese momento, pero en otras áreas corticales se reduce su eficacia. La consecuencia es que algunas

zonas de la corteza cerebral están relativamente desconectadas del control del comportamiento, lo que explica por qué no podemos usar todo el potencial de la corteza.

La atención generalmente se asocia con una perspectiva cortico-céntrica, como un proceso cognitivo que concentra recursos corticales limitados, para dominar las respuestas conductuales a los eventos ambientales. Normalmente asociamos la cognición con la actividad cortical, pero también los procesos subcorticales que involucran la atención forman parte de los procesos cognitivos (Sherman y Usrey, 2021).

Por ello, sería comprensible que los estudiantes que reportan problemas de atención estarían experimentando la disrupción estos circuitos que están siendo influenciados por estímulos ambientales y que seguramente son consecuencia de las modificaciones funcionales en varias de las estructuras subcorticales que regulan el estado de ánimo, la cognición, la memoria emocional, el placer y la recompensa (Torres, 2022).

Cuando observamos en los resultados de que casi la mitad de los estudiantes ocupaban el celular para tomar la clase, uno se pregunta si son capaces de leer todo en esa pequeña pantalla, o si han escuchado al profesor toda la clase. El uso del celular inició como medio de comunicación, luego como entretenimiento y en pandemia se incorporó como una importante herramienta de trabajo para la educación. Actualmente las generaciones de alumnos se encuentran muy familiarizadas con la tecnología digital, por ello ha cambiado su forma de aprender, sus enfoques y sus habilidades. A pesar de este vínculo no existe una garantía de aprendizaje con la tecnología, la emplean para interaccionar por redes sociales, pero no tan rigurosamente como una herramienta de aprendizaje (Díaz-Barriga, 2020). Sabemos que leer, escuchar y poner atención son funciones cerebrales que pueden ser afectadas dependiendo del contexto. Así, es de esperarse que el uso intensivo de los medios digitales cambie los circuitos neuronales debido a una capacidad de ajustes que tiene el cerebro que es la plasticidad cerebral. Pero es realmente incierto cómo estas nuevas tecnologías cambiarán las habilidades en el lenguaje, el coeficiente intelectual, la capacidad de memoria de trabajo y el procesamiento emocional en un contexto social. Ya se está vislumbrando que podría haber un impacto negativo en los excesivos tiempos frente a la pantalla; sin embargo, aún no se puede establecer si son efectos causales o sólo correlacionales, pues la mayoría de los estudios no han evaluado qué hacen las personas cuando están en línea o mirando una pantalla digital.

En el caso de los profesores, difícilmente podían saber qué hacían sus estudiantes, aunque estuvieran conectados, en el mejor de los casos, con la cámara encendida en la clase. Existe un estudio longitudinal por tres meses en adolescentes de 14-15 años

en que se analizan las capturas de los teléfonos celulares cada 5 segundos una vez que se activan. Se destaca el grado de cambio entre múltiples aplicaciones, y cómo cada adolescente está expuesto a diferentes contenidos en diferentes momentos durante diferentes duraciones (Ram et al., 2020).

Tal cantidad de información sirve para explorar el efecto de los factores ambientales, sociales, y otros factores biológicos que afectan el cerebro y el desarrollo cognitivo, la interacción de la naturaleza y la crianza y cómo esto se relaciona con los resultados del desarrollo, como la salud física y mental y las capacidades cognitivas, así como con el éxito académico del estudiantado. Esto nos hace reflexionar en que el uso de celulares para tomar clase es menos aprovechado por el grado de distractores que proporciona esa pequeña pantalla. El tamaño y el alcance de estudio sobre la vida digital de los adolescentes permitirá a los científicos identificar las trayectorias de desarrollo individuales (p. ej., cerebral, cognitiva, emocional y académica) y los factores que pueden afectarlas, como el efecto que tendrá el uso de los medios digitales en el cerebro en desarrollo (Ram et al., 2020).

Por su parte a las instituciones les correspondería marcar las agendas para garantizar líneas de acción que fortalezcan la educación con un enfoque biopsicosocial en la era digital (Gutiérrez-García et al., 2021).

Queda también por saber si el creciente número de distribuidores de conocimiento en medios digitales será una gran amenaza para adquirir conocimientos sólidos, desarrollar pensamientos propios y ser creativos. Como dice Korte (2020) *“incluso si aún se necesita mucha investigación para juzgar y evaluar los posibles efectos de los medios digitales en el bienestar humano, la neurociencia puede ser de gran ayuda para distinguir los efectos causales de las meras correlaciones”*.

Finalmente, todo proceso evaluativo se enriquece con las acciones posteriores para la retroalimentación y la toma de decisiones. En evaluación educativa, la continuidad hacia la innovación partiendo de la información diagnóstica es una enorme oportunidad para corregir los errores que arrastramos de la educación virtual emergente en tiempos de pandemia. De nuevo en la presencialidad, hemos de adoptar las estrategias pedagógicas que nos funcionaron, reanalizar críticamente lo que aún podemos hacer en una renovada docencia, pero también compartir a otros lo que en nosotros no fue exitoso. Con este estudio cualitativo, que destaca los desafíos que el profesor tuvo cuando las condiciones ajenas a él impidieron que sus estudiantes tengan un mejor rendimiento, indudablemente conlleva la reflexión de la necesidad de innovar en términos de las estrategias híbridas de enseñanza, y replantear la planeación didáctica.

La pandemia fue estresante en muchos sentidos, y por ello, las instituciones tienen la oportunidad de evaluar el éxito de la educación virtual emergente para identificar sus fortalezas, no sabemos si va a haber una próxima vez, pero debemos estar preparados para futuras necesidades de implementación de esta forma de educar que notuvo precedente por su naturaleza vertiginosa. No se vale ignorar lo que se sigue arrastrando post-pandemia. La innovación es necesaria, los profesores tenemos que innovar nuestra docencia de acuerdo con la naturaleza de las actuales generaciones, aceptar los cambios y promover las mejoras en el proceso educativo, tenemos que rescatar a los estudiantes para que sean más conscientes de su formación, que recuperen aptitudes para el trabajo colaborativo, y hacer que reflexionemos hacia dónde vamos y con qué recursos se cuenta.

PERSPECTIVAS

Sin diagnóstico no hay propuestas de solución. Es urgente disminuir las consecuencias de las problemáticas dependientes de las tecnologías de la información y del soporte social fracturado en los estudiantes universitarios que transitan a la segunda mitad de su carrera profesional, como fue el caso. La innovación recae en prácticas pedagógicas reflexivas, que consideren además los contextos socioemocionales del estudiantado, en donde el profesor debe actuar. Exigir tareas dependientes de internet debe ser una práctica medida cuando hay problemas de acceso a este servicio, promover una mayor participación de los estudiantes en clase con temas aplicados a la utilidad inmediata de los contenidos puede ser más atractivo, ofrecer plataformas de apoyo social para atenuar los factores de riesgo en la salud socioemocional, serán tareas innovadoras que los profesores debemos contemplar en nuestra práctica docente.

Derivado de los planteamientos anteriores, el poder de la evaluación para reformular aquello que se dio por sentado durante este periodo de distanciamiento y reconocer las nuevas necesidades y tendencias para la generación de conocimiento en el estudiantado llevará a resignificar las prácticas del docente para generar procesos de aprendizaje más conscientes, contextualizados y apegados a la significación, mismas que faciliten la toma de decisiones en congruencia con la necesidad del estudiantado (Muñoz, 2007).

CONCLUSIONES PRELIMINARES

El ejercicio de la evaluación diagnóstica en una muestra de estudiantes universitarios durante el segundo año de la pandemia por COVID-19 evidenció, a juzgar por las variables analizadas, que la educación virtual emergente tuvo grandes retos, muchos

ajenos al control del profesor. Ejemplo de ello son los problemas de concentración referidos por el estudiantado que pueden estar asociados a la calidad de la red de internet, desorganización en los hábitos personales, exceso de tareas, incluyendo el tener que trabajar y estudiar al mismo tiempo; así como, de distractores que ellos mismos buscaban dedicando más tiempo de pantalla por motivos no académicos. Sin embargo, desde estos resultados diagnósticos y partiendo de la postura de la evaluación formativa como “una herramienta potencialmente transformadora de la enseñanza que... puede beneficiar tanto a profesores como a alumnos” (Popham, 2013, p. 12); mucho es lo que, como docentes podemos y debemos hacer. Pues, los procesos de mejora inician precisamente con “la labor del docente, su capacidad de reflexión y cuestionamiento de lo cotidiano para establecer puntos de incidencia que puedan ser abordados desde diversas perspectivas” (Verdejo y Herrera-Meza, 2022, p.17).

AGRADECIMIENTOS: A las profesoras que solicitaron el llenado de cuestionarios a sus estudiantes del curso de Metodología de la Investigación de la facultad de QFB. Al programa de becas de ayudante a investigador SNI para DHAH (reg. 57191).

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: Proyecto 1840 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

REFERENCIAS

- Bahmani, Z., Clark, K., Merrikhi, Y., Mueller, A., Pettine, W., Isabel Vanegas, M., Moore, T., y Noudoost, B.** (2019). Prefrontal contributions to attention and working memory. *Current Topics in Behavioral Neurosciences*, 41, 129–153. DOI: https://doi.org/10.1007/7854_2018_74
- Barriga, A. Q., Doran, J. W., Newell, S. B., Morrison, E. M., Barbetti, V., y Dean Robbins, B.** (2002). Relationships between problem behaviors and academic achievement in adolescents: The unique role of attention problems. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, 10(4), 233–240. DOI: <https://doi.org/10.1177/10634266020100040501>
- Díaz Barriga, Á.** (2020). La escuela ausente, la necesidad de replantear su significado. En J. Girón Palau (Ed.), *Educación y pandemia. Una visión académica* (pp. 19-29). Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, UNAM. https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf

- Gutiérrez García, R.A., Amador Licon, N., Sánchez Ruiz, A., y Fernández Reyes, P.L.** (2021). Malestar psicológico, medidas sanitarias y estado de salud en estudiantes universitarios. *Nova Scientia*, 13 (e). DOI: <https://doi.org/10.21640/ns.v13ie.2602>
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., y Bond, A.** (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause*, 2027. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Iglesias Cortizas, M.J.** (2006). Diagnóstico Escolar: Teoría, Ámbitos y Técnicas. Pearson Educación S.A. <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/a9bd619ea18b71325b7cd205d97ab0d8.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** (2021). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2021. Recuperado el 10 de febrero de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/>
- Korte, M.** (2020). The impact of the digital revolution on human brain and behavior: where do we stand? *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 22(2), 101–111. DOI: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte>
- Limón-Vázquez, A.K., Guillén-Ruiz, G., y Herrera-Huerta, E.V.** (2020). The social isolation triggered by COVID-19: Effects on mental health and education in Mexico. En B. Bernal-Morales (Ed.), *Health and Academic Achievement - New Findings*. IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.93886>
- Lovón Cueva, M. A., y Cisneros Terrones, S. A.** (2020). Repercusiones de las clases virtuales en los estudiantes universitarios en el contexto de la cuarentena por COVID-19: *El caso de la PUCP. Propósitos y Representaciones*, 8(SPE3), e588. DOI: <https://doi.org/10.20511/pyr2020.v8nSPE3.588>
- Miguel Román, J. A.** (2020). La educación superior en tiempos de pandemia: una visión desde dentro del proceso formativo. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 50, 13-40 . DOI: <https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.95>
- Muñoz C., G.** (2007). Un nuevo paradigma: “La quinta generación de evaluación”. *Laurus*, 13(023), 158-198.
- Olarte-Arias, Y., Madieto-Clavijo, C., y Pinilla-Roa, A.** (2019). Evaluación docente como factor de desarrollo profesional desde una pedagogía reflexiva. *Evaluación docente y desarrollo profesional*, 67(3), 277-285. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v67n3.62539>

- Pasek, E., y Mejía, M. (2017). Proceso General para la Evaluación Formativa del Aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 10(1), 177-193.
- Popham, W. J. (2013). Evaluación Trans-formativa. *El poder transformador de la evaluación formativa*. España: Narcea.
- Ram, N., Yang, X., Cho, M.-J., Brinberg, M., Muirhead, F., Reeves, B., y Robinson, T. N. (2020). Screenomics: A new approach for observing and studying individuals' digital lives. *Journal of Adolescent Research*, 35(1), 16–50. DOI: <https://doi.org/10.1177/0743558419883362>
- Rosales Almazán, I. (2019). La evaluación en nivel superior. *Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/02/evaluacion-nivel-superior.html>
- Sherman, S. M., y Usrey, W. M. (2021). Cortical control of behavior and attention from an evolutionary perspective. *Neuron*, 109(19), 3048–3054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.06.021>
- Torres, A. (2022). Estructuras subcorticales. *KENHUB*. Recuperado el 10 de febrero de 2023, de <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/estructuras-subcorticales>
- Unidad del Sistema para la Carrera de las Maestras y los Maestros (USICAMM).** (2022). Perfiles profesionales, criterios e indicadores para el personal docente, técnico docente, de asesoría técnica pedagógica, directivo y de supervisión escolar. Marco para la excelencia en la enseñanza y la gestión escolar en *Educación Básica. SEP. P. 19*. Recuperado el 10 de febrero de 2023, de http://public-file-system.usicamm.gob.mx/2023-2024/compilacion/EB/Marco_EB.pdf
- Verdejo, A. E., y Herrera-Meza, G. (2022). Reflexiones teóricas orientadas a la mejora educativa desde la innovación educativa y la evaluación formativa. *Revista de la innovación a la práctica*, 1(1) 7-21. <http://revistainnovapRACTICA.com/index.php/ojs>

Impacto cognitivo y conductual en infantes expuestos a opioides durante el desarrollo neonatal

Cognitive and behavioral impact on children exposed to opioids during neonatal development

Georgina Jimena Sanchez-Rodriguez¹, Grecia Herrera-Meza^{2,3}, Dolores B. Vazquez-Sanroman^{4*}

¹Universidad Veracruzana

²Benemérita Escuela Normal Veracruzana "Enrique C. Rébsamen"

³Instituto Interdisciplinario de Investigaciones, UX

⁴Anatomy and Cell Biology Department, Oklahoma State University

Recibido: 1 de febrero de 2023

Aceptado: 15 de marzo de 2023

Publicado: 22 de marzo de 2023

RESUMEN

El uso de opioides durante el embarazo y la lactancia, ya sea resultado del uso indebido de recetas o del uso ilícito, tiene consecuencias para la madre y el bebé. Del 50 al 80 por ciento de los bebés expuestos a opioides desarrollan *síndrome de abstinencia neonatal de opioides* (NOWS, por sus siglas en inglés). A diferencia de los bebés no expuestos a opioides, los niños con NOWS tienen más probabilidades de desarrollar varios trastornos conductuales y cognitivos, así como de tener un bajo rendimiento en los campos académicos y sociales. Del mismo modo, los recién nacidos expuestos a opioides tienden a presentar efectos potenciales sobre el nacimiento y otros resultados del embarazo que causan deficiencias físicas y contribuyen a comorbilidades adicionales. Este conjunto de condiciones previas, conjugadas con factores ambientales de alto riesgo, podría llevar a graves consecuencias en la esfera personal y social del individuo en crecimiento, mismas que los maestros de educación inicial y básica deberían considerar para desarrollar su práctica docente. La presente revisión pretende proporcionar el marco que podría facilitar la integración e implementación de nuevos tratamientos, de estrategias y/o enfoques educativos, así como contribuir a construir un marco de referencia en la toma de decisiones académicas sobre la regulación de opioides y mejorar las técnicas de capacitación actuales en los centros de aprendizaje con pacientes dependientes de opioides y jóvenes expuestos neonatalmente a drogas.

*Autor de correspondencia: Anatomy and Cell Biology department. Oklahoma State University, Tulsa, OK. 74107, USA. Correo: dolores.vazquez_sanroman@okstate.edu

PALABRAS CLAVE: opioide, drogas, adicción, exposición prenatal, neurodesarrollo

ABSTRACT

The use of opioids during pregnancy and lactation, whether as a result of prescription misuse or illicit use, has consequences for the mother and the baby. Fifty to eighty percent of babies exposed to opioids develop neonatal opioid withdrawal syndrome (NOWS). Unlike babies not exposed to opioids, children with NOWS are more likely to develop various behavioral and cognitive disorders, as well as to perform poorly in academic and social fields. Similarly, opioid-exposed newborns tend to have potential effects on birth and other pregnancy outcomes that cause physical impairments and contribute to additional comorbidities. This set of preconditions, combined with high-risk environmental factors, could result in serious consequences affecting the personal and social sphere of the growing individual. Such consequences should be considered by initial and basic education teachers in their teaching practices. This review aims to provide the framework that could facilitate the integration and implementation of new treatments, strategies and/or educational approaches, as well as contribute to build a frame of reference in academic decision-making on opioid regulation and improve current training techniques carried out in learning centers with opioid-dependent patients and neonatally drug-exposed youth.

KEYWORDS: opioid, drugs, addiction, prenatal exposure, neurodevelopment.

INTRODUCCIÓN

El uso de sustancias durante el embarazo puede afectar al feto en desarrollo tanto directamente, a través del paso del medicamento a la placenta, como indirectamente, derivado de malos hábitos de salud materna y condiciones ambientales. Varios estudios indican que problemas específicos de aprendizaje y comportamiento pueden resultar de la exposición prenatal a diferentes drogas en combinación con condiciones ambientales negativas después del parto. Hay estudios longitudinales que indican que algunos de los efectos negativos de la exposición a las drogas, como la cocaína, el tabaco y la marihuana, persisten en la infancia y la adolescencia. Aunque algunos síntomas tempranos mejoran el primer año de vida, pueden ser precursores de resultados posteriores del desarrollo. Los bebés recién nacidos de mujeres que usaron opioides durante el embarazo están en riesgo de síndrome de abstinencia neonatal llamado síndrome de abstinencia neonatal de opioides (NOWS, en inglés) (SAMHSA), estadísticamente, del 50 al 80 % de los bebés expuestos lo padecen (Maeda et al., 2014), Este síndrome que consiste en rasgos de abstinencia de drogas que los bebés experimentan poco después del nacimiento que puede manifestarse con síntomas graves vinculados al Sistema Nervioso Central (SNC) como lo son las convulsiones (Bandstra et al., 2010).

En Estados Unidos, de 2000 a 2012, el número de bebés diagnosticados con Síndrome de Abstinencia Neonatal (NAS, por sus siglas en inglés) creció casi 5 veces (Patrick et al., 2015) y alrededor del mismo período, hubo un aumento del 2 al 28% de las mujeres embarazadas admitidas en centros de tratamiento de abuso de sustancias, por el uso indebido de opioides recetados (Martin et al., 2015).

Por su parte, México es el tercer productor de derivados de opioides sintéticos en el mundo (WDR, 2018), pero su uso dentro del país ha incrementado paulatinamente a medida que las condiciones sociopolíticas y económicas han presionado la frontera de ambos países. Los datos estadísticos son complicados debido a que se comenzaron a recolectar desde 1990, con registros en ciudades fronterizas y poblaciones en situación de reclusión, cuyo número pasó de 13.3 a 44% en tan sólo 5 años. Sin embargo, también hubo un incremento paulatino en ciudades no fronterizas que fue de 1.6 a 7.4% respectivamente. La Encuesta Nacional de Adicciones 2016/2017, muestra que el consumo se ha generalizado hacia el resto de país, puntualmente de 28 de los 32 estados, y las mujeres el consumo, aunque es de inicio tardío, aumentan su tasa de consumo más rápido que los hombres, y su consumo está asociada a su pareja sentimental (CONADIC, 2016/17).

En general, los niños con NAS presentan diferentes afectaciones al nacer y otros resultados del embarazo como prematuridad, disminución del peso al nacer, longitud y circunferencia de la cabeza, síndrome de muerte súbita del lactante, complicaciones respiratorias, dificultad para alimentarse y puntuación de Apgar deprimida (Patrick et al., 2015; Keegan et al., 2010; Minnes et al., 2011).

Los estudios han demostrado que los niños que estuvieron expuestos a opioides durante el período prenatal tenían una reducción en estructuras cerebrales como: los ganglios basales, el tálamo y la sustancia blanca cerebelosa (Sirnes et al., 2018; Sirnes et al., 2017). Otros estudios sugieren que la exposición prenatal a la metadona o la buprenorfina (ambos utilizados en el tratamiento de la adicción a los opioides durante el embarazo) también podría cambiar el desarrollo de los sistemas de neurotransmisores: dopaminérgicos, colinérgicos y serotoninérgicos, así como podría alterar la mielinización. Los efectos a largo plazo de estas modificaciones pueden estar relacionados con otros trastornos neuropsicológicos y psiquiátricos como la depresión, la ansiedad y el deterioro del aprendizaje, la memoria y la función social.

Aunque hoy en día más personas abusan de los analgésicos recetados que de los opiáceos ilegales, la mayoría de las investigaciones sobre opiáceos han involucrado a sujetos que son adictos a la heroína o que reciben terapia con agonistas opioides (Minozzi et al., 2008; Jones et al., 2012). Los resultados conductuales y del desarrollo neurológico de los niños expuestos a opioides prenatalmente están determinados por factores como la dosis y el momento de la exposición prenatal, así como las condiciones ambientales prenatales

y postnatales, incluido el uso continuo de drogas por parte del cuidador, los síntomas psicológicos, la calidad del entorno del hogar, las exposiciones postnatales al plomo y otras toxinas, la estabilidad de la madre o el tipo de cuidador (Muhuri y Gfroerer, 2009). Si bien los estudios de exposición prenatal a opiáceos y el desarrollo cognitivo temprano de los bebés han mostrado resultados mixtos, parece haber un patrón que vincula la exposición a problemas de comportamiento, incluido el aumento en el Trastorno de Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) y otros comportamientos disruptivos. La importancia de comprender la interacción de todos los factores cruciales y períodos críticos relacionados con ellos, podría llevarnos a ubicar efectos medioambientales implicados y orientar las acciones de profesionistas de la salud y la educación para superar las adversidades de la exposición prenatal. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo recopilar y proporcionar datos de investigaciones sobre el desarrollo de la exposición prenatal a opioides ya que hay falta de información en estudios longitudinales centrados en este período fundamental de un individuo. Puede ayudar visualizar intervenciones específicas para bebés y niños expuestos a drogas, de modo que cada infante pueda ser evaluado en función a los factores de riesgo acumulativos, alteraciones en su desarrollo y la calidad del entorno de cuidado. Los resultados pueden optimizarse mediante intervenciones oportunas en etapas tempranas, desde diversas áreas de atención como la salud mental, y la psicoeducativa, entre otras.

DESARROLLO DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL ASOCIADO CON EL USO PRENATAL DE OPIOIDES

El efecto de drogas opioides (legales o ilegales) como la morfina y la heroína tiene consecuencias importantes en su uso durante el embarazo (siendo este último el opiáceo ilícito de uso indebido con mayor frecuencia) pues atraviesa la placenta fácilmente y entra en el torrente sanguíneo fetal.

En los proveedores de salud y las instituciones médicas se han establecido protocolos para manejar la adicción durante el embarazo. Diferentes tratamientos farmacológicos para superar los síntomas de abstinencia han demostrado una mejoría tanto para la madre como para el niño. Con frecuencia se utiliza metadona, buprenorfina y morfina de liberación lenta por vía oral (Minozzi et al., 2008; Jones et al., 2012). Estudios en mujeres que toman metadona han demostrado menor uso de drogas ilícitas, un mejor cumplimiento de la atención prenatal y un mejor peso en su recién nacido (Minozzi et al., 2008).

A pesar de los avances en la investigación del tratamiento de mantenimiento, todavía hay información limitada sobre cómo estos medicamentos podrían traer implicaciones a largo plazo para el desarrollo neurológico del bebé. Se sabe que la exposición prenatal a la metadona se ha asociado con cambios estructurales en los principales tractos de materia blanca (cuerpos neuronales) presentes al nacer, aunque los hallazgos no pueden atribuirse directamente a la metadona (Monnelly et al., 2018). Además, la exposición prenatal a la metadona se asocia con una mayor incidencia y gravedad del Síndrome de Abstinencia Neonatal (Wilson et al., 1981). Otros estudios comparan a las madres adictas a la metadona frente a las adictas a la heroína, mostrando convulsiones e hiperbilirubemia severa con mayor frecuencia en el grupo heroína (Zelson et al., 1973). La información obtenida de las madres sobre el tratamiento con metadona y buprenorfina durante el embarazo tiene variabilidad y en algunos casos es contradictoria. Estudios informan resultados normales en comparación con la población general, lo que sugiere que no hay efectos nocivos de la buprenorfina en relación con la metadona en el crecimiento, el desarrollo cognitivo, las habilidades del lenguaje, el procesamiento sensorial y el temperamento, concluyendo que la exposición prenatal a agonistas opioides no es perjudicial para el desarrollo físico y mental normal (Kaltenbach et al., 2018).

Por el contrario, otros estudios con metadona y buprenorfina como tratamiento de mantenimiento con opioides (OMT) argumentan haber encontrado puntuaciones más bajas en el funcionamiento cognitivo en niños expuestos prenatalmente, demostrando que estos bebés tienen alteraciones en el desarrollo del tracto neural (Walhovd et al., 2012; Monnelly et al., 2018), dimensiones cerebrales reducidas (Yuan et al., 2014) y diferencias del hipocampo (Rae et al., 2019). Además, los niños mostraron una reducción en el tamaño de los ganglios basales, el tálamo y la sustancia blanca cerebelosa, también una activación BOLD (dependiente del nivel de oxígeno en la sangre) diferente (Sirnes et al., 2018; Sirnes et al., 2017).

Por otra parte, los estudios experimentales con modelos animales sugieren que la exposición prenatal a la metadona también puede modificar el desarrollo de los sistemas dopaminérgico, colinérgico y serotoninérgico, y alterar la mielinización. Eventualmente, esta exposición temprana a los opioides, junto con otras drogas, conduce a consecuencias conductuales que incluyen depresión, ansiedad y deterioro del aprendizaje, la memoria y la función social (Chen et al., 2015; Robinson et al., 1996; Wong et al., 2014). Además, se ha demostrado que las ratas desarrollaron tolerancia a la morfina más rápido cuando fueron expuestas prenatalmente a la morfina y a los medicamentos OMT (Chiang et al., 2010). De manera diferente, cuando están expuestos perinatalmente a la metadona parecen

inducir dependencia física (Kunko et al., 1996). Esta evidencia contradictoria probablemente esté relacionada con el tiempo de exposición, la dosis y el probable uso concomitante de drogas.

Los efectos de una sola sustancia de abuso en el desarrollo del cerebro son difíciles de distinguir. Resulta imprescindible que, profesionistas de la salud y en educación, tengan presente que los factores uterinos externos junto con la adicción en sí misma a menudo están vinculados con el riesgo de características de desarrollo deficientes y que los factores demográficos como la pobreza, la atención prenatal deficiente, la nutrición insuficiente, el uso de otras drogas, el uso de sustancias paternas y, en el caso del alcohol, el alcoholismo materno intergeneracional puede exacerbarlo.

Por otro lado, los niños de madres dependientes de opioides y polisustancias que fueron desintoxicadas antes o durante el embarazo no informaron variaciones neuroanatómicas en comparación con el grupo sin exposición prenatal (Walhovd et al., 2015). Cabe señalar que hay pocos datos sobre los resultados en niños, especialmente en relación con otros fármacos. Curiosamente, Wong y colaboradores (2004) demuestran que el tratamiento prenatal con metadona mejora la sensibilización conductual locomotora a la administración de metanfetamina en ratas adolescentes. Las ratas tratadas también mostraron una mayor reinstauración de la sensibilización del comportamiento locomotor, incluso cuando la administración se había detenido durante 96 h. Estos resultados demuestran una afectación del Sistema Dopaminérgico (implicado en procesos de tipo atencional, motor y motivacional) por lo que la exposición prenatal a la metadona podría estar promoviendo la susceptibilidad al desarrollo de una adicción en edades más avanzadas. Esto podría proporcionar una referencia para las recetas de medicamentos en los jóvenes de estas mujeres embarazadas que están siendo tratadas con metadona.

Con el fin de proporcionar una mejor comprensión de los hallazgos con respecto al impacto en el desarrollo neurológico derivado de la exposición prenatal y temprana a opioides, la tabla 1 tiene un resumen de estudios que han probado diferentes exposiciones a opioides pre y perinatales y luego someten a la descendencia a varias mediciones para describir las consecuencias del insulto.

TABLA 1

Desarrollo del Sistema Nervioso Central bajo exposición temprana a opioides

HITO NEURONAL		HUMANO
Crecimiento de estructuras neuronales (Bayer et al., 1993). Pico de crecimiento cerebral (Dobbing y Sands, 1979). El cerebro alcanza el 90-95% del peso adulto (Dobbing y Sands, 1979).	NACIMIENTO 2-3 años	El síndrome de abstinencia neonatal (NAS), o síntomas de abstinencia, ocurre en el 55-94% de los recién nacidos expuestos a opiáceos. Los datos mostraron que los analgésicos opioides contribuyeron al aumento de la exposición prenatal a medicamentos y el síndrome de abstinencia neonatal en el estado de Washington (Creanga et al, 2012).
		La exposición prenatal a la metadona se asoció con alteración en los principales tractos de materia blanca (Monnelly et al, 2018). Los bebés de usuarios de metadona mostraron convulsiones convulsivas e hiperbilirrubinemia grave con mayor frecuencia (Zelson et al, 1973). Retraso en la función cognitiva general a los 3 años (Wilson et al., 1979). Los niños de 13 a 44 días de edad de madres mantenidas con metadona demuestran diferencias tempranas en el desarrollo de los tractos conectivos cerebrales (Walhovd et al, 2012). A los 3, 6, 12, 24 y 36 meses de edad no se encontraron efectos del crecimiento de la buprenorfina, el desarrollo cognitivo, las habilidades del lenguaje, el procesamiento sensorial y el temperamento (Kaltenbach et al, 2018).
Fraccionamiento/especialización de redes neuronales de la corteza prefrontal (maduración estructural) (Tsujimoto, 2008),	Menor capacidad verbal y problemas de lectura y habilidades aritméticas (Ornoy et al., 2001). El resultado de los hijos de madres dependientes de drogas (81,4% dependientes de opioides) disminuyó en los siguientes aspectos: ítems obstétricos (incluida la edad gestacional y el peso al nacer), crecimiento físico, desarrollo neurológico, inteligencia, comportamiento, competencia social y estatus social (cuidado de crianza) (Soepatmi, 1994).	

FUENTE: elaboración propia.

HITO NEURONAL	HUMANO
Volumen máximo de materia gris y grosor cortical (Bansal et al., 2008).	Sin retraso cognitivo entre los 6 y los 13 años de edad (DeCubas y Field, 1993). Los niños expuestos a opiáceos eran más propensos a tener TDAH a los 10 años de edad (Hans, 1989).
Reducción de la densidad sináptica, alcanzando una meseta en los niveles adultos (Huttenlocher, 1979).	Los volúmenes de los ganglios basales, el tálamo y la sustancia blanca cerebelosa se redujeron en niños expuestos a opiáceos prenatales de 10 a 14 años de edad (Sirnes et al, 2017). Los niños expuestos a opiáceos prenatales de 10 a 14 años tenían un cíngulo anterior y la corteza orbitofrontal lateral más delgadas, y el pálido y el putamen se redujeron (Walhovd et al 2007).
Niveles adultos de neurotransmisores (Romijn et al., 1991). Niveles adultos de densidad sináptica (Huttenlocher, 1979).	Los participantes de 17 a 22 años con exposición a opiáceos y polifármacos en el útero exhiben volúmenes neuroanatómicos más pequeños (Nygaard et al, 2018).

NOTA: Continuación tabla 1

FUNCIONAMIENTO COGNITIVO

A medida que el cerebro humano se desarrolla, múltiples vías neuronales se conectan desde el período prenatal hasta la adolescencia. La exposición a drogas durante el desarrollo puede conducir a déficits funcionales y cognitivos durante la adolescencia y los años escolares, que se definen como las edades entre 3 y 15 años. Esta población es nuestro enfoque principal basado en las regiones cerebrales esenciales que maduran durante este tiempo, como las áreas subcorticales y corticales. En estas áreas, estructuras como la corteza prefrontal y la amígdala, que controlan la toma de decisiones y la regulación emocional, aún se están desarrollando y, por lo tanto, son vulnerables a factores externos que pueden alterar su plasticidad. Un desequilibrio en estos sistemas puede causar más impulsividad, menos autocontrol y más toma de riesgos que se pueden mostrar en el hogar o en el aula.

Actualmente, la literatura en humanos sobre los efectos de la exposición prenatal a las drogas en el cerebro en desarrollo se ha centrado principalmente en el uso de psicoestimulantes o analgésicos, como la cocaína y la metanfetamina. Si bien esta investigación sigue siendo relevante para las crecientes tasas de abuso de drogas en adolescentes, la investigación sobre el uso exclusivo de opiáceos o polidrogas en pacientes es muy baja derivado de diversos factores externos, puesto que muchos drogadictos usan más de una droga durante su tiempo de adicción, es seguro asumir que los resultados cognitivos que pueden resultar de la adicción a los opiáceos son similares a los de un adicto a los psicoestimulantes. Por lo tanto, el propósito de esta sección es la revisión de la literatura sobre los déficits emocionales y cognitivos observados por la exposición previa a sustancias polidrogas en niños en edad escolar.

LÓBULO FRONTAL Y ACTIVACIÓN DEL HIPOCAMPO

La cognición puede describirse como la acción mental o el proceso de aprendizaje y comprensión a través de estándares más altos de pensamiento. Entre los 3-15 años de edad, el cerebro en desarrollo está solidificando las estructuras cerebrales esenciales para los procesos cognitivos implicados en las actividades educativas. Estos mismos años también son importantes para examinar cuáles podrían ser los efectos de la exposición prenatal a medicamentos en ciertas estructuras cerebrales como la corteza prefrontal y las estructuras corticales relacionadas con dichas habilidades intelectuales. Un estudio de 2017 realizado por Sirnes y otros, probó esta relación de los efectos de la exposición prenatal a opioides en los niños durante una tarea de memoria de trabajo. Sirnes planteó la hipótesis de que los niños expuestos a la droga se desempeñarían deficientemente en la tarea de memoria de trabajo que los niños de control. Después de ejecutar la tarea de palabras de color de Stroop (Braver et al., 1997; Stroop, 1935), los resultados mostraron esta hipótesis, puesto que los niños expuestos a la droga respondiendo correctamente un promedio de aproximadamente 85% en comparación con la precisión del 90% del control (Sirnes et al., 2017). Este estudio también analizó la relación entre la corteza prefrontal y el rendimiento de la memoria utilizando Resonancia Magnética Funcional, encontrando que el grupo expuesto al fármaco tenía una mayor activación del área cortical prefrontal en comparación con el grupo de control durante la tarea de memoria de trabajo.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos sobre la relación entre los niños expuestos a opioides y el rendimiento cognitivo, donde los resultados indican un rendimiento más lento y disminuido (Konijnenberg y Melinder, 2015). Contrariamente a estos resultados, hay informes sobre una activación opuesta de la corteza prefrontal que también puede tener un efecto sobre el rendimiento intelectual. Recientemente se informó que una disminución de la activación de la corteza prefrontal y otras regiones corticales muestran ligeras diferencias entre los niños expuestos a drogas y el grupo de control (Schweitzer et al., 2015).

Por otro lado, la disminución del rendimiento en una tarea de memoria de trabajo se ha relacionado con una disminución de la actividad cortical prefrontal (Roussotte et al., 2011). Sobre la base de diversos estudios, se puede sugerir que la exposición prenatal al fármaco tiene un efecto sobre el área cortical prefrontal en niños; sin embargo, es necesario realizar más investigación para encontrar la relación directa entre esta área cortical y el rendimiento cognitivo.

Se sabe que la exposición prenatal a opioides crea múltiples efectos físicos en el cerebro en desarrollo. Junto con la corteza prefrontal, los investigadores también han encontrado que las estructuras cerebrales subcorticales se ven afectadas. Una de las estructuras cerebrales más importantes dentro de esta área es el hipocampo, que es importante en la memoria, la atención y el funcionamiento ejecutivo. Los investigadores han descubierto que el daño a esta área podría afectar las tareas incidentales de memoria (tipo de recuperación de memoria en la que las personas no son conscientes de la necesidad de recordar información). Se ha encontrado que los niños expuestos prenatalmente tienen la mayoría de los problemas para mejorar su memoria incidental a lo largo del tiempo en comparación con los niños no expuestos (Betancourt et al., 2011).

Un estudio realizado por Riggins y colaboradores (2012) buscó investigar la relación entre la exposición prenatal a drogas en edad escolar (primero a los 6 años, luego a los 14 años) y su capacidad de memoria declarativa en una tarea de memoria incidental, también compararon estos resultados con el volumen del hipocampo para determinar esa relación, basándose en investigaciones previas que determinaron que los volúmenes más grandes del hipocampo están relacionados con un peor rendimiento (Sowell et al., 2001; Van Petten, 2004). Los resultados fueron pequeños pero significativos, encontrando que los niños expuestos a drogas prenatalmente tenían un mayor volumen del hipocampo en comparación con los niños control (Riggins et al., 2012). Además, hallaron una disminución en la memoria en los niños expuestos a la droga en comparación con los controles. Estos hallazgos concuerdan con datos previos donde hipocampos más pequeños están relacionados con un mejor rendimiento (Sowell et al., 2001). Aunque los hallazgos en este estudio fueron significativos sin covariables añadidas, la adición de covariables cuenta una historia diferente. Después de ajustar las covariables, como la exposición al alcohol o el nivel de educación de los padres, los resultados disminuyeron ligeramente. Este patrón de cambio podría sugerir que no solo los efectos internos expuestos a medicamentos prenatalmente, como la genética o el desarrollo intrauterino, evidencian implicaciones en un adolescente, sino que factores externos también pueden tener un impacto (Riggins et al., 2012). A partir de este estudio, es posible suponer que la exposición prenatal a las drogas puede influir directa o indirectamente en un niño, junto con cambios ambientales del entorno de los padres y su escuela.

REGULACIÓN EMOCIONAL

Entre las diversas consecuencias de la exposición prenatal a opioides / drogas está el efecto sobre la regulación emocional del individuo en desarrollo. Durante la edad escolar (de 3 a 15 años), las estructuras cerebrales como la amígdala, que participa en la regulación emocional, todavía se están desarrollando. Se ha sugerido que los cambios en este centro de regulación de la excitación provocados por la exposición prenatal a drogas podrían afectar

el equilibrio entre múltiples redes cerebrales, lo que generaría una descoordinación en la exhibición de emociones durante las interacciones diarias que un niño puede atravesar (Zhihao et al., 2008).

En un estudio realizado por Zhihao y colaboradores (2009), se analizaron la interacción del procesamiento emocional y el esfuerzo de la carga de memoria en la amígdala durante una tarea de memoria de trabajo, junto con la cantidad de actividad de la amígdala que causaría en un grupo prenatalmente expuesto a drogas y un grupo de control. Los resultados indican una relación entre la exposición prenatal a drogas y la excitación emocional, mostrando que el grupo expuesto prenatalmente había aumentado esta excitación durante su tarea en comparación con el grupo control. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que demuestran que la exposición a drogas puede afectar negativamente la regulación emocional de un niño durante la adolescencia, independientemente de la droga específica en cuestión (Zhihao et al., 2009). Aunque los padres de los participantes en este estudio consumieron principalmente cocaína durante su embarazo, se ha sugerido que casi todos los niños expuestos a drogas prenatalmente serán vulnerables al uso de polidrogas durante su desarrollo (Zhihao et al., 2009). A la luz de estos datos, el docente juega un papel importante tanto en la orientación y/o atención o en su defecto canalización de chicos susceptibles a la sobre excitación emocional y su vulnerabilidad al uso de drogas, así como de sus familias.

Se sabe que la exposición prenatal a opioides y polisustancias causa problemas físicos en el desarrollo emocional junto con demostraciones emocionales conductuales de mala regulación. Estudios anteriores han encontrado que los niños expuestos prenatalmente tienen más probabilidades de desarrollar problemas desreguladores en sus años de adolescencia junto con la posibilidad de agresión y problemas de atención (Hans et al., 1996). Un estudio de 2016 realizado por Nygaard y otros probó las diferencias grupales en problemas conductuales y emocionales a ciertas edades (primero a los 4 años, luego volvió a evaluarlos a los 8 años) en grupos expuestos al uso de múltiples sustancias y al uso no relacionado con drogas según los informes de sus cuidadores. Los resultados encontraron que los niños expuestos prenatalmente al abuso de polisustancias a los 8 años de edad mostraron más desregulación emocional y problemas de atención que los niños sin exposición a drogas (Nygaard et al., 2016).

Esto es consistente con estudios previos de este mismo grupo de edad que sugieren que los niños expuestos prenatalmente en los años de primaria tienen más probabilidades de exhibir problemas de atención y comportamiento que los niños no expuestos (De Cubas et al., 1993). Los hallazgos de Nygaard plantean la cuestión del impacto del entorno de un niño en su desarrollo; Estudios anteriores han encontrado que no solo los niños expuestos a las drogas prenatalmente mostrarán problemas de regulación emocional, sino también los

niños que viven con cuidadores que usan drogas (Davis y Templer, 1998). A pesar de estudios anteriores que sugieren que el cuidador con el que se cría a un niño hace la mayor diferencia en el resultado de la regulación emocional (Ornoy et al., 2001); ambos estudios aún demuestran que los chicos expuestos a las drogas parecen mostrar la mayor cantidad de problemas de comportamiento, como agresión y ansiedad (Nygaard et al., 2016). Con base en estos hallazgos, se puede sugerir nuevamente que no solo las interacciones internas con el infante determinarán su desarrollo adolescente, sino que el entorno externo en el que se cría también puede determinar su futuro. En consecuencia, Privilegiar entornos educativos favorables con estrategias educativas que desarrollen metafunciones (cognición social, autoevaluación, metacognición) y donde el fomento de elementos axiológicos represente un factor que apueste por la autorregulación.

INTERACCIÓN SOCIAL

Investigaciones anteriores han mostrado ejemplos conductuales y emocionales sobre desventajas de la exposición perinatal a las drogas. Sin embargo, A medida que los niños se desarrollan, en la adolescencia temprana se debe observar cómo su comportamiento social puede verse afectado debido a los déficits internos (Riggins et al., 2012). Estudios indican que el comportamiento materno y la angustia influyen en el tipo de comportamiento que el niño puede tener en edad preescolar y primaria (Konijenberg et al., 2014). Se ha encontrado que la interacción que proporciona un cuidador (sean los padres, docentes, asistente de hogar o familiares) puede afectar el desarrollo social, emocional, cognitivo y lingüístico a través de múltiples formas (Connor et al., 2002). Algunos ejemplos de cómo las interacciones negativas pueden ser perjudiciales en un niño expuesto a drogas prenatalmente son su influencia en la autoestima y la exploración de su entorno (Connor et al., 2002). Dado que los infantes, están con su cuidador la mayor parte del tiempo (cabe mencionar que los centros escolares son espacios donde pasan un tiempo considerable) y las interacciones negativas en el hogar y escuela podrían conducir a tergiversaciones de sí mismos o de otros (Tronick et al., 2005).

En un estudio reciente de Konijenberg y colaboradores (2016) se probó la teoría de la exposición prenatal y la interacción madre-hijo en el desarrollo cognitivo de los niños. Evaluado a los 12 meses y nuevamente a los 4 años de edad, se registraron las interacciones entre ellos, junto con las capacidades cognitivas; encontrando que en la prueba cognitiva los niños expuestos a las drogas fueron significativamente más bajos en comparación con los niños no expuestos en 7 de 10 tareas cognitivas realizadas. Aunque estos hallazgos son consistentes con estudios previos de interacciones madre-hijo previas a la exposición, se ha sugerido que las diferencias entre los grupos también pueden deberse a la cognición de la madre. Mientras que los niños pasan por sus déficits de desarrollo, las madres expuestas a las

drogas también tienen sus propios problemas de comportamiento (Ainsworth et al., 1974). Las madres de niños expuestos a drogas mostraron más emociones negativas, menos adaptabilidad al comportamiento de un niño y tenían menos motivación en general para regular a sus hijos (Konijenberg et al., 2016). Como se mencionó anteriormente, esta disminución en la interacción positiva puede ser una respuesta natural al comportamiento del niño y podría causar más irritación en la madre de lo que un niño tranquilo puede crear. A partir de los hallazgos del estudio Konijenberg, se podría suponer que la necesidad de más investigación en este campo y una mayor información y orientación parental para las mujeres embarazadas adictas a los opioides para que su hijo tenga una adolescencia más equilibrada (Slade et al., 2005).

ALTERNATIVAS PARA ABORDAR LOS DÉFICITS CEREBRALES EN EL COMPORTAMIENTO Y EN LOS PROCESOS COGNITIVOS

En la década de 1990 a 2000, las compañías farmacéuticas comenzaron a promover el uso de medicamentos opioides para tratar el dolor crónico y agudo, a pesar de la falta de investigación sobre las consecuencias a largo plazo. Esto llevó a un uso creciente y persistente de opioides como el principal fármaco de elección para tratar estos dolores, y ahora es un importante problema de salud pública. Los niños expuestos a opioides muestran afectación en su rendimiento en el aula. La respuesta del sistema educativo ha sido limitada, ya que los estudios sobre el tema parecen tener resultados contradictorios y la variabilidad de los niños también dificulta un enfoque adecuado. La creciente investigación sobre poblaciones expuestas a opioides ha surgido como resultado del deterioro en esta generación. Todavía existe una gran preocupación sobre las estrategias de salud, psicológicas y educativas adecuadas para manejar las diversas complicaciones cognitivas y conductuales que involucran a estos bebés.

Según un estudio realizado por Aguilar y colaboradores (2005), el problema más común en neonatos cuya madre ha consumido heroína durante la gestación, es el Síndrome de Abstinencia en las primeras 48 h y ocurre entre 42 a 68% de los casos. Un estudio realizado sobre la exposición prenatal a la cocaína crack (Kirkham, 1995) ha sugerido múltiples formas de manejar a un niño que puede tener problemas de comportamiento del desarrollo. Mismo que, en Estados Unidos se ha asumido como uno quede los métodos útiles para los docentes y tutores en general:

TABLA 2

Estrategias para el manejo de niños con alteraciones en el desarrollo derivadas de la exploración prenatal a cocaína

ALTERACIÓN	ESTRATEGIA
Tiene problemas para recordar	Crear listas para el niño Haga que el niño tome notas para sí mismo Establezca pequeñas señales alrededor del entorno del espacio físico para mantener la repetición
Tiene problemas para explicarse verbalmente	Haga preguntas al niño para ayudar a guiarlo hacia la información que le gustaría saber Haga que el niño practique el diario para poner sus ideas en una página No presione al niño para que responda de inmediato, permita que el niño responda a su propio ritmo.
Tiene problemas para comprender	Dividir las tareas domésticas y escolares en trabajos más pequeños Anote las tareas necesarias para el niño Haga que el niño practique repetir las instrucciones para ayudarlo a entender lo que se necesita No introduzca una nueva habilidad hasta que la antigua esté terminada
Tiene incapacidad para comportarse apropiadamente	Ignorar los comentarios autodepreciatorios: use refuerzo positivo en las cosas por las que el niño se siente molesto por hacer Tener un área de tiempo libre o espacio para el mal comportamiento Proporcionar una atención más positiva al niño Discuta la medida alternativa que el niño podría haber hecho al hacer una actividad negativa para cambiar las direcciones futuras

NOTA: Elaboración propia, retomado de Kirkham, 1995.

Como se mencionó anteriormente, la relación entre la madre o tutor y un niño prenatalmente expuesto a las drogas es un ciclo de retroalimentación positiva en el que, a medida que el infante se vuelve más ansioso en su entorno, esto causa más estrés en la madre para calmar al niño. Lo que supondría que estos padres necesitan un sistema de apoyo para poder sobrellevar de la mejor manera dicha situación. Al respecto, el *Centro Nacional de Entornos de Aprendizaje Seguros y de Apoyo*, financiado por la Oficina de Estudiantes Seguros y Saludables del Departamento de Educación de los Estados Unidos, busca mejorar las condiciones escolares para el aprendizaje a través de la medición y la implementación del programa para que todos los estudiantes puedan lograr el éxito académico en entornos seguros y de apoyo. En esta línea, nuestro vecino del norte tiene mayor experiencia lidiando con la epidemia de opioides, que ha sido un problema de salud pública.

También hay varios programas en Estados Unidos enfocados en los padres que abordan los problemas de adicción a las drogas y pueden incluir intervenciones especializadas para las familias remitidas a los sistemas de bienestar o protección infantil, mejorando las relaciones entre padres e hijos y creando vínculos dentro de la comunidad. Algunos ejemplos son: el Refuerzo Comunitario y la Capacitación Familiar (CRAFT, por su traducción), los tribunales de tratamiento de la dependencia familiar, los grupos familiares Nar-Anon, el abuso de opioides, la dependencia y la adicción en el embarazo y los equipos de Tratamiento y Recuperación de Sobriedad (START, por sus siglas en inglés). Otra estrategia es el apoyo que ofrecen los sitios Web como el NIDA (Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de Estados Unidos) que ofrece herramientas y recursos para todas las personas, incluidos pacientes, familias, padres (NIDA para padres), educadores (NIDA para maestros), niños y adolescentes. Así que, las familias que tienen acceso a una red informal de apoyo de tratamiento de drogas, proveedores de atención médica y servicios de trabajadores sociales, amigos, parientes y otros tienen mejores posibilidades de superar los retrasos en el desarrollo y los déficits de comportamiento.

CONCLUSIONES

La investigación de opioides en humanos se ha centrado principalmente en estudios de uso de drogas múltiples. Esto viene con diversas desventajas, entre las que se encuentra la incapacidad para identificar las neurovías específicas que se ven afectadas y la gravedad del daño al infante expuesto. Cada medicamento exhibe varios resultados conductuales y físicos en el bebé, lo que podría conducir a un diagnóstico neuropsicológico erróneo y, en consecuencia, una intención pedagógica o bien un tratamiento que no solo sería ineficaz, sino que posiblemente agravaría o enmascararía la condición real del bebé. Debido a la dificultad para encontrar usuarios exclusivos de opioides, la mayoría de los estudios clínicos son de policonsumidores. En aquellas investigaciones en las que los participantes cumplen con los criterios restrictivos de opioides, los tamaños de la muestra son muy limitados, lo que dificulta discutir si los hallazgos son significativamente relevantes o incluso relacionados con la exposición a drogas. Una forma de abordar esta limitación es el uso de modelos animales, ya que nos permiten controlar las variables de tal manera que se pueden realizar abordajes neurobiológicos y, por lo tanto, correlacionar los resultados con un marco experimental válido en el campo.

Si bien la mayor parte de la evidencia establecida en modelos animales se basa en la morfina como el principal fármaco de estudio, hay información limitada sobre la oxicodona o la metadona, que son opiáceos con un alto uso en los sectores hospitalario y de rehabilitación, y con un número creciente de usuarios. Dado que el sistema opioide tiene un papel principal en el esquema de la recompensa, esto podría causar un mal funcionamiento en el cerebro

del feto en desarrollo teniendo un *sistema de recompensa* más propenso al uso de drogas. Además, hay una brecha de conocimiento en el proceso de lactancia materna relacionada con el uso simultáneo de opioides y otras drogas como cannabis, nicotina u otros medicamentos recetados para afecciones anteriores. La combinación puede tener efectos sobre los resultados neuroconductuales a largo plazo en el niño. Por lo que, a medida que las nuevas generaciones de bebés expuestos a los opioides durante el desarrollo temprano están creciendo, se ha vuelto fundamental comprender las implicaciones neuropsicológicas y neuronales que afectarán la evolución de esa población, y considerar el impacto en los procesos de aprendizaje que ha creado la epidemia de opioides. Los modelos animales pueden proporcionar información importante sobre los mecanismos subyacentes a la gama de resultados observados después de la exposición fetal, los períodos críticos y proporcionar información sobre los mecanismos moleculares subyacentes y los circuitos posteriores al desarrollo de la exposición mental a opioides; Sin embargo, es necesario generar mayor investigación en humanos, sobre todo en sujetos con un cerebro en desarrollo.

Es preciso indicar que, en la actualidad las niñas y niños y adolescentes se encuentran en situación de riesgo; ante ello, es necesario identificar oportunamente dichas situaciones, pues se encuentran expuestos a un sinnúmero de elementos que pueden generar alteraciones emocionales y de tipo cognitivas.

Finalmente, la información presentada y los resultados de las múltiples investigaciones citadas dan pie a la reflexión docente de cualquier centro escolar (sin importar el nivel) sobre su punto de incidencia en la formación de los niños y niñas expuestos a dichas condiciones. Sobre todo, para el docente marca trascendencia toda vez que son elementos que deben considerarse dentro de la práctica docente, ya que es necesario no sólo implementar prácticas innovadoras, sino estar en una constante reflexión no solo de su práctica sino del contexto en el que se desarrolla esta.

REFERENCIAS

- Aguilar C.A.M., Soria R.C.G., Hernández G.A.L., y Abdalá, A. L. (2005). Neonatal morbidity caused by drug addiction of pregnant women. *Acta Pediátrica de México*, 26(5), 244-249. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDREVISTA=74&IDARTICULO=6151&IDPUBLICACION=736>
- Bandstra, E. S., Morrow, C. E., Mansoor, E., y Accornero, V. H. (2010). Prenatal drug exposure: infant and toddler outcomes. *Journal of addictive diseases*, 29(2), 245-258. DOI: <https://doi.org/10.1080/10550881003684871>

- Bansal, R., Gerber, A. J., y Peterson, B. S.** (2008). Brain morphometry using anatomical magnetic resonance imaging. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(6), 619. DOI: <https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e31816c54ed>
- Bayer, S.A., Altman, J., Russo, R.J., y Zhang, X.** (1993). Timetables of neurogenesis in the human brain based on experimentally determined patterns in the rat. *NeuroToxicology*, 14, 83-144. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1741-4520.2002.tb00862.x>
- Betancourt, L. M., Yang, W., Brodsky, N. L., Gallagher, P. R., Malmud, E. K., Giannetta, J. M., ... y Hurt, H.** (2011). Adolescents with and without gestational cocaine exposure: longitudinal analysis of inhibitory control, memory and receptive language. *Neurotoxicology and teratology*, 33(1), 36-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2010.08.004>
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., y Noll, D. C.** (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5(1), 49-62. DOI: <https://doi.org/10.1006/nimg.1996.0247>
- Chen, H. H., Chiang, Y. C., Yuan, Z. F., Kuo, C. C., Lai, M. D., Hung, T. W., ... y Chen, S. T.** (2015). Buprenorphine, methadone, and morphine treatment during pregnancy: behavioral effects on the offspring in rats. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 609-618. DOI: 10.2147/NDT.S70585
- Chiang, Y. C., Hung, T. W., Lee, C. W. S., Yan, J. Y., y Ho, I. K.** (2010). Enhancement of tolerance development to morphine in rats prenatally exposed to morphine, methadone, and buprenorphine. *Journal of biomedical science*, 17, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-46>
- Rae, C., Christmas, D., Wright, I., Feller, J., Abdel-Latif, M., Clews, S., ... y Oei, J.** (2019). MR Spectroscopic Changes in Infants Exposed to Prenatal Opioids: A Pilot Study. In *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med*, 27, 2537. <https://archive.ismrm.org/2019/2537.html>
- Creanga, A. A., Sabel, J. C., Ko, J. Y., Wasserman, C. R., Shapiro-Mendoza, C. K., Taylor, P., ... y Paulozzi, L. J.** (2012). Maternal drug use and its effect on neonates: a population-based study in Washington State. *Obstetrics y Gynecology*, 119(5), 924-933. DOI: 10.1097/AOG.0b013e31824ea276
- Davis, D. D., y Templer, D. I.** (1988). Neurobehavioral functioning in children exposed to narcotics in utero. *Addictive Behaviors*, 13(3), 275-283. DOI: [https://doi.org/10.1016/0306-4603\(88\)90054-8](https://doi.org/10.1016/0306-4603(88)90054-8)
- De Cubas, M. M., y Field, T.** (1993). Children of methadone- dependent women: developmental outcomes. *American journal of orthopsychiatry*, 63(2), 266-276. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0079429>

- Dobbing, J., y Sands, J. (1979). Comparative aspects of the brain growth spurt. *Early human development*, 3(1), 79-83. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-3782\(79\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0378-3782(79)90022-7)
- Hans, S. L. (1996). Prenatal drug exposure: Behavioral functioning in late childhood and adolescence. *NIDA Res Monogr*, 164, 261-76.
- Hans, S. L. (1989). Developmental consequences of prenatal exposure to methadone. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 562, 195-207. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1989.tb21018.x>
- Huttenlocher, P. R. (1979). Synaptic density in human frontal cortex—developmental changes and effects of aging. *Brain Res*, 163(2), 195-205. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(79\)90349-4](https://doi.org/10.1016/0006-8993(79)90349-4)
- Jones, H. E., Finnegan, L. P., y Kaltenbach, K. (2012). Methadone and buprenorphine for the management of opioid dependence in pregnancy. *Drugs*, 72, 747-757. DOI: <https://doi.org/10.2165/11632820-000000000-00000>
- Jones, H. E., Fischer, G., Heil, S. H., Kaltenbach, K., Martin, P. R., Coyle, M. G., ... y Arria, A. M. (2012). Maternal Opioid Treatment: Human Experimental Research (MOTHER)—approach, issues and lessons learned. *Addiction*, 107, 28-35. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2012.04036.x>
- Kaltenbach, K., O'Grady, K. E., Heil, S. H., Salisbury, A. L., Coyle, M. G., Fischer, G., ... y Jones, H. E. (2018). Prenatal exposure to methadone or buprenorphine: early childhood developmental outcomes. *Drug and alcohol dependence*, 185, 40-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2017.11.030>
- Keegan, J., Parva, M., Finnegan, M., Gerson, A., y Belden, M. (2010). Addiction in pregnancy. *Journal of addictive diseases*, 29(2), 175-191. DOI: <https://doi.org/10.1080/10550881003684723>
- Kirkham, M. (1995). The Prenatal Use of Crack Cocaine: *How it Affects Children and How Schools Can Respond*. <https://www.wku.edu>
- Konijnenberg, C., Sarfi, M., y Melinder, A. (2016). Mother-child interaction and cognitive development in children prenatally exposed to methadone or buprenorphine. *Early human development*, 101, 91-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.08.013>
- Kunko, P. M., Smith, J. A., Wallace, M. J., Maher, J. R., Saady, J. J., y Robinson, S. E. (1996). Perinatal methadone exposure produces physical dependence and altered behavioral development in the rat. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 277(3), 1344-1351.
- Li, Z., Coles, C. D., Lynch, M. E., Hamann, S., Peltier, S., LaConte, S., y Hu, X. (2009). Prenatal cocaine exposure alters emotional arousal regulation and its effects on working memory. *Neurotoxicology and teratology*, 31(6), 342-348.

- Li, Z., Santhanam, P., Coles, C. D., Lynch, M. E., Hamann, S., Peltier, S., y Hu, X. (2013). Prenatal cocaine exposure alters functional activation in the ventral prefrontal cortex and its structural connectivity with the amygdala. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 213(1), 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2012.12.005>
- Maeda, A., Bateman, B. T., Clancy, C. R., Creanga, A. A., y Leffert, L. R. (2014). Opioid Abuse and Dependence during PregnancyTemporal Trends and Obstetrical Outcomes. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 121(6), 1158-1165. DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000472>
- Martin, C. E., Longinaker, N., Mark, K., Chisolm, M. S., y Terplan, M. (2015). Recent trends in treatment admissions for marijuana use during pregnancy. *Journal of addiction medicine*, 9(2), 99-104. DOI: 10.1097/ADM.0000000000000095
- Minnes, S., Lang, A., y Singer, L. (2011). Prenatal tobacco, marijuana, stimulant, and opiate exposure: outcomes and practice implications. *Addiction science & clinical practice*, 6(1), 57. PMCID: PMC3188826
- Minozzi, S., Amato, L., Bellisario, C., Ferri, M., y Davoli, M. (2013). Methadone agonist treatments for opiate dependent pregnant women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, 6182.
- Minozzi, S., Amato, L., Jahanfar, S., Bellisario, C., Ferri, M., y Davoli, M. (2020). Maintenance agonist treatments for opiate dependent pregnant women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11).
- Monnelly, V. J., Anblagan, D., Quigley, A., Cabez, M. B., Cooper, E. S., Mactier, H., ... y Boardman, J. P. (2018). Prenatal methadone exposure is associated with altered neonatal brain development. *NeuroImage: Clinical*, 18, 9-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.12.033>
- Muhuri, P. K., y Gfroerer, J. C. (2009). Substance use among women: associations with pregnancy, parenting, and race/ethnicity. *Maternal and child health journal*, 13, 376-385. DOI: 10.1007/s10995-008-0375-8.
- Nygaard, E., Slinning, K., Moe, V., y Walhovd, K. B. (2016). Behavior and attention problems in eight-year-old children with prenatal opiate and poly-substance exposure: a longitudinal study. *PLoS One*, 11(6), e0158054. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158054>
- Nygaard, E., Slinning, K., Moe, V., Due-Tønnessen, P., Fjell, A., y Walhovd, K. B. (2018). Neuroanatomical characteristics of youths with prenatal opioid and poly-drug exposure. *Neurotoxicology and Teratology*, 68, 13-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2018.04.004>

- O'Connor, T. G. (2002). Annotation: The effects of parenting reconsidered: findings, challenges, and applications. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(5), 555-572. DOI: <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00046>
- Ornø, A., Segal, J., Bar Hamburger, R., y Greenbaum, C. (2001). Developmental outcome of schoolage children born to mothers with heroin dependency: Importance of environmental factors. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(10), 668-675. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2001.tb00140.x>
- Patrick, S. W., Davis, M. M., Lehmann, C. U., y Cooper, W. O. (2015). Increasing incidence and geographic distribution of neonatal abstinence syndrome: United States 2009 to 2012. *Journal of Perinatology*, 35(8), 650-655. DOI: <https://doi.org/10.1038/jp.2015.36>
- Patrick, S. W., Dudley, J., Martin, P. R., Harrell, F. E., Warren, M. D., Hartmann, K. E., ... y Cooper, W. O. (2015). Prescription opioid epidemic and infant outcomes. *Pediatrics*, 135(5), 842-850. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3299>
- Riggins, T., Cacic, K., Buckingham-Howes, S., Scaletti, L. A., Salmeron, B. J., y Black, M. M. (2012). Memory ability and hippocampal volume in adolescents with prenatal drug exposure. *Neurotoxicology and teratology*, 34(4), 434-441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2012.05.054>
- Robinson, S. E., Guo, H., Maher, J. R., McDowell, K. P., y Kunko, P. M. (1996). Postnatal methadone exposure does not prevent prenatal methadone-induced changes in striatal cholinergic neurons. *Developmental brain research*, 95(1), 118-121. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-3806\(96\)00045-4](https://doi.org/10.1016/0165-3806(96)00045-4)
- Romijn, H. J., Hofman, M. A., y Gramsbergen, A. (1991). At what age is the developing cerebral cortex of the rat comparable to that of the full-term newborn human baby?. *Early human development*, 26(1), 61-67. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-3782\(91\)90044-4](https://doi.org/10.1016/0378-3782(91)90044-4)
- Roussotte, F. F., Bramen, J. E., Nunez, S. C., Quandt, L. C., Smith, L., O'Connor, M. J., ... y Sowell, E. R. (2011). Abnormal brain activation during working memory in children with prenatal exposure to drugs of abuse: the effects of methamphetamine, alcohol, and polydrug exposure. *Neuroimage*, 54(4), 3067-3075. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.072>
- Schweitzer, J. B., Riggins, T., Liang, X., Gallen, C., Kurup, P. K., Ross, T. J., ... y Salmeron, B. J. (2015). Prenatal drug exposure to illicit drugs alters working memory-related brain activity and underlying network properties in adolescence. *Neurotoxicology and teratology*, 48, 69-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2015.02.002>
- Sirnes, E., Elgen, I. B., Chong, W. K., Griffiths, S. T., y Aukland, S. M. (2017). Cerebral Magnetic Resonance Imaging in Children With Prenatal Drug Exposure: Clinically Useful?. *Clinical Pediatrics*, 56(4), 326-332. DOI: <https://doi.org/10.1177/0009922816657154>

- Sirnes, E., Griffiths, S. T., Aukland, S. M., Eide, G. E., Elgen, I. B., & Gundersen, H. (2018). Functional MRI in prenatally opioid-exposed children during a working memory-selective attention task. *Neurotoxicology and teratology*, 66, 46-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2018.01.010>
- Sirnes, E., Olstedal, L., Bartsch, H., Eide, G. E., Elgen, I. B., y Aukland, S. M. (2017). Brain morphology in school-aged children with prenatal opioid exposure: A structural MRI study. *Early human development*, 106, 33-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.01.009>
- Slade, A., Sadler, L., De Dios-Kenn, C., Webb, D., Currier-Ezepchick, J., y Mayes, L. (2005). Minding the baby: A reflective parenting program. *The psychoanalytic study of the child*, 60(1), 74-100. DOI: <https://doi.org/10.1080/00797308.2005.11800747>
- Soepatmi, S. (1994). Developmental outcomes of children of mothers dependent on heroin or heroin/methadone during pregnancy. *Acta Paediatrica*, 83, 36-39. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1994.tb13382.x>
- Sowell, E. R., Delis, D., Stiles, J., y Jernigan, T. L. (2001). Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: a structural MRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(3), 312-322. DOI: <https://doi.org/10.1017/S135561770173305X>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. DOI: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0054651>
- Tsujimoto, S. (2008). The prefrontal cortex: Functional neural development during early childhood. *The Neuroscientist*, 14(4), 345-358. DOI: <https://doi.org/10.1177/1073858408316002>
- Van Petten, C. (2004). Relationship between hippocampal volume and memory ability in healthy individuals across the lifespan: review and meta-analysis. *Neuropsychologia*, 42(10), 1394-1413. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.006>
- Walhovd, K. B., Watts, R., Amlien, I., y Woodward, L. J. (2012). Neural tract development of infants born to methadone-maintained mothers. *Pediatric Neurology*, 47(1), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2012.04.008>
- Walhovd, K. B., Bjørnebekk, A., Haabrekke, K., Siqueland, T., Slinning, K., Nygaard, E., ... y Moe, V. (2015). Child neuroanatomical, neurocognitive, and visual acuity outcomes with maternal opioid and polysubstance detoxification. *Pediatric neurology*, 52(3), 326-332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2014.11.008>

- Walhovd, K. B., Moe, V., Slinning, K., Due-Tønnessen, P., Bjørnerud, A., Dale, A. M., ... y Fischl, B.** (2007). Volumetric cerebral characteristics of children exposed to opiates and other substances in utero. *Neuroimage*, 36(4), 1331-1344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.070>
- Wilson, G. S., Desmond, M. M., y Wait, R. B.** (1981). Follow-up of methadone-treated and untreated narcotic-dependent women and their infants: health, developmental, and social implications. *The Journal of pediatrics*, 98(5), 716-722. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(81\)80830-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(81)80830-X)
- Wilson, G. S., McCreary, R., Kean, J., y Baxter, J. C.** (1979). The development of preschool children of heroin-addicted mothers: a controlled study. *Pediatrics*, 63(1), 135-141. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.63.1.135>
- Wong, C. S., Lee, Y. J., Chiang, Y. C., Fan, L. W., Ho, K., y Tien, L. T.** (2014). Effect of prenatal methadone on reinstated behavioral sensitization induced by methamphetamine in adolescent rats. *Behavioural brain research*, 258, 160-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.10.027>
- Yuan, Q., Rubic, M., Seah, J., Rae, C., Wright, I. M., Kaltenbach, K., ... y Oei, J. L.** (2014). Do maternal opioids reduce neonatal regional brain volumes? A pilot study. *Journal of Perinatology*, 34(12), 909-913. DOI: <https://doi.org/10.1038/jp.2014.111>
- Zelson, C., Lee, S. J., y Casalino, M.** (1973). Neonatal narcotic addiction: Comparative effects of maternal intake of heroin and methadone. *New England Journal of Medicine*, 289(23), 1216-1220. DOI: 10.1056/NEJM197312062892303