

## Aspectos fisiológicos que impactan la educación<sup>1</sup>

Autores: Claudio Serfaty, Felipe Beijamini, Fernando Louzada, Sergio Gomes da Silva y Sidarta Ribeiro

Editores: Marília Zaluar Guimarães y Roberto Lent

Según el Informe Innocenti de UNICEF 18, más de 69 millones de niños viven en la pobreza (UNICEF Innocenti, 2023) en países de la OCDE y de la Unión Europea. La pobreza puede medirse como privación monetaria, así como privación no monetaria. La pobreza no monetaria representa cosas básicas de las que se priva a los niños, como la nutrición, el agua, el saneamiento, ropa, vivienda, educación, salud, información y juego. En consecuencia, los niños que viven en la pobreza están sujetos a una multitud de factores perturbadores que socavan su educación, con resultados negativos sustanciales para la edad adulta. Esta multitud de factores disruptivos están directamente asociados con la fisiología y el bienestar de los niños. Aquí discutiremos cómo los factores fisiológicos conviven con los factores psicológicos en la cognición y el aprendizaje escolar, con especial énfasis en la nutrición, la actividad física y el sueño.

### Nutrición

El pleno desarrollo cognitivo depende, en parte, de la maduración del sistema nervioso. Se beneficia de varios factores, como la dieta, la actividad física y el sueño. En las últimas décadas se han detallado los mecanismos por los cuales esos factores se asocian con la salud, y en particular con el aprendizaje y la cognición. Se han reportado impactos devastadores en el desarrollo del sistema nervioso como consecuencia de déficits nutricionales, principalmente debido a una nutrición materna insuficiente o inadecuada. Las deficiencias nutricionales también pueden afectar el rendimiento académico desde la infancia hasta la adolescencia. Además, no es solo la cantidad de alimentos ingeridos en los primeros años de vida, sino también su calidad lo que afecta el rendimiento cognitivo durante la vida escolar. Los aspectos nutricionales también influyen en el desarrollo del cerebro, a pesar del programa genético y otros factores ambientales relacionados con el desarrollo del cerebro. La maduración del cerebro sigue una secuencia temporal con cambios graduales en los circuitos neuronales, comenzando por los sistemas sensoriales, seguidos por el sistema motor y finalmente los sistemas cognitivo y emocional. Por lo tanto, la plasticidad cerebral promueve el desarrollo del cerebro, y los primeros años de vida (hasta 5-7 años) constituyen el período crítico para el desarrollo de los sistemas sensoriales, mientras que los circuitos motores y cognitivos se extienden hasta el final de la adolescencia.

<sup>1</sup> Este documento es una versión parcial actualizada de la publicación *Educación Basada en Evidencias*, publicada en portugués en 2019 por la Red Nacional de Ciencia para la Educación.

Los circuitos neuronales desarrollados durante este período de la vida proporcionarán el sustrato básico para los procesos de aprendizaje. Es importante destacar que el cerebro es particularmente sensible a la estimulación ambiental y vulnerable a condiciones adversas como deficiencias dietéticas y, no menos importante, estrés en los primeros años de vida.

En este marco, la restricción nutricional de aminoácidos esenciales -aquellos que sólo pueden adquirirse a través de los alimentos, como el triptófano- perjudica el desarrollo y la plasticidad de los circuitos del sistema visual en modelos animales. Del mismo modo, la restricción nutricional de los ácidos grasos omega-3, en particular el ácido docosahexaenoico (DHA), altera sustancialmente los parámetros de desarrollo de los circuitos y el curso temporal de los períodos críticos de plasticidad. Se ha informado que los niños con retrasos en el desarrollo de la agudeza visual y déficits de aprendizaje presentan alteraciones significativas en la biodisponibilidad del DHA. Además, las dietas altas en grasas pueden dificultar el aprendizaje, según la evidencia de estudios en animales. Así, la ingesta excesiva de ácidos grasos saturados (AGS) activa genes implicados en procesos inflamatorios. El cerebro en desarrollo es altamente sensible a los mediadores inflamatorios que afectan negativamente la cognición y el aprendizaje. Las dietas altas en grasas saturadas contribuyen al aumento de los mediadores inflamatorios anormales que activan las células cerebrales como la microglía y los astrocitos. Además, se ha observado que un exceso de AGSs disminuye la expresión y el contenido de proteínas del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), un factor neurotrófico importante que es necesario para la plasticidad sináptica en el cerebro. Además, se ha demostrado que los alimentos ultraprocesados, incluidos los ácidos grasos trans industriales y, más recientemente, las grasas interesterificadas, amplifican las señales inflamatorias. Estos alimentos ampliamente consumidos que incluyen refrescos, snacks envasados y bollería, chocolates, helados, embutidos, hamburguesas, se han asociado con un aumento de la inflamación y de las llamadas citoquinas proinflamatorias. En consecuencia, las dietas ricas en ácidos grasos saturados y los alimentos ultraprocesados podrían alterar significativamente las funciones fisiológicas de la microglía y los astrocitos, influyendo en los mecanismos implicados en la formación de circuitos neuronales, la poda sináptica y la plasticidad sináptica. Estos procesos representan las bases celulares y moleculares fundamentales del aprendizaje y la cognición no solo en niños y adolescentes, sino también en adultos.

Estos estudios destacan la importancia de la nutrición durante la primera infancia, lo que significa que la desnutrición es un aspecto significativo que puede alterar el curso temporal y la conectividad del cerebro en desarrollo, con impacto en la capacidad de aprendizaje durante el período escolar. Sin embargo, una nutrición adecuada es importante para el aprendizaje y la educación a lo largo de la vida, ya que de ella dependen numerosos procesos relacionados con el aprendizaje, como la síntesis de ADN, la proliferación celular y el metabolismo de los neurotransmisores. A modo de ejemplo, la materia gris del sistema nervioso, formada por células neuronales y gliales, alcanza su máximo desarrollo entre los 7 y los 11 años de edad. Mientras tanto, la sustancia blanca, compuesta principalmente por fibras axonales, continúa su maduración y desarrollo hasta la edad adulta temprana. Para superar las deficiencias nutricionales, los estudios han demostrado efectos positivos de las intervenciones con cambios en los micronutrientes de la dieta sobre la memoria a corto plazo. Además de la evidencia de los estudios de intervención, los niños que viven en condiciones de inseguridad alimentaria tienen el doble de probabilidades de tener hiperactividad y problemas de atención en comparación con los que viven en un entorno con seguridad alimentaria. El hambre infantil es un fuerte predictor de la salud mental. Los niños de hogares con inseguridad alimentaria presentan tasas 27,9% más altas de síntomas depresivos en comparación con los niños de hogares con seguridad alimentaria. Además, el hambre se ha asociado como predictor de depresión e ideación suicida en adolescentes y adultos tempranos. Además, estos niños obtienen peores resultados en las pruebas de comprensión del lenguaje con retrasos considerables en el desarrollo emocional, motor y cognitivo.

El desarrollo de hábitos alimenticios más saludables debe ser parte de las actividades escolares. Buenos ejemplos son las actividades de jardinería y sus efectos positivos en la preferencia y el consumo de hortalizas por parte de los niños de primaria. Es notable que aumentar el acceso a las verduras también reduce la renuencia a experimentar nuevos tipos de alimentos. Los niños y adolescentes presentan una mayor tasa de uso de glucosa en comparación con los adultos, así como un mayor flujo sanguíneo cerebral y uso de oxígeno por parte del cerebro. Además, los niños y adolescentes pasan más tiempo durmiendo durante la noche en comparación con los adultos, lo que los somete a períodos más largos de ayuno. En consecuencia, se ven especialmente afectados por los efectos positivos de desayunar. En las últimas décadas, varios estudios han evaluado el efecto de la ingesta de desayuno en el rendimiento cognitivo de niños y adolescentes. En la mayoría de ellos, se reportan efectos beneficiosos.

Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los estudios – relacionados con factores como la composición de la comida, el tipo de tareas evaluadas y el tiempo entre el desayuno y su realización – no es posible establecer una relación entre la cantidad de energía ingerida, la composición del desayuno y el rendimiento académico. Por esta razón, la idea generalizada de que el desayuno debe proporcionar al menos el 20% de la energía diaria necesaria para beneficiar el rendimiento cognitivo aún debe ser confirmada por estudios más controlados.

Los programas de alimentación escolar son esenciales para el progreso educativo. Estos programas tienen múltiples efectos positivos, desde la reducción del ausentismo hasta la mejora significativa de la cognición y el rendimiento académico, especialmente cuando se asocian con la suplementación con micronutrientes y las estrategias de desparasitación. Además, las investigaciones en el ámbito escolar que evalúan los efectos inmediatos de la nutrición en el rendimiento académico son aún incipientes. Es necesario realizar una evaluación cuantitativa del impacto de la ingesta calórica, la composición de las comidas, micronutrientes, hidratación, tamaño de las porciones, frecuencia de los alimentos, ventana de alimentación y valores gratificantes de los alimentos en el rendimiento académico. Además, la compleja interacción entre la nutrición, el sueño y el ejercicio debe considerarse cuidadosamente.

## Actividad física

No solo el cuerpo, sino también el cerebro y sus funciones se benefician de la actividad física. La investigación en animales indica que la actividad física en los primeros años de vida mejora el funcionamiento de las redes neuronales implicadas en la memoria y crea una reserva de células precursoras que influye en las habilidades de aprendizaje. El ejercicio en los primeros años de vida aumenta la densidad axonal y neuronal y la expresión de BDNF (una proteína crucial para el crecimiento, la supervivencia y la plasticidad neuronal) en el hipocampo, una estructura cerebral que está relacionada con los procesos de la memoria y emocionales. Además, el ejercicio físico durante el embarazo aumenta el número de células en el hipocampo de las ratas cuyas madres habían realizado ejercicio físico. En humanos, la evidencia indica que la actividad física en la infancia y la adolescencia puede ser beneficiosa para el rendimiento cognitivo y el aprendizaje. De hecho, se ha observado una correlación positiva entre la actividad física y los niveles de aprendizaje e inteligencia en niños en edad escolar. Por ejemplo, una sola sesión de ejercicio moderado en niños de 9 y 10 años puede alterar la actividad electroencefalográfica (EEG) y mejorar el razonamiento en las pruebas de rendimiento académico.

Además, el ejercicio aeróbico puede aumentar el estado de atención en las evaluaciones, con mejores resultados en las tareas y una comprensión lectora más clara. Es importante destacar que una sola sesión de ejercicio aeróbico también puede ser beneficiosa para los niños con trastornos por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) para normalizar la excitación y el estado de alerta medidos por EEG. Los niños y adolescentes que realizan actividad física regular también tienen un procesamiento cognitivo más rápido. Basándose en estos resultados, los investigadores estudiaron la relación entre la aptitud física (cardiovascular) y el rendimiento cognitivo durante la adolescencia. El estudio siguió a 1.200.000 adolescentes de 18 años o más que se alistaron en las fuerzas militares en Suecia. Los adolescentes que mostraron mejoría cardiovascular entre los 15 y los 18 años obtuvieron mejores resultados en las pruebas de inteligencia que aquellos con menor condición física en el mismo período. Para probar si los resultados podrían reflejar una influencia genética o familiar, los investigadores analizaron 3.147 pares de gemelos, de los cuales 1.432 eran idénticos. Se observó que los factores ambientales, y no los genéticos, influyeron en esta relación.

Una mejor condición física se asocia con un mayor volumen de estructuras cerebrales en áreas relacionadas con el aprendizaje y la memoria, así como con la plasticidad cerebral, lo que redundaría en un mejor rendimiento académico. Además, los ejercicios físicos requieren la participación de la atención y otras funciones ejecutivas, la coordinación motora, el desafío cognitivo y la interacción social. Como se ha comentado anteriormente, la adolescencia es una etapa importante para la maduración del cerebro. Los resultados presentados en una revisión sistemática indicaron cambios significativos en la estructura o función del cerebro después de una intervención física, como la integridad de la materia blanca y la activación de regiones asociadas con la cognición. A pesar de estos resultados prometedores, aún se necesitan más estudios sobre el tema para investigar qué tipo, frecuencia y duración de las actividades son las más apropiadas para cada grupo de edad para obtener el mejor efecto posible sobre la cognición y el rendimiento académico. En todo caso, las políticas públicas y escolares deben priorizar la sistematización de programas para incentivar la práctica de actividad física y ejercicio a lo largo de la educación básica. En este sentido, la actividad física puede entenderse como cualquier movimiento corporal producido por contracción del músculo esquelético que aumenta el gasto energético, lo que incluye desde un programa de entrenamiento estructurado hasta una actividad más libre como jugar, correr, saltar, girar. El ejercicio, por otro lado, representa una categoría específica dentro de la actividad física. Se distingue por su naturaleza estructurada y determinada, que implica movimientos planificados y repetitivos destinados a mejorar la condición física, la resistencia y la salud en general.

En consecuencia, las opciones de actividad física y ejercicio en el entorno escolar son muy variadas, tales como: bailar, jugar a la pelota, saltar la cuerda, jugar a la mancha y mucho más.

La recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es que los niños y adolescentes realicen al menos 60 minutos de actividad física al día (o 2 sesiones de 30 min/día), si no existe una indicación médica en contrario. Esta recomendación se aplica a los jóvenes de 5 a 17 años de edad, de todas etnias, géneros, condiciones socioeconómicas y regiones. Sin embargo, el tipo y la intensidad de las actividades físicas varían entre los individuos. Las actividades aeróbicas con intensidades moderadas y vigorosas son las más recomendadas en el día a día. Aun así, las actividades de fuerza, como los saltos de altura y longitud y los lanzamientos de jabalina y disco, pueden incorporarse al entrenamiento físico de los alumnos al menos 3 veces por semana. Para los jóvenes inactivos, se recomienda un aumento progresivo de la práctica de actividad física para que, finalmente, alcancen el objetivo establecido de 60 minutos diarios. Es recomendable comenzar con poca actividad e ir aumentando gradualmente la duración, frecuencia e intensidad con el tiempo. Los episodios de actividad física de más de 60 min/día pueden proporcionar beneficios adicionales para la salud, aunque los niños sedentarios definitivamente se beneficiarían incluso de la actividad física por debajo de los niveles recomendados. Aumentar la conciencia de los estudiantes sobre la importancia de la actividad física regular se ha vuelto ampliamente necesario, y puede ocurrir a través de clases de educación física o a través de proyectos transdisciplinarios. De este modo, se pueden estimular las actividades diarias sistemáticas en forma de juegos, deportes, yincanas y similares, de acuerdo con el interés y desarrollo de los estudiantes en sus diferentes grupos de edad. Con este fin, todos los miembros de la comunidad escolar deben alentar a los estudiantes a realizar actividad física durante al menos 60 minutos al día, los siete días de la semana. Para implementar programas de educación física de calidad, es necesario superar varias barreras, entre ellas: la falta de instalaciones y tiempo, los planes de estudio densos, la infraestructura insuficiente, la escasez de profesores de educación física y el bajo nivel de desarrollo profesional. Las clases curriculares en el aula deben diseñarse para integrar la actividad física con otras disciplinas con el fin de facilitar el aprendizaje y mejorar el rendimiento escolar.

## Dormir

Una gran parte de la población adulta sufre de falta de sueño. Los problemas de sueño se asocian con la obesidad y el aumento del riesgo cardiovascular.

Los impactos negativos para la salud debido a las desventajas socioeconómicas pueden estar mediados por la disminución de la duración y la calidad del sueño. La baja educación materna, el hacinamiento en los hogares y la pobreza se asocian con peores rutinas de sueño. La invención y difusión de la luz eléctrica y numerosos dispositivos electrónicos han llevado a una disminución sustancial del tiempo de sueño en todo el mundo. Se estima que la duración media diaria del sueño en individuos adultos ha disminuido de 9 horas en 1910 a unas 7,5 horas en la actualidad. La luz artificial tiene efectos que se superponen con los producidos por el ciclo natural de luz-oscuridad, lo que posiblemente provoque una desalineación de los ritmos circadianos. Las condiciones adversas que conducen a problemas de sueño incluyen un entorno inseguro, dormitorios superpoblados, condiciones de vivienda incómodas (temperatura, sonido, etc.), así como estrés y ansiedad. Compartir la cama con otras personas puede exponer a los niños a trastornos del sueño y ansiedad debido al ruido, el movimiento, la suciedad y otros factores que, en conjunto, tienen un impacto negativo en la cognición. Muchos estudios muestran que estas condiciones aumentan el número de despertares nocturnos, reducen el tiempo total de sueño y producen un déficit crónico de sueño. Los problemas de sueño durante la adolescencia son perjudiciales para el equilibrio emocional y la autorregulación, lo que aumenta la posibilidad de conductas de riesgo. El nivel socioeconómico puede tener un impacto directo en el déficit de sueño, ya que los niños de nivel socioeconómico bajo a menudo necesitan trabajar para complementar los ingresos familiares. El déficit de sueño es uno de los principales obstáculos fisiológicos para el aprendizaje. Múltiples líneas de evidencia indican que el sueño juega un papel crucial en la desintoxicación metabólica, la reposición de neurotransmisores y la activación de cascadas moleculares involucradas en la remodelación sináptica. El sueño favorece el aprendizaje tanto antes como después de la adquisición de nuevos recuerdos. En experimentos de laboratorio, se ha demostrado que una persona que no ha dormido bien por la noche será pobremente capaz de aprender a menos que pueda dormir antes de entrenar. Por otro lado, una persona que acaba de aprender cosas nuevas suele beneficiarse de una siesta post-clase, capaz de favorecer la selección, consolidación y reestructuración de los recuerdos, así como su integración con los recuerdos preexistentes. El sueño actúa, por tanto, en la preparación, consolidación y transformación de los recuerdos.

El conocimiento actual ya nos proporciona subsidios para proponer cambios en la organización escolar con el fin de satisfacer las necesidades de sueño de los estudiantes. La oportunidad de una siesta, la siesta después del almuerzo, debe ofrecerse a lo largo de la educación de la primera infancia.

Además, existe una clara insuficiencia en los horarios de inicio de clases. La hora de las siete de la mañana, bastante extendida en muchos países, es inadecuada, especialmente para los adolescentes, que tienen mayor dificultad para anticipar el comienzo del sueño nocturno. Cuando se les somete a un horario de inicio escolar más tardío (retraso de 7:30 a 8:30), los adolescentes presentan múltiples resultados positivos, desde una mayor duración del sueño hasta mejores perfiles de estado de ánimo. Por todo ello, la investigación del sueño como herramienta cognitiva en el aprendizaje escolar es de gran interés. Futuras investigaciones deberían dilucidar la mejor manera de utilizar este recurso pedagógico, que aún está casi inexplorado. En particular, es crucial evaluar los efectos cognitivos relacionados con el tiempo de sueño, la duración, la composición de diferentes estados fisiológicos y las interacciones con el ejercicio físico y la nutrición.

Lo que aún tenemos que investigar (Sugerencias de investigación)

1. Cuantificar el impacto cognitivo de la composición de las comidas, la ingesta calórica, los micronutrientes y la hidratación, así como los efectos del tamaño de las porciones, de la frecuencia de los alimentos y del valor de recompensa de los mismos.
2. Profundizar el conocimiento sobre el tipo, frecuencia y duración, y el momento de las actividades físicas más adecuadas para cada grupo de edad.
3. Determinar la influencia de las diferentes fases y tipos de sueño sobre la memoria, la cognición y la emoción de las personas.

Lo que hay que hacer (sugerencias de política pública)

1. Dotar al sistema escolar de las condiciones adecuadas para ofrecer comidas con una composición coherente con los datos científicos, especialmente en el desayuno pero también en el almuerzo.
2. Proporcionar a las escuelas primarias programas apropiados de educación nutricional que incluyan actividades de hortalizas y jardinería.
3. Dotar a las escuelas de docentes especializados en esta área, así como de equipos de actividad física.
4. Incluir al menos 60 minutos de actividad física diaria en el horario guiado por profesores de educación física.
5. Habilitar cambios en el horario que permitan, a tiempo completo, iniciar las actividades matutinas a las 8:30 de la mañana en todos los grados, así como la forma de proporcionar condiciones para una siesta después del almuerzo, para los niños de jardín de infantes y primaria.



## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Aboud, F. E., & Yousafzai, A. K. (2015). Global health and development in early childhood. *Annual Review of Psychology*, 66, 433-457.

Adolescent Sleep Working Group, COMMITTEE ON ADOLESCENCE, COUNCIL ON SCHOOL HEALTH, Au, R., Carskadon, M., Millman, R., ... & Young, T. (2014). School start times for adolescents. *Pediatrics*, 134(3), 642-649.

de Araújo, L. B. G., Bianchin, S., Pedrazzoli, M., Louzada, F. M., & Bejjani, F. (2022). Multiple positive outcomes of a later school starting time for adolescents. *Sleep Health*, 8(5), 451-457.

Berardi, N., Pizzorusso, T., & Maffei, L. (2000). Critical periods during sensory development. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(1), 138-145.

Born, J., Rasch, B., & Gais, S. (2006). Sleep to remember. *The Neuroscientist*, 12(5), 410-424.

Bundy, D. A., Drake, L. J., & Burbano, C. (2013). School food, politics and child health. *Public Health Nutrition*, 16(6), 1012-1019.

Cassilhas, R. C., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2016). Physical exercise, neuroplasticity, spatial learning and memory. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 975-983.

Dudley, D. A., Cotton, W. G., & Peralta, L. R. (2015). Teaching approaches and strategies that promote healthy eating in primary school children: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12, 1-26.

Global status report on physical activity (2022). Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Gomes da Silva, S., & Arida, R. M. (2015). Physical activity and brain development. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 15(9), 1041-1051.

Harms, M. B., & Garrett-Ruffin, S. D. (2023). Disrupting links between poverty, chronic stress, and educational inequality. *npj Science of Learning*, 8(1), 50.

Innis, S. M. (2011). The developing brain and dietary omega-3 fatty acids. In *Handbook of behavior, food and nutrition* (pp. 2069-2087). New York, NY: Springer New York.

Ke, J., & Ford-Jones, E. L. (2015). Food insecurity and hunger: A review of the effects on children's health and behaviour. *Paediatrics & Child Health*, 20(2), 89-91.

Lemos, N., Weissheimer, J., & Ribeiro, S. (2014). Naps in school can enhance the duration of declarative memories learned by adolescents. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 103.

Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434-445.

McCoy, J. G., & Strecker, R. E. (2011). The cognitive cost of sleep lost. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96(4), 564-582.

Mileva-Seitz, V. R., Bakermans-Kranenburg, M. J., Battaini, C., & Luijk, M. P. (2017). Parent-child bedsharing: The good, the bad, and the burden of evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 32, 4-27.

Minges, K. E., & Redeker, N. S. (2016). Delayed school start times and adolescent sleep: A systematic review of the experimental evidence. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 86-95.

Serfaty, C. A. (2011). Tryptophan intake and the influence of serotonin on development and plasticity of sensory circuits. *Handbook of Behavior, Food and Nutrition*, 2135-2151.

Sibley, B. A., & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, 15(3), 243-256.

Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17(4), 497-502.

Tau, G. Z., & Peterson, B. S. (2010). Normal development of brain circuits. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 147-168.

Thomas, M., Miller, D. P., & Morrissey, T. W. (2019). Food insecurity and child health. *Pediatrics*, 144(4).

UNICEF Innocenti – Global Office of Research and Foresight, Innocenti Report Card 18: Child poverty in the midst of wealth, UNICEF Innocenti, Florence, December 2023