

Fenómenos fisiológicos “invisibles” por privaciones socioeconómicas como desafíos para el diseño de políticas

La activación persistente de estos sistemas fisiológicos desde etapas tempranas del desarrollo humano genera su desgaste progresivo. Esto puede asociarse con alteraciones de la salud física y mental en etapas posteriores del ciclo vital.

Series:

IBRO/IBE-UNESCO Science of Learning Briefings

Author/s:

Sebastián J. Lipina

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

Theme/s:

Emociones y aprendizaje / Aprendizaje permanente eficaz / Calidad, equidad y relevancia de la educación y el aprendizaje

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

Resumen

- Las privaciones socioeconómicas pueden asociarse con cambios en la estructura y función neural, así como también con la activación persistente de sistemas fisiológicos neuroendócrinos, metabólicos, inflamatorios y cardiovasculares.
- La activación persistente de estos sistemas fisiológicos desde etapas tempranas del desarrollo humano genera su desgaste progresivo. Esto puede asociarse con alteraciones de la salud física y mental en etapas posteriores del ciclo vital.
- El diseño e implementación de políticas orientados a infancias tempranas que viven en condiciones de privación socioeconómica debería considerar la identificación del desgaste fisiológico de los sistemas metabólico, inflamatorio, cardiovascular y neuroendócrino, para prevenir enfermedades físicas y mentales durante el ciclo vital.

Efectos fisiológicos de la exposición a privaciones socioeconómicas

Durante las últimas décadas, diferentes disciplinas científicas interesadas en el desarrollo infantil han generado múltiples evidencias sobre cómo las experiencias cotidianas de niñas y niños influyen sus trayectorias de desarrollo y educación (Bhutta et al., 2023; Hughes et al., 2017). Reiteradamente se han comunicado hallazgos que indican que la exposición a privaciones socioeconómicas puede asociarse con alteraciones en procesos neurales, emocionales, cognitivos y conductuales involucrados en la adaptación individual a contextos de socialización y educación. Asimismo, tal exposición también impacta en las trayectorias de salud física y mental, en el corto, mediano y largo plazo (Victora et al., 2022). Todas estas potenciales asociaciones pueden variar, además, según la edad de los niños y las niñas, su susceptibilidad a las demandas ambientales (e.g., estresores), y la cantidad y co-ocurrencia de los factores de riesgo a los que están expuestos.

Por ejemplo, a nivel neural, la exposición a privaciones socioeconómicas durante al menos las dos primeras décadas de vida puede asociarse con diferentes cambios estructurales (e.g., volumen, superficie y grosor de diferentes redes neurales cerebrales corticales y subcorticales) y funcionales del sistema nervioso (e.g., cambios en la activación de diferentes redes neurales durante tareas con demandas de autorregulación emocional y cognitiva) (Johnson et al., 2016; Mothersill & Donohoe, 2016; Sheridan et al., 2022). A nivel psicológico tal exposición se puede asociar con niveles más bajos de desempeño en tareas con demandas de funciones ejecutivas, así como también dificultades emocionales y conductuales que pueden dar lugar a signos o síntomas de ansiedad y depresión en diferentes etapas del ciclo vital (McLaughlin, 2016).

La evidencia acumulada también ha permitido identificar algunos de los mecanismos fisiológicos de mediación (e.g., metabólicos, cardiovasculares, inmunológicos, neuroendocrinos) que están involucrados en las asociaciones entre las privaciones socioeconómicas, la estructura y la función cerebral. Particularmente, estos mecanismos pueden involucrar a la regulación y desregulación de los sistemas metabólico, inmunológico, cardiovascular y neuroendocrino (Jensen et al., 2017).

La acumulación de desgaste fisiológico durante el desarrollo por privaciones socioeconómicas

Si bien muchas de las respuestas fisiológicas ante eventos de privación socioeconómica constituyen intentos de adaptación a los estresores contextuales (e.g., el aumento en la liberación de cortisol ante la presencia de estresores contextuales), su funcionamiento permanente genera un desgaste acumulativo que implica cambios en la disponibilidad y uso por parte del organismo de las fuentes de energía, lo cual puede afectar a la salud física y mental en diferentes etapas del desarrollo.

Tal proceso de acumulación progresiva de desgaste fisiológico es denominado *carga alostática*. Se trata de un constructo con el cual se asume que el desarrollo de una persona es un fenómeno dinámico que incorpora a la activación de diferentes sistemas fisiológicos corporales cuyo funcionamiento ayuda a predecir estresores ambientales y a generar cambios corporales para afrontar tales demandas, como por ejemplo el aumento del ritmo cardíaco ante el aumento de demandas cognitivas y emocionales (Sterling, 2020). Cuando los cambios fisiológicos anticipatorios son suficientes para afrontar las demandas contextuales, los sistemas fisiológicos del cuerpo rápidamente vuelven a su funcionamiento, recuperando su homeostasis basal. En cambio, cuando las respuestas a los estresores ambientales son persistentes y repetitivas, los sistemas fisiológicos son forzados a un funcionamiento constante excesivo -más allá de lo habitual- que produce un nuevo estado de equilibrio disfuncional que puede terminar afectando la salud física y mental en diferentes etapas del desarrollo. Específicamente, en tal estado se produce una discordancia entre la energía anticipada para afrontar las demandas ambientales y la energía requerida. Esto puede causar tanto hipo como hiper expresión de mediadores biológicos, como por ejemplo la mayor producción de cortisol y adrenalina ante la presencia de estresores ambientales (McEwen et al., 2015). Por

otra parte, también puede ocurrir que las necesidades de energía sean interpretadas como suficientes por las predicciones que hace el sistema nervioso, pero igualmente inducir una exacerbación de la cantidad de energía que ingresa en relación con la energía requerida, a través, por ejemplo, de un aumento de la ingesta de alimentos.

En particular, el funcionamiento persistente del eje HPA [51](#) se asocia con desempeños cognitivos bajos (Braren et al., 2020) e incrementos de la reactividad emocional (Di Iorio et al., 2017). Asimismo, la liberación continua de cortisol puede asociarse con alteraciones en las respuestas a estresores contextuales (e.g., amenazas a la integridad física, inseguridad alimentaria) y potencialmente contribuir con alteraciones neurales y el desarrollo de trastornos mentales (e.g., ansiedad, depresión). Estas alteraciones también se pueden asociar a disfunciones inflamatorias y metabólicas, como en el caso de la exacerbación de la respuesta al estrés que puede producir dificultades de absorción de nutrientes y de la respuesta inmunológica (Jensen et al., 2017).

Implicaciones para el diseño de políticas

Como la acumulación de desgastes fisiológicos por exposición a privaciones socioeconómicas pueden comenzar en etapas tempranas del desarrollo, muchos de sus efectos recién empiezan a ser visibles con posterioridad, en etapas posteriores del desarrollo, cuando se expresa a nivel clínico y/o conductual. Esto significa que hay etapas tempranas del desarrollo en las que estos efectos no son clínicamente evidentes, pero igualmente ejercen su acción. Un ejemplo de ello es la expresión subclínica de marcadores biológicos de inflamación en niños, niñas y adolescentes que viven en condiciones de pobreza (Miller et al., 2020). Esto significa que el desgaste fisiológico temprano (e.g., primera década de vida) producto de la exposición a privaciones socioeconómicas sería un fenómeno "invisible" de la exposición a pobreza, que requiere ser visibilizado para actuar de forma preventiva con el fin de disminuir las cargas de morbilidad en etapas posteriores de desarrollo (e.g., cuarta o quinta década de vida).

Una forma a través de la cual la investigación científica explora estos fenómenos es el desarrollo de índices de carga alostática -que incluyen marcadores biológicos correspondientes a diferentes sistemas fisiológicos, cognitivos y conductuales- como una forma de cuantificar la desregulación fisiológica (McCrory et al., 2023). Con frecuencia se utilizan biomarcadores cardiovasculares, metabólicos, inmunológicos y neuroendocrinos [61](#) (Beese et al., 2022). Este tipo de indicadores de carga alostática también pueden ampliarse a través de la inclusión de medidas neurales como la red interoceptiva alostática [71](#) (Kleckner et al., 2017a) y los potenciales evocados [81](#) relacionados con latidos cardíacos (Coll et al., 2021), las cuales pueden asociarse a la exposición a privaciones y problemas de salud desde etapas tempranas del desarrollo.

Si bien estos conocimientos están disponibles desde hace varios años, aún no se verifica un uso habitual de este tipo de marcadores de carga alostática en el diseño de políticas orientadas a promover el desarrollo de niños y adolescentes expuestos a privaciones socioeconómicas. En algunos casos, tales biomarcadores provienen de análisis clínicos de uso habitual en la práctica clínica (e.g., hemograma). En otros, sus costos y dificultades de determinación en contextos con menos recursos sanitarios aún constituyen una limitación para su implementación. En cualquier caso, esta es un área de potencial innovación para el desarrollo de estrategias que ayuden a prevenir morbilidades y alteraciones del desarrollo relacionadas con la adquisición de aprendizajes, en poblaciones de niños, niñas y adolescentes expuestos a privaciones socioeconómicas (Migeot et al., 2024). Los desafíos que resultan de considerar un abordaje basado en la identificación de cargas alostáticas de poblaciones de niños y adolescentes que viven en condiciones de privación, incluyen la integración de información epidemiológica con las herramientas desarrolladas por las ciencias de la salud y la neurociencia, para construir índices de carga alostática desde etapas tempranas del desarrollo.

La implementación de este tipo de índices en el diseño de políticas preventivas podría contribuir además con una mayor eficiencia de sus alcances y resultados. La efectividad para reducir la carga alostática temprana podría probarse a través de intervenciones específicas para niños con diferentes niveles de desgastes fisiológicos. Luego, la efectividad de estas intervenciones podría evaluarse a través de los cambios en el desarrollo y la incidencia de enfermedades durante etapas posteriores. Estos esfuerzos requieren necesariamente de la conformación y el trabajo de grupos transdisciplinarios e intersectoriales para co-diseñar índices de carga alostática e incorporarlos al diseño de políticas preventivas y a la evaluación de sus impactos.

Referencias

1. Beese, S., Postma, J., & Graves, J.M. (2022). Allostatic Load Measurement: A Systematic Review of Reviews, Database

- Inventory, and Considerations for Neighborhood Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*, 17006.
2. Bhutta, Z.A., Bhavnani, S., Betancourt, T.S., Tomlinson, M., & Patel, V. (2023). Adverse childhood experiences and lifelong health. *Nature Medicine*, *29*, 1639–1648.
 3. Braren, S.H., Brandes-Aitken, A., Perry, R.E., Williams, K., Lyons, K., Rowe-Harriott, S., & Blair, C. (2020). Baseline Hypothalamic–Pituitary–Adrenal Axis and Parasympathetic Nervous System Activity Interact to Predict Executive Functions in Low-Income Children. *Mind, Brain, & Education*, *15*, 61–66.
 4. Coll, M.P., Hobson, H., Bird, G., & Murphy, J. (2021). Systematic review and meta-analysis of the relationship between the heartbeat-evoked potential and interoception. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *122*, 190–200.
 5. Di Iorio, C.R., Carey, C.E., Michalski, L.J., Corral-Frias, N.S., Conley, E.D., Hariri, A.R., & Bogdan, R. (2017). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis genetic variation and early stress moderates amygdala function. *Psychoneuroendocrinology*, *80*, 170–178.
 6. Hughes, K., Bellis, M.A., Hardcastle, K.A., Sethi, D., Butchart, A., Mikton, C., Jones, L., & Dunne, M.P. (2017). The effect of multiple adverse childhood experiences on health: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Public Health*, *2*, e356–e366.
 7. Jensen, S.K.G., Berens, A.E., & Nelson 3rd, C.A. (2017). Effects of poverty on interacting biological systems underlying child development. *Lancet Child and Adolescent Health*, *1*, 225–239.
 8. Johnson, S.B., Riis, J.L., & Noble, K.G. (2016). State of the Art Review: Poverty and the Developing Brain. *Pediatrics*, *137*, e20153075.
 9. Kleckner, I.R., Zhang, J., Touroutoglou, A., Chanes, L., Xia, C., Simmons, W.K., Quigley, K.S., Dickerson, B.C., & Barrett, L.F. (2017). Evidence for a large-scale brain system supporting allostasis and interoception in humans. *Nature Human Behavior*, *1*, 0069.
 10. McCrory, C., McLoughlin, S., Layte, R., NiCheallaigh, C., O'Halloran, A.M., Barros, H., Berkman, L.F., Bochud, M., E, M.C., M, T.F., Fraga, S., Grundy, E., Kelly-Irving, M., Petrovic, D., Seeman, T., Stringhini, S., Vollenweider, P., & Kenny, R.A. (2023). Towards a consensus definition of allostatic load: a multi-cohort, multi-system, multi-biomarker individual participant data (IPD) meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, *153*, 106117.
 11. McEwen, B.S., Bowles, N.P., Gray, J.D., Hill, M.N., Hunter, R.G., Karatsoreos, I.N., & Nasca, C. (2015). Mechanisms of stress in the brain. *Nature Neuroscience*, *18*, 1353–1363.
 12. McLaughlin, K.A. (2016). Future Directions in Childhood Adversity and Youth Psychopathology. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *53*, 361–382.
 13. Migeot, J., Panesso, C., Duran-Aniotz, C., Ávila-Rincón, C., Ochoa, C., Huepe, D., Santamaría-García, H., Miranda, J.J., Escobar, M.J., Pina-Escudero, S., Romero-Ortuno, R., Lawlor, B., Ibáñez, A., & Lipina, S.J. (2024). Allostasis, health, and development in Latin America. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *162*, 105697.
 14. Miller, G.E., White, S.F., Chen, E., & Nusslock, R. (2020). Association of Inflammatory Activity with Larger Neural Responses to Threat and Reward Among Children Living in Poverty. *American Journal of Psychiatry*, *178*, 313–320.
 15. Mothersill, O., & Donohoe, G. (2016). Neural effects of social environmental stress – an activation likelihood estimation meta-analysis. *Psychological Medicine*, *46*, 2015–2023.
 16. Napoli, S. (2023). Estrés y neurodesarrollo. Capítulo 7 en *Pediatría del desarrollo y la conducta. De la teoría a la práctica clínica* (P. Cafiero, Ed.). Buenos Aires: Ediciones Journal, pp. 119–129.
 17. Sheridan, M.A., Mukerji, C.E., Wade, M., Humphreys, K.L., Garrisi, K., Goel, S., Patel, K., Fox, N.A., Zeanah, C.H., Nelson, C.A., & McLaughlin, K.A. (2022). Early deprivation alters structural brain development from middle childhood to adolescence. *Science Advances*, *8*, eabn4316.

18. Sterling, P. (2020). *What is health? Allostasis and the Evolution of Human Design*. Boston, MA: MIT Press.
19. Victora, C.G., Hartwig, F.P., Vidaletti, L.P., Martorell, R., Osmond, C., Richter, L.M., Stein, A.D., Barros, A.J.D., Adair, L.S., Barros, F.C., Bhargava, S.K., Horta, B.L., Kroker-Lobos, M.F., Lee, N.R., Menezes, A.M.B., Murray, J., Norris, S.A., Sachdev, H. S., Stein, A., Varghese, J.S., Bhutta, Z.A., & Black, R.E. (2022). Effects of early-life poverty on health and human capital in children and adolescents: analyses of national surveys and birth cohort studies in LMICs. *Lancet*, 399, 1741–1752.
20. Willoughby, M., & Hudson, K. (2021). Current issues in the conceptualization and measurement of executive function skills. In T. Limpo & T. Olive (Eds.), *Executive functions and writing* (pp. 17–37). Oxford University Press.

^[1] *Neuroendócrino* hace referencia a los procesos de regulación de la actividad hormonal en el cuerpo por parte del cerebro.

^[2] *Funciones ejecutivas* es un constructo psicológico que incluye diferentes habilidades cognitivas (e.g., control inhibitorio, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, automonitoreo) que participan en actividades dirigidas al logro de una meta (Willoughby & Hudson, 2021).

^[3] *Homeostasis* es la capacidad de un organismo para mantener una condición interna estable, a través de la compensación de cambios en su ambiente interno mediante el intercambio regulado de materia y energía con el exterior (i.e., metabolismo). El concepto de homeostasis asume que los valores de las variables fisiológicas son fijos, de manera que por retroalimentación se activan mecanismos que ajustan todo cambio considerado fuera de rango de tal constancia. En cambio el concepto de *alostasis* refiere a un mecanismo que cambia los valores de las variables fisiológicas mediante la anticipación del nivel que será necesario, anulando la retroalimentación homeostática para afrontar la demanda actual (Napoli, 2023).

^[4] Cortisol es una hormona esteroidea producida por las glándulas suprarrenales, que se libera como respuesta al estrés y a niveles bajos de glucosa en sangre. Sus funciones principales son incrementar el nivel de azúcar en sangre, suprimir al sistema inmunológico y contribuir con el metabolismo de grasas, proteínas y carbohidratos.

^[5] *El eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal*, o *HPA*, es un sistema neuroendócrino de retroalimentación entre tres nodos (i.e., hipotálamo, hipófisis y glándulas suprarrenales), cuyas interacciones contribuyen con el control de la respuesta al estrés, la regulación de los sistemas digestivo e inmunitario, el estado de ánimo y las emociones, la sexualidad y el consumo fisiológico de energía.

^[6] Algunos ejemplos de marcadores biológicos son: (a) cardiovasculares: presión arterial sistólica y diastólica; (b) metabólicos: lipoproteínas de alta densidad, hemoglobina A1c; (c) inmunológicos: proteína C-reactiva, interleuquina-6; y (d) neuroendócrinos: cortisol y epinefrina (neuromodulador hormonal producido por ciertas neuronas y por las glándulas suprarrenales, que participa de la regulación del flujo sanguíneo hacia los músculos, el corazón y las pupilas, así como también de la regulación del azúcar en la sangre).

^[7] Las funciones *interoceptivas* hacen referencia a los estímulos o sensaciones que provienen de los órganos internos del cuerpo (e.g., vísceras).

^[8] Un *potencial evocado* es una exploración neurofisiológica que evalúa funciones de los sistemas visual, auditivo y somatosensorial por medio de respuestas neurales provocadas frente a un estímulo conocido y normalizado.