



INTERNATIONAL SCHOOL ON
MIND, BRAIN
AND EDUCATION



neurocientíficas

Sebastián J. Lipina, María Soledad Segretin, Editores

**EXPLORACIONES
NEUROCIENTÍFICAS
DE LA POBREZA**

Sebastián J. Lipina
María Soledad Segretin
(Editores)

**Exploraciones neurocientíficas
de la pobreza**



INTERNATIONAL SCHOOL ON
MIND, BRAIN
AND EDUCATION

Lipina, Sebastián J.

Exploraciones neurcocientíficas de la pobreza /

Sebastián Javier Lipina y María Soledad Segretin.

-1ª edición revisada. Erice, Italia: International School on
Mind, Brain and Education, Octubre de 2020.

377 p.; 23 x 16 cm

ISBN 978-987-86-2055-8

1- Pobreza. 2-Neurociencias. 3- Investigación
multidisciplinaria

Traducción: Sebastián Javier Lipina y María Soledad Segretin

International School on Mind, Brain and Education, 2019 (edición revisada, 2020)

Erice, Italia

Portada: Gustavo Albert

Para sugerencias o comentarios acerca del contenido de esta obra, escribanos a:

lipina@gmail.com / soledadsegretin@gmail.com

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Prólogo	
<i>Antonio Battro</i>	10

2. Implicancias de la evidencia neurocientífica en el estudio de la pobreza infantil	
<i>Sebastián J. Lipina, María Soledad Segretin</i>	14

Primera parte: Estudios correlacionales

3. Efectos de la pobreza en el desarrollo neurocognitivo temprano	
<i>María del Rosario Rueda, Ángela Conejero</i>	54

4. Resiliencia académica: Asociaciones entre la crianza temprana y las bases conductuales y neurocognitivas del desempeño académico	
<i>Ö. Ece Demir-Lira</i>	77

Segunda parte: Intervenciones

5. Mecanismos de entrenamiento cerebral	
<i>Michael I. Posner</i>	101

6. Aplicación de la investigación en neurociencia a las intervenciones dirigidas a la pobreza	
<i>Eric Pakulak, Courtney Stevens</i>	118

7. Asociaciones entre el nivel socioeconómico y el desarrollo de la lectura: Resultados cognitivos y mecanismos neurales	
<i>Rachel R. Romeo, Andrea M. Imbof, Parnika Bhatia, Joanna A. Christodoulou</i>	166

8. Pobreza y neurodesarrollo en la primera infancia: Estrategias para promover la equidad de oportunidades en el desarrollo cognitivo y emocional	
<i>Alejandra Carboni, Hernán Delgado, Verónica Nin</i>	199

Tercera parte: Fronteras interdisciplinarias

9. Optimización del estudio de los mecanismos de impacto de abordajes interespecíficos en el estudio de la pobreza	
<i>Rosemarie E. Perry</i>	230
10. Uso de modelos computacionales para investigar mecanismos de asociación entre nivel socioeconómico, desarrollo cerebral y cognitivo	
<i>Michael S. C. Thomas</i>	255
11. Diseño de sistemas de aprendizaje digital y brecha de la Pobreza	
<i>J. Derek Lomas</i>	289
12. Exploraciones interdisciplinarias para el escalamiento de intervenciones experimentales	
<i>Matías López-Rosenfeld, María Soledad Segretin, Sebastián J. Lipina</i>	326
13. Reflexiones acerca del desvío de la atención sobre la Pobreza en el área de Desarrollo Infantil Temprano (DTI)	
<i>Helen Penn</i>	348
Glosario.....	371

LISTADO Y AFILIACIÓN DE AUTORES

Battro, Antonio

Academia Pontificia de Ciencias (Vaticano)

abattro@ross.org

Bhatia, Parnika

Department of Communication Sciences and Disorders, MGH

Institute of Health Professions (Estados Unidos)

Carboni, Alejandra

Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de

Psicología, Universidad de la República (Uruguay)

alejandra.carboni@gmail.com

Christodoulou, Joanna A.

McGovern Institute for Brain Research, Massachusetts Institute of

Technology (MIT); Department of Communication Sciences and

Disorders, MGH Institute of Health Professions (Estados Unidos)

Conejero, Ángela

Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento

(CIMCYC), Departamento de Psicología Experimental,

Universidad de Granada (España)

Delgado, Hernán

Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de

Psicología, Universidad de la República (Uruguay)

hdelgadovivas@gmail.com

Demir-Lira, Ö. Ece

University of Iowa, DeLTA Center, Iowa Neuroscience Institute
(Estados Unidos)
ecdemir@gmail.com

Imhof, Andrea M.

McGovern Institute for Brain Research, Massachusetts Institute of
Technology (MIT); Department of Communication Sciences and
Disorders, MGH Institute of Health Professions (Estados Unidos)

Lipina, Sebastián J.

Unidad de Neurobiología Aplicada (UNA, CEMIC-CONICET)
(Argentina)
lipina@gmail.com

Lomas, J. Derek

Delft University of Technology (Países Bajos)
dereklomas@gmail.com

Lopez-Rosenfeld, Matías

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos
Aires; Unidad de Neurobiología Aplicada (UNA, CEMIC-
CONICET)
matiaslopez@gmail.com

Nin, Verónica

Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de
Psicología, Universidad de la República (Uruguay)
veronica.nin@gmail.com

Pakulak, Eric

University of Oregon, Department of Psychology (Estados Unidos); Stockholm University, Department of Child and Youth Studies (Suecia)
pak@uoregon.edu

Penn, Helen

University of East London; Institute of Education, University College London (Reino Unido)
helenhjps@yahoo.co.uk

Perry, Rosemarie E.

Department of Applied Psychology, New York University (Estados Unidos)
rosemarie.perry@nyu.edu

Posner, Michael I.

University of Oregon
mposner@uoregon.edu

Romeo, Rachel R.

McGovern Institute for Brain Research, Massachusetts Institute of Technology (MIT); Division of Developmental Medicine, Boston Children's Hospital (Estados Unidos)

Rueda, María del Rosario

Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento (CIMCYC), Departamento de Psicología Experimental, Universidad de Granada (España)
rorueda@ugr.es

Segretin, María Soledad

Unidad de Neurobiología Aplicada (UNA, CEMIC-CONICET)
(Argentina)

soledadsegretin@gmail.com

Stevens, Courtney

Willamette University, Department of Psychology (Estados
Unidos)

cstevens@willamette.edu

Thomas, Michael S. C.

Developmental Neurocognition Lab, Centre for Brain and
Cognitive Development, Birkbeck, University of London;
University of London Centre for Educational Neuroscience (Reino
Unido)

m.thomas@bbk.ac.uk

1

PRÓLOGO

Antonio M. Battro

La *Fundación y Centro Ettore Majorana para la Cultura Científica*¹ (EMFCSC), cuya sede se encuentra en la ciudad siciliana de Erice, fue fundada en el año 1962 por el Profesor Antonino Zichichi, Profesor emérito de física en la Universidad de Bologna, miembro de la Organización Europea de Investigación Nuclear (CERN), presidente de la Federación Mundial de Científicos (WFS) y autor de numerosas investigaciones de gran impacto en el mundo de la física sub-nuclear. En sus inicios, la fundación se propuso como centro de encuentro para físicos de países con desarrollos avanzados en investigación nuclear. En años posteriores tales encuentros se extendieron a otras disciplinas. Desde su fundación han concurrido a sus diferentes escuelas científicas cientos de científicos -entre ellos más de cien laureados con el Premio Nobel-, por lo cual Erice ha adoptado el nombre de *Ciudad de las Ciencias*. De allí surgió *la Declaración de una ciencia para la paz* en el año 1982, que promueve una ciencia sin secretos y sin fronteras, y que ha recogido más de 90.000 firmas de científicos de 140 países².

¹ <http://www.ccsem.infn.it/>

² http://www.ccsem.infn.it/em/erice_statement/index.html

Con la creación de la EMFCSC, el Profesor Zichichi homenajeó a Ettore Majorana, un físico prodigio originario de Catania y discípulo sobresaliente de Enrico Fermi, quien murió muy joven en el año 1938 durante un viaje marítimo de Palermo a Nápoles donde se desempeñaba como catedrático. A decir verdad, no se sabe en qué circunstancias desapareció pues nunca llegó a destino. Esta dramática e intrigante historia fue narrada magistralmente por el escritor siciliano Leonardo Sciascia en su libro *La desaparición de Majorana*³. Efectivamente, Sicilia es una isla de misterios; y Erice, implantada sobre el majestuoso monte San Giuliano (Figura 1), es un tesoro de historias y hogar para nuevas e inesperadas amistades fundadas en la cultura científica.



Figura 1 – Vista panorámica de la costa noroeste de Sicilia desde el Castillo de Erice (Foto de Sebastián Lipina).

A principios de la década pasada, el Profesor Zichichi me invitó a visitar su centro en Erice para establecer allí una nueva escuela en el campo de las investigaciones que estábamos realizando junto con el Profesor Kurt W. Fischer en la Graduate School of Education de la Universidad de Harvard. Aceptamos complacidos su generoso ofrecimiento y decidimos inaugurar en el año 2005 una nueva escuela anual: la *International School on Mind, Brain and Education* (*Escuela Internacional de Mente, Cerebro y*

³ Sciascia, L. (2007). *La desaparición de Majorana*. Barcelona: Tusquets Editores.

Educación). Desde entonces, han participado de la escuela más de doscientos invitados de todos los continentes⁴. Fruto de estas semanas de trabajo son las publicaciones que han surgido de nuestras presentaciones y discusiones, muchas de ellas en la revista *Mind, Brain and Education*, que fundamos con el Profesor Kurt Fisher y otros colegas de la Universidad de Harvard en el año 2007, como órgano de la *International Mind, Brain and Education Society* (*Sociedad Internacional Mente, Cerebro y Educación*).

Además de intercambiar información y difundir nuestras investigaciones, Erice nos inspira para establecer nuevos contactos, plantear proyectos en colaboración, consolidar sólidos vínculos internacionales y, en muchos casos, iniciar una verdadera amistad entre colegas de diferentes generaciones. En el año 2017, Sebastián Lipina reunió en Erice a un grupo de científicos involucrados en el estudio neurocientífico y cognitivo de la pobreza. Con la colaboración de Eric Pakulak, María Soledad Segretin y Lourdes Majdalani, se puso en marcha un cuidadoso esquema de presentaciones y discusiones entre los días 2 y el 6 de septiembre en el marco luminoso de la Sala Richard P. Feynman del antiguo monasterio San Rocco, actualmente Instituto Isidor I. Rabi y sede de la EMFCSC (Figura 2).

⁴ <http://www.mbe-erice.org/>



Figura 2 – Clase de la Profesora Courtney Stevens (Universidad de Willamette, Estados Unidos) en el salón Feynman del Instituto San Rocco (Foto de Sebastián Lipina).

Quiero agradecer a todos los participantes de la escuela *Neurociencia de la pobreza* la publicación de sus valiosos aportes en este libro, que inaugura una nueva etapa en nuestros cursos anuales.

2

IMPLICANCIAS DE LA EVIDENCIA NEUROCIENTÍFICA EN EL ESTUDIO DE LA POBREZA INFANTIL

Sebastián J. Lipina y M. Soledad Segretin

Introducción

Durante las últimas dos décadas, la investigación en el área de estudio de la pobreza ha comenzado a aportar evidencias que constituyen un avance en la comprensión de cómo la adversidad temprana asociada a privaciones materiales, sociales y culturales modula el desarrollo cerebral. Cuando tal evidencia es utilizada en otros contextos disciplinares, con frecuencia se verifican referencias al desarrollo cerebral temprano como un factor predictor de conductas adaptativas y de productividad económica durante la vida adulta (e.g., Black et al., 2017); o de la imposibilidad de tales logros por la supuesta inmutabilidad de los impactos negativos a largo plazo de la pobreza infantil (Nilsen, 2017). Este tipo de afirmaciones, que tienen implicaciones no solo científicas sino también políticas, requieren ser analizadas de manera adecuada a la luz de la evidencia disponible, ya que podrían inducir

conceptos erróneos y sobre-generalizaciones que tienen la potencialidad de afectar los criterios para la inversión, el diseño, la implementación y la evaluación de acciones en el ámbito de la infancia temprana.

En consecuencia, además de la necesidad de revisar la evidencia disponible, consideramos importante generar espacios de reflexión crítica que contribuyan con comprender sus implicaciones. El presente capítulo propone abordar tres aspectos que consideramos esenciales para estos objetivos: (1) una breve revisión de los conceptos básicos sobre el desarrollo humano propuestos por la ciencia contemporánea del desarrollo; (2) una síntesis de la evidencia neurocientífica de los estudios de pobreza, tanto en los estudios meramente asociativos como en los de análisis de su modulación por factores individuales y contextuales; y (3) una reflexión sobre las implicaciones de tal evidencia para la continuidad de la construcción de conocimiento, así como también para el diseño, implementación y evaluación de intervenciones o políticas.

Supuestos sobre desarrollo humano

Abordajes sistémico-relacionales

Las teorías contemporáneas del desarrollo humano se encuadran dentro de los postulados meta-teóricos denominados sistémico-relacionales, que proponen que los cambios que se producen durante el ciclo vital ocurren a través de relaciones de influencia mutua entre las personas y sus contextos de desarrollo (Overton & Molenaar, 2016). Este tipo de abordajes se ocupan de analizar: (a) *procesos* (i.e., cambios en los sistemas de desarrollo); (b) *experiencias* (i.e., los procesos de desarrollo ocurren en el tiempo de manera que toman la forma de estados de potencialidad y acción); (c) *sistemas* (i.e., contextos sociales y culturales en los cuales los procesos de desarrollo ocurren); (d) *análisis relacionales* de

influencias mutuas entre individuos y contextos; y (e) *multiplicidad de perspectivas y formas de explicación*. En consecuencia, lo que caracteriza al desarrollo es la co-evolución o transformación permanente de los sistemas biológicos y sociales que involucra, de manera que la direccionalidad de las trayectorias es variable entre individuos y poblaciones, dentro de los límites que imponen las regularidades de la especie.

Asimismo, los abordajes sistémico-relacionales se ocupan de analizar diferentes niveles de organización, desde el biológico hasta el cultural (Barker, 1965; Bronfenbrenner, 1987; Lerner, 2018), de manera que las interacciones entre personas y contextos son a la vez independientes e interdependientes (Figura 1). El individuo es considerado un agente complejo, activo y autorregulado. Dada tal característica autorregulatoria, toda noción de adaptación requiere necesariamente considerar los significados contextuales: no existirían procesos de adaptación independientes de los contextos en los que acontecen –lo cual incluye a los sistemas de creencias, normas y valores que caracterizan a toda cultura.

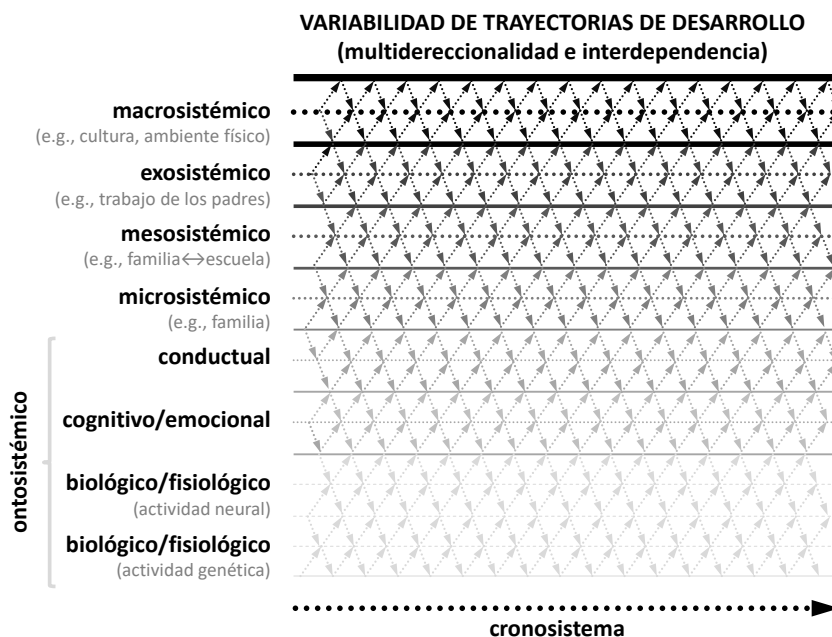


Figura 1 – Esquema de un modelo sistémico relacional que ilustra teóricamente la matriz de posibles trayectorias, relaciones e interacciones de eventos del desarrollo considerando diferentes niveles de organización definidos en términos de contextos del desarrollo (i.e., ontosistémico, microsistémico, mesosistémico, exosistémico, macrosistémico) según la teoría de Urie Bronfenbrenner. Para un mismo individuo, en cada nivel de organización podría trazarse una trayectoria de eventos que sería idiosincrática respecto a los mecanismos que allí se dan; y a la vez interdependiente de las trayectorias en otros niveles (inspirado en la Figura 2.1 de Lerner, 2018).

Desarrollo neural

La organización inicial del sistema nervioso sigue una secuencia de procesos adaptativos de generación, conexión y eliminación de células nerviosas y conexiones. A las fases iniciales de generación de células nerviosas, de su migración y posterior diferenciación, les siguen las de crecimiento dendrítico, formación y eliminación de sinapsis. El desarrollo y refinamiento posterior de las redes neurales, casi siempre involucran la eliminación de neuronas a

través de un proceso programado denominado apoptosis. Al finalizar estos procesos de organización inicial del sistema nervioso, cerca de la mitad de las neuronas son finalmente eliminadas. La evidencia disponible desde hace cinco décadas indica que los tiempos de tales procesos de sobreproducción y poda de contactos sinápticos varían en diferentes áreas de la corteza cerebral, alcanzando al menos la segunda década de vida (Bathelt et al., 2018; Brown, 2017; Ismail et al., 2017; Perez et al., 2016; Schmitt et al., 2017).

Por otra parte, en estudios con modelos animales la presencia o ausencia de estímulos materiales, sensoriales y sociales en los contextos de desarrollo ha sido asociada reiteradamente con cambios en diferentes aspectos de la estructura y el funcionamiento del sistema nervioso durante su desarrollo. Tales cambios, que ocurren por la naturaleza adaptativa de los componentes y conexiones del sistema nervioso, han sido verificados a diferentes niveles de organización, desde el molecular hasta la estructura y función de diferentes redes neurales (Caroni et al., 2012; Grossman et al., 2003). Estos procesos de desarrollo son modulados por una gran diversidad de mecanismos moleculares, celulares, psicológicos, sociales y culturales –en el caso de los seres humanos. Durante el desarrollo neural, existen momentos de máxima organización de diferentes funciones que se denominan *períodos críticos*, y que ocurren en diferentes momentos para distintas redes neurales. Si durante tales períodos críticos se produce una alteración, tanto positiva como negativa, ésta tenderá a ser incorporada en la función neural de una manera permanente, limitando las oportunidades para su reorganización. Muchos de estos períodos tienen lugar en momentos tempranos del desarrollo, en particular durante la fase perinatal y en los primeros meses de vida. En el caso de procesos más complejos como los emocionales, los cognitivos y las competencias de aprendizaje, tal organización

depende de la integración progresiva de diferentes redes neurales, que procesan más de una modalidad de información y que se desarrollan en diferentes momentos durante al menos las dos o tres primeras décadas de vida. A nivel neural, esta integración requiere de diferentes tipos de nutrientes y experiencias que incluyen pero se extienden mucho más allá de los primeros mil días (Figura 2). Desde la perspectiva contemporánea del desarrollo neural, los primeros mil días son extremadamente insuficientes para predecir el desarrollo de un cerebro humano típico. En síntesis, el conocimiento neurocientífico disponible permite afirmar que, desde la concepción y durante toda la vida, el sistema nervioso se organiza y se modifica en base a la interacción dinámica entre características individuales y contextuales de cada persona.

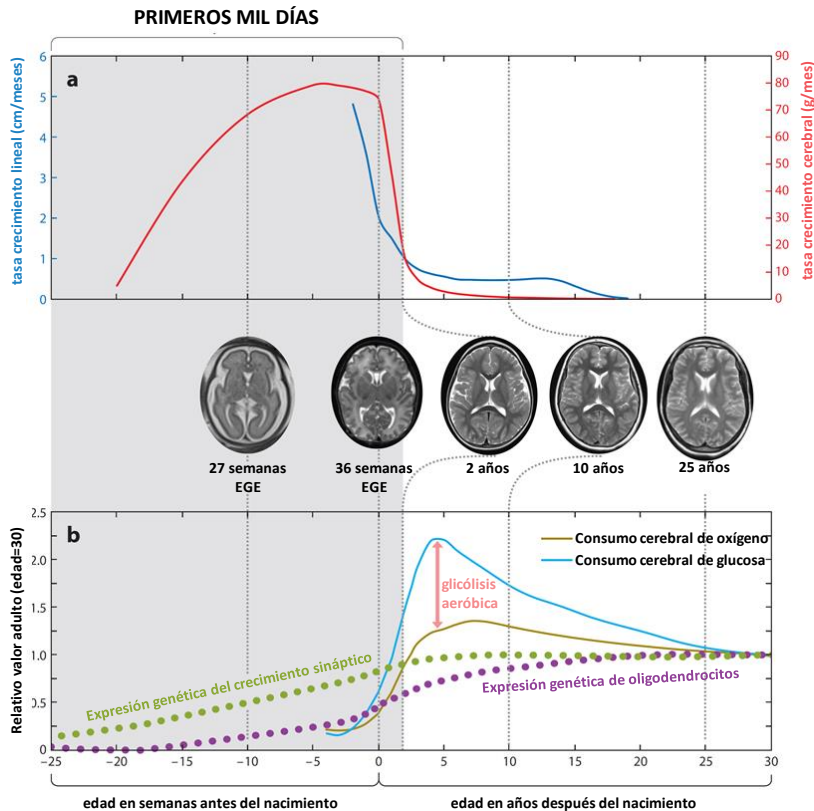


Figura 2 - Cambios significativos en el cerebro humano desde la concepción hasta la edad adulta. El cerebro humano gana gran parte de su masa y estructura durante los primeros mil días, que comienzan en la concepción y terminan aproximadamente a los 2 años de edad. (a) La tasa de crecimiento cerebral (línea roja) es muy alta durante este período de tiempo, y luego cae rápidamente a medida que comienza la infancia. Estructuralmente, el cerebro también comienza a parecerse mucho al cerebro adulto a los 2 años de edad. *Metafóricamente*, la base, la estructura y el marco del proceso de construcción se han completado en gran medida. *Sin embargo, se necesita hacer mucho más trabajo para construir, remodelar y aislar las innumerables conexiones dentro del cerebro.* (b) La expresión génica relacionada con el crecimiento sináptico alcanza su punto máximo poco después de los primeros 1.000 días, pero sigue siendo alta hasta la edad adulta (línea de puntos verde). La expresión genética relacionada con la mielinización aumenta posteriormente en el tiempo (línea punteada

violeta). Tanto el consumo de oxígeno en el cerebro (línea continua verde) como de glucosa (línea continua celeste) continúan aumentando y alcanzando su nivel máximo en la primera infancia, disminuyendo gradualmente a niveles adultos durante el resto de la infancia y la adolescencia. En particular, la brecha entre consumo de glucosa y de oxígeno se ensancha: la glucólisis aeróbica a los 5 años representa aproximadamente el 30% de la tasa de consumo de glucosa del cerebro humano en comparación con aproximadamente el 10% a la edad de 30 años. Estas características apuntan a los importantes requisitos metabólicos del cerebro que continúan mucho más allá de los primeros 1.000 días, abogando por una perspectiva ampliada sobre los requerimientos nutricionales del cerebro humano en desarrollo. Abreviatura: *EGE*, edad gestacional estimada. Esta figura ha sido modificada de su original en inglés de Goyal et al., 2018, y autorizada para su reproducción en este capítulo por parte de sus autores.

Síntesis de la evidencia neurocientífica sobre pobreza infantil

Estudios de asociación entre pobreza y eventos neurales

El estudio neurocientífico de la pobreza infantil es un área de reciente desarrollo (Farah, 2017, 2018). Desde mediados de los años noventa, diferentes investigadores comenzaron a comparar el desempeño de niños y niñas provenientes de hogares con y sin pobreza⁵ en tareas con demandas autorregulatorias, de procesamiento fonológico y de memoria episódica. Las tecnologías de neuroimágenes y de genética del comportamiento fueron incorporándose de a poco a tales esfuerzos. Los primeros trabajos

⁵ En este capítulo no abordaremos cuestiones específicas inherentes a las definiciones conceptuales y de indicadores de la pobreza –tema que plantea diferentes debates y complejidades de análisis en diferentes disciplinas humanas y sociales desde hace décadas–, por lo cual nos referiremos con el término *pobreza* a todas las formas de privación material y social derivadas de procesos de inequidad. Los lectores interesados en profundizar sobre tales cuestiones específicas podrán encontrar más de doscientas definiciones e indicadores en el trabajo de Spickler y colegas (2009), que contiene definiciones y paradigmas que han generado las ciencias sociales, humanas y de la salud desde fines del siglo XIX.

con este tipo de información comenzaron a publicarse recién en la década del 2000. Hasta mediados del año 2018 la cantidad de trabajos publicados que dan cuenta de evidencia empírica generada con neuroimágenes, no superaba el número de 100 artículos en dos décadas. Por otra parte, más del 80% de tal evidencia fue generada en Estados Unidos, en el 77% de los trabajos se aplicaron diseños sincrónicos, el 50% se basa en información anatómica, no funcional; y menos del 5% aborda cuestiones relacionadas con el aprendizaje (Farah, 2018; Lipina, 2017a). Este perfil de publicación no desmerece de ninguna forma el esfuerzo del área por contribuir con el conocimiento. No obstante, es importante comprender qué tipo de afirmaciones se pueden sostener y cuáles no, dado que una parte importante de la narrativa contemporánea sobre el desarrollo neural no incorpora la actualización de la evidencia generada durante la década de 1990 (Lipina, 2016, 2017c).

Las principales preguntas del área en la actualidad se centran en algunos temas ya analizados en los campos de la psicología del desarrollo, la psicología cognitiva, y las ciencias de la salud durante gran parte del siglo XX, especialmente con respecto a los efectos y mecanismos de mediación en el nivel de organización conductual. No obstante, el aspecto innovador de los abordajes neurocientíficos en los estudios de pobreza infantil es la consideración de componentes, eventos y mecanismos relacionados con procesos de autorregulación cognitiva y emocional, del procesamiento fonológico, de la memoria y del aprendizaje, en el nivel de organización neural (D'Angiulli et al., 2014; Farah, 2017, 2018; Johnson et al.; Lipina, 2016, 2017b; Ursache & Noble, 2016)⁶.

⁶ Las influencias de la exposición prenatal y postnatal a desnutrición, malnutrición, drogas legales e ilegales y agentes tóxicos ambientales sobre el desarrollo neural, son aspectos relacionados, aunque no exclusivamente, con la experiencia de la pobreza infantil. Por tal razón, no abordaremos esta evidencia en este capítulo, ya que focalizaremos nuestra atención en los estudios

En el nivel de organización comportamental, la evidencia indica que la pobreza se asocia con desempeños bajos en tareas con demandas de procesos cognitivos de control y metacognitivos (e.g., funciones ejecutivas y teoría de la mente), procesamiento fonológico, memoria episódica y aprendizaje, durante al menos las dos primeras décadas de vida (Farah, 2017; Lipina, 2016, 2017a). En algunos estudios se ha verificado que la asociación de la exposición a pobreza con el desempeño en algunas tareas cognitivas no es similar en todos los dominios, ni uniforme para todas las edades (e.g., Farah et al., 2006; Lipina et al., 2013; Noble, Norman, & Farah, 2005). Esto significa que hay niños y niñas que viven en condiciones de adversidad por pobreza que pueden tener desempeños típicos para su edad en algunos dominios cognitivos, y que ello puede variar según su edad y el tipo de prueba que se administre. Ello es esperable, ya que tanto la pobreza como el desarrollo autorregulatorio son procesos complejos que involucran múltiples factores interdependientes.

La evidencia del nivel de organización conductual es muy valiosa para comprender las asociaciones entre pobreza y desarrollo autorregulatorio, memoria episódica y aprendizaje. No obstante, ella no permite realizar inferencias sobre el nivel de organización neural. Para ello se requiere de abordajes técnicos y metodológicos específicos que comenzaron a implementarse a inicios de la década del 2000, cuando diferentes grupos de investigadores empezaron a utilizar técnicas como la resonancia magnética estructural (RME⁷), espectroscópica (RMEe) y funcional (RMF), electroencefalografía sin (EE) y con uso de técnicas de

específicos de neurociencia y pobreza infantil. No obstante, los lectores que desearan acceder a tal información podrán consultar los trabajos de Donald et al. (2015), Georgieff et al. (2015), Grandjean y Landrigan (2014), Thompson et al. (2009) y Wiebe et al. (2015).

⁷ Utilizaremos las siglas de las técnicas como en su versión en inglés, para ayudar al lector a identificarlas en sus exploraciones de la literatura del tema en inglés.

potenciales evocados (PE), y espectroscopia por infrarrojo (EI). Estas técnicas han sido utilizadas para obtener información de diferente tipo. Con la técnica de MRI es posible obtener imágenes de alta resolución anatómica que permiten medir aspectos estructurales del cerebro como por ejemplo el grosor, la superficie o el volumen de *sustancia gris* y *sustancia blanca*, así como también la concentración de neurotransmisores. Las asociaciones de este tipo de información con la del desempeño en tareas cognitivas o de aprendizaje, por ejemplo, solo puede realizarse a través de análisis de correlaciones —es decir, es asociativa y no da cuenta de relaciones causales. Más allá de esta eventual limitación, en esta etapa preliminar de los estudios del área tal información es muy valiosa para comenzar a comprender fenómenos de plasticidad neural y comportamental que deben continuar profundizándose con nuevas investigaciones que mejoren el conocimiento sobre los mecanismos implicados (Farah, 2018; Lipina, 2016). También es importante tener en cuenta que la información sobre grosor, superficie y volumen de la corteza cerebral corresponde a una dimensión macroscópica de análisis. Esto significa que no brinda información sobre eventos moleculares y celulares que también participan de los mecanismos de asociación entre pobreza y desarrollo neural. Las técnicas de neuroimágenes funcionales permiten obtener información sobre los recursos neurales involucrados durante la realización de tareas, en base al aumento de la actividad neural por consumo de oxígeno. Las técnicas electroencefalográficas permiten obtener información sobre la actividad eléctrica neuronal en estado de reposo (EE) o en respuesta a estímulos específicos (PO). La técnica de EI se basa en la detección de luz infrarroja cercana, y permite atravesar la superficie del cráneo y mostrar tejido cerebral. Las técnicas difieren en la calidad y el tipo de información que permiten obtener en términos de la resolución espacial y temporal de las imágenes. En

el caso del RMF, es importante que el lector no experto comprenda que en las imágenes cuyos colores muestran zonas de activación, éstos son asignados por los investigadores luego de realizar diferentes análisis estadísticos. A su vez, todas las técnicas requieren un gran trabajo de filtrado de señales ruidosas, que conllevan criterios conceptuales y metodológicos de toma de decisión. Es decir, tales imágenes son en parte construcciones de los investigadores. Y al igual que en el caso de la técnica de RME – con excepción de la versión RMEe o los equipos de alta resolución-, en general es información de nivel macroscópico.

Un resumen de la evidencia proveniente de los estudios que han aplicado técnicas de RME y RMEe indica que el ingreso familiar y la educación materna han sido asociados con cambios en el volumen del *hipocampo* y de la *amígdala* entre las edades de 4 y 22 años. Por otra parte, el nivel educativo materno, ha sido asociado con cambios en el grosor cortical y el volumen de redes neurales prefrontales, parietales y occipitales, entre las edades de 4 y 18 años; en la tasa de crecimiento cerebral y en el volumen de redes neurales frontales y parietales en niños y niñas de 1 mes a 4 años de edad; en la conectividad entre redes neurales frontales y parietales entre los 12 y 24 años; y en las trayectorias de desarrollo de redes neurales del hipocampo en niñas y adolescentes de 9 a 15 años. Por último, el ingreso y la educación parental han sido asociados con cambios en los patrones de conectividad entre diferentes redes neurales corticales y del *cuerpo estriado* entre los 6 y 17 años (Avants et al., 2015; Betancourt et al., 2015; Brito et al., 2017; Ellwood-Lowe et al., 2018; Hair et al., 2015; Mackey et al., 2015; Marshall et al., 2018; Noble et al., 2015; Piccolo et al., 2016; Sripada et al., 2014; Ursache et al., 2016; Weissman et al., 2018). En algunos de estos estudios, los cambios estructurales también se asociaron con el desempeño en tareas con demandas de control

cognitivo, lenguaje y aprendizaje (e.g., Brito et al., 2017; Hair et al., 2015; Mackey et al., 2015; Noble, et al., 2015; Ursache et al., 2016).

Solo recientemente ha comenzado a generarse evidencia sobre la asociación entre pobreza y desarrollo neural con poblaciones de adultos sin historias de trastornos neurológicos o psiquiátricos, en los que se aplicaron técnicas de RME. McLean y colegas (2012) encontraron que la historia de pobreza infantil en términos de privaciones materiales estaba asociada con cambios en la concentración de N-Acetil-aspartato –un marcador molecular asociado a integridad neuronal- en redes neurales del hipocampo de adultos de 35 a 65 años. Chan y colegas (2018) encontraron que el nivel educativo y ocupacional bajo de una muestra de adultos de 35 a 64 años se asoció con una reducción en la organización de redes funcionales cerebrales y el grosor cortical –tales asociaciones se verificaron incluso al controlar el nivel socioeconómico de los mismos individuos durante su niñez. La evidencia preliminar en estudios con adultos, sugiere que los procesos de acumulación de adversidades durante el ciclo de la vida no son necesariamente lineales.

Con respecto a la evidencia proveniente de los estudios en los que se aplicaron técnicas de RMF, se ha verificado que el ingreso, la educación materna y la ocupación paterna se asociaron con cambios en la activación de redes occipito-temporales durante tareas con demanda de procesamiento fonológico en niños y niñas de 4 a 8 años; la activación de redes prefrontales durante la realización de tareas con demandas de aprendizaje asociativo en niños y niñas de 4 a 8 años; la activación de redes prefrontales y parietales durante tareas con demandas de memoria de trabajo y procesamiento aritmético en niños y niñas de 8 a 12 años; y la activación de redes amigdalinas durante la realización de tareas en las que hay que procesar rostros amenazantes, en adultos de 23 a 25 años con historia de pobreza infantil (Finn et al., 2016;

Javanbakht et al., 2015; Noble et al., 2006; Raizada et al., 2008; Sheridan et al., 2012).

Con respecto a los estudios en los que se han aplicado técnicas de EE/PE, la evidencia indica que el ingreso familiar, la educación materna y la ocupación paterna se han asociado con cambios en: la actividad eléctrica durante el estado de reposo de bebés entre 6 y 9 meses de edad; los potenciales evocados asociados al control atencional de información irrelevante en niños, niñas y adolescentes de 3 a 8 años de edad; la actividad eléctrica asociada al procesamiento del habla y de los sonidos ambientales en adolescentes; los potenciales frontales relacionados con la detección de errores y en la potencia theta en niños y niñas de 16 a 18 meses y de 4 años; y la predicción del desempeño cognitivo a los 15 meses en función a la actividad eléctrica en estado de reposo al mes de vida (Brito et al., 2016; Conejero et al., 2016; D'Angiulli et al., 2012; Skoe et al., 2013; Stevens et al., 2009; Tomalski et al., 2013).

Este conjunto de evidencia permite afirmar que la pobreza medida en términos de ingreso familiar, educación y ocupación de los padres y de privaciones materiales –indicadores que no dan cuenta en forma específica de la experiencia infantil de pobreza– se asocian con un conjunto diverso de cambios estructurales y funcionales en el sistema nervioso. En particular, los sistemas neurales más involucrados en tales asociaciones resultan ser aquellos relacionados con el procesamiento autorregulatorio cognitivo y emocional, el lenguaje y el aprendizaje. La naturaleza asociativa de esta evidencia no permite inferir los mecanismos causales a través de los cuales tales relaciones se producen. En gran medida, el significado psicológico de tales asociaciones deberá ser dilucidados en futuras investigaciones. No obstante, la interpretación inicial de la evidencia –incluso en el campo neurocientífico– ha sido en el sentido de atribución de déficit por

pobreza (e.g., D'Angiulli et al., 2012). Estudios recientes que indican que los recursos neurales involucrados en procesos de lectura y análisis aritmético varían en función de la pobreza en un sentido cualitativo y no según qué redes neurales se activan durante su solución (Demir-Lira et al., 2016; Gullick et al., 2016), cuestionan la atribución de déficit. En tales investigaciones se verifica que niños y niñas que viven en condiciones de pobreza expresan desempeños de lectura y aritméticos esperables para su edad; y que a nivel neural tales desempeños se asocian con la activación de redes neurales diferentes en comparación con lo que le ocurre a sus pares de hogares no pobres. Por otra parte, también se ha comenzado a generar evidencia que sugiere que los recursos neurales implicados en la solución de tareas de control inhibitorio, control atencional y lectura pueden ser modificados por intervenciones en niños y niñas con y sin trastornos del desarrollo que viven en hogares pobres (Neville et al., 2013; Pietto et al., 2018; Romeo et al., 2018).

Modulación de las asociaciones por factores individuales y contextuales

Desde fines del siglo XX, investigaciones realizadas en el contexto de las disciplinas educación, psicología del desarrollo, sociología, epidemiología pediátrica, han permitido identificar factores de mediación y moderación de la asociación entre pobreza infantil, desarrollo autorregulatorio y salud mental. Entre los más frecuentes se encuentran: la exposición perinatal a infecciones, drogas legales e ilegales, tóxicos ambientales, desnutrición y malnutrición; el estado de salud física y mental de los niños y las niñas desde su nacimiento; el estado de desarrollo autorregulatorio, social y de lenguaje de los niños y las niñas; la cantidad de controles durante el embarazo; la seguridad de los vínculos de apego (al menos en sociedades con culturas occidentales); diferentes estresores en los contextos de cuidado, crianza y

educación; la calidad de la estimulación del aprendizaje en el hogar y en los centros de cuidado infantil; la salud mental y los estilos de vida de padres, cuidadores y maestros; la capacitación y los estilos pedagógicos de los maestros; el acceso a los sistemas de seguridad social a través de políticas de salud, educación y desarrollo social; los recursos comunitarios; la movilidad social; las crisis sociales, políticas y económicas; las normas, valores y expectativas culturales, que eventualmente puedan inducir fenómenos de exclusión como los de discriminación o estigmatización; la exposición a desastres naturales o las consecuencias del cambio climático; y el momento y duración de la exposición a diferentes tipos de adversidades tempranas (Bradley & Corwyn, 2002; Duncan et al., 2017; Hackman et al., 2010; Lipina, 2016; Yoshikawa et al., 2012). Además de la acumulación de potenciales factores de riesgo, resulta importante recordar que la pobreza es un fenómeno complejo que puede co-ocurrir con otro tipo de adversidades, como por ejemplo la orfandad y consecuente institucionalización, o la exposición a violencia doméstica o comunitaria. En tal sentido, es importante diferenciar las experiencias por falta de recursos materiales, de aquellas caracterizadas por la presencia de amenazas a la integridad física (Sheridan & McLaughlin, 2014). El consenso actual en la ciencia del desarrollo es que la asociación entre pobreza y desarrollo infantil es modulada al menos por la acumulación de factores de riesgo; la co-ocurrencia de adversidades; la susceptibilidad de cada niño y niña a los factores contextuales; y el tiempo de exposición a las adversidades.

Los estudios neurocientíficos contemporáneos sobre mediadores y moderadores de la asociación entre pobreza y desarrollo neural, también se encuentran en una etapa preliminar que precisa de más investigación. La evidencia disponible da cuenta de la moderación del nivel socioeconómico en la asociación

entre estructuras y funciones neurales y el desempeño autorregulatorio; la moderación de estructuras y funciones neurales en la asociación entre el nivel socioeconómico y el desempeño autorregulatorio; y la mediación de diferentes factores de riesgo/protección de la asociación entre el nivel socioeconómico y la estructura y la función neural (Farah, 2017; Lipina, 2016). Este tipo de evidencia ha generado la hipótesis de que dos vías por las cuales la pobreza infantil modularía el desarrollo neural durante las dos primeras décadas de vida, serían la calidad de los ambientes de crianza y la regulación de la respuesta al estrés (Ursache & Noble, 2016). Esto último se sumaría a evidencia acumulada desde mediados del siglo XX que sugiere que uno de los mecanismos de mediación más importantes de la asociación entre pobreza y desarrollo emocional, cognitivo y social son los mecanismos involucrados en la regulación del estrés (Blair & Raver, 2016; Lupien et al., 2009). Amenazas, eventos negativos de la vida, exposición a peligros ambientales, violencia familiar y comunitaria, separaciones y mudanzas familiares, pérdida o inestabilidad laboral y privación económica, ocurren en todo el espectro socioeconómico pero suelen ser más prevalentes en condiciones de pobreza (Bradley & Corwyn, 2002; Maholmes & King, 2012; Yoshikawa, Aber & Beardslee, 2012). Los sistemas neurales asociados a la regulación de tales tipos de estresores incluyen al denominado *eje HPA*, a la amígdala y a la corteza prefrontal, el cual interactúa con los sistemas inmunológico y cardiovascular, y que en conjunto regulan las respuestas fisiológicas y conductuales ante estresores, contribuyendo a los procesos de adaptación de cada individuo a sus circunstancias contextuales. En el corto plazo, la activación de estos sistemas funciona como factor de protección frente a la acción de los estresores. En condiciones de respuesta continua o crónica pueden estar asociados con desregulaciones fisiológicas con potencialidad de afectar la recuperación y la salud

cardiovascular e inmunológica a mediano y largo plazo (Dornela Godoy et al., 2017; McEwen & Gianaros, 2010; Robertson et al., 2015; Sandi & Haller, 2015).

Tales abordajes comenzaron a incluir el estudio de la modulación de los mecanismos *epigenéticos* durante el desarrollo temprano infantil en diferentes condiciones de crianza y socioeconómicas. Por ejemplo, Essex y colegas (2013) analizaron las diferencias en la *metilación* del ADN de adolescentes con reportes de experiencias de adversidad durante su propia infancia. Los resultados indicaron que la presencia de estresores maternos en la infancia y parentales en los períodos preescolares, predijeron efectos de metilación diferencial. Los resultados permiten sostener la hipótesis de que los cambios epigenéticos estarían involucrados, al menos parcialmente, en las influencias a largo plazo de las experiencias tempranas (Gray et al., 2017); y en consecuencia que la comprensión del rol del epigenoma en las modificaciones conductuales asociadas con las experiencias de vida tempranas podrían contribuir con la comprensión de las relaciones entre pobreza infantil y desarrollo neural. Por el momento, la evidencia no permite asumir fenómenos de causalidad epigenéticos que hayan sido claramente establecidos en la literatura neurocientífica con respecto a la asociación entre pobreza y desarrollo autorregulatorio.

Estudios neurocientíficos de intervención con niños y niñas que viven en pobreza

La aplicación de metodologías que permiten generar información neural en estudios de intervención con diseños controlados, orientados a optimizar el desempeño cognitivo y del lenguaje en poblaciones de niños y niñas proveniente de hogares pobres, es

reciente⁸. A la fecha se verifican solo tres estudios publicados. El primero de estos estudios (denominado PCMC por su sigla en inglés) corresponde al de Neville y colegas (2013), orientado a optimizar procesos de atención selectiva de niños y niñas de edad preescolar que vivían en condiciones de pobreza en la ciudad de Eugene (Estados Unidos), a través de la implementación de dos módulos de intervención de frecuencia semanal, durante ocho semanas, en la escuela, luego del horario de clases. Uno de los módulos consistió en actividades de entrenamiento atencional para los niños y las niñas a través de juegos manuales y grupales. El otro consistió en la realización de reuniones de dos a tres horas de duración con las familias, durante las cuales se conversaba sobre temas de crianza, manejo del estrés y de la comunicación en el hogar. En forma complementaria, se les entregaba a las familias guías para la realización de diferentes actividades en el hogar, con el fin de estimular en los niños y las niñas conductas de autorregulación y de reducir los factores que inducen estrés en la comunicación familiar cotidiana. Los investigadores compararon los desempeños previos y posteriores a la intervención, con el de niños y niñas del mismo contexto que participaban de otras dos intervenciones (una en la que solo se implementaba el módulo de entrenamiento atencional; y la otra la propuesta por una escuela del sistema *Head Start*⁹). Los resultados mostraron que los niños y las niñas que participaron del PCMC mejoraron sus desempeños cognitivos a nivel conductual, pero también electrofisiológico para

⁸ Los abordajes neurocientíficos de intervención orientados a analizar niveles de cambio (i.e., plasticidad) de procesos cognitivos, de lenguaje y de aprendizaje de poblaciones de niños y niñas con y sin trastornos, o expuestos a adversidades tempranas no relacionadas exclusivamente con la pobreza (e.g., maltrato, institucionalización), se iniciaron a principios de la década pasada (Fisher et al., 2015; Lipina, 2016). En este apartado solo se hace referencia a los que exclusivamente se realizaron con poblaciones de niños y niñas que viven en hogares pobres con y sin trastornos identificados.

⁹ <https://eclkc.ohs.acf.hhs.gov/es>

un componente PE de atención selectiva. Específicamente, los niños y las niñas que participaron de la intervención descripta expresaron un patrón neurofisiológico en el que podía diferenciarse la activación de diferentes recursos neurales tanto para estímulos relevantes como irrelevantes del paradigma de atención implementado. Asimismo, los investigadores encontraron que los padres habían reducido su percepción de estresores en el hogar. En un estudio posterior, los mismos investigadores encontraron además que los niños y las niñas que más se beneficiaron de la intervención eran aquellos que tenían un *polimorfismo* específico para un gen que codifica el transporte de serotonina (Isbell et al., 2013), sumando evidencia sobre la importancia de considerar diferentes niveles de organización, así como la consideración de las diferencias individuales, en el análisis de impacto de las intervenciones.

El segundo de estos estudios corresponde a la intervención computarizada diseñada por Romeo y colegas (2018) para niños y niñas de 6 a 9 años de edad, de diferentes contextos socioeconómicos, con dificultades de lectura, orientada a mejorar su desempeño. Luego de seis semanas de entrenamiento de procesos de fluencia, ortografía y lectura de palabras – implementado durante 4 horas por día, de lunes a viernes durante las vacaciones de verano-, los investigadores verificaron un aumento de los puntajes en tareas estandarizadas de lectura y un incremento en el grosor de redes neurales que participan de este tipo de procesamiento (i.e., occipito-temporo-parietales), medido con técnicas de RME.

El tercero de estos estudios fue el implementado por Pietto y colegas (2018), y consistió en un entrenamiento computarizado orientado a optimizar el desempeño de control cognitivo en niños y niñas de 5 años de edad de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (criterio de pobreza) a través de juegos de

computadora (i.e., control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, planificación). El entrenamiento fue implementado durante 12 semanas, con sesiones de 15 minutos de frecuencia semanal. Los resultados preliminares mostraron una mejora en un componente PE relacionado con el procesamiento de control inhibitorio, solo en el grupo entrenado.

Si bien en los tres estudios se asume que las intervenciones implementadas se asocian con los resultados, aún no se han podido identificar qué mecanismos causales específicos estarían involucrados en las mejoras. En consecuencia, el carácter preliminar de estos estudios obliga a que sus resultados sean tenidos en cuenta con cautela a la espera de la acumulación o no de más evidencia acerca de este tipo de estudios –lo cual podría incluir a los de replicación. En la actualidad, la importancia de esta evidencia preliminar radica en que es posible sostener la hipótesis –ya planteada en intervenciones con poblaciones de niños y niñas con trastornos del desarrollo– de que la eficiencia de diferentes sistemas neurales puede modificarse por intervenciones específicas; y que ello es posible de ocurrir más allá de los primeros dos o tres años de vida.

Implicancias de la evidencia, direcciones futuras y aportes de este volumen

La evidencia neurocientífica disponible sugiere que la exposición a pobreza puede asociarse con modificaciones estructurales y funcionales del sistema nervioso, que a la vez pueden asociarse con alteraciones en el desempeño en tareas con demandas emocionales, cognitivas, de lenguaje y de aprendizaje. Tales asociaciones estarían mediadas o moderadas por diferentes factores individuales y contextuales, entre los cuales la susceptibilidad individual, la calidad de las experiencias de crianza y educativas así como la exposición a eventos negativos estresantes estarían entre los más

frecuentes. Por último, también se ha comenzado a acumular evidencia que sugiere que tales asociaciones podrían ser modificadas por intervenciones orientadas a entrenar procesos cognitivos de control (i.e., atención, control inhibitorio) y de lenguaje (i.e., lectura), durante al menos la primera década de vida. En síntesis, la evidencia acumulada hasta el momento contribuye con las nociones de los presupuestos sobre desarrollo de los abordajes sistémico-relacionales: las asociaciones de pobreza con los sistemas neurales y cognitivos relacionados con la autorregulación y el aprendizaje no seguirían un patrón fijo e inmutable por exposición a privaciones.

Esta evidencia puede orientar algunas acciones aunque no con el detalle suficiente como para sugerir prácticas específicas en contextos hogareños, educativos o comunitarios (Farah, 2018; Lipina, 2016), como puede verificarse respecto a los aportes en tal sentido de otras disciplinas (e.g., National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019). Por una parte, la evidencia neurocientífica disponible podría eventualmente complementar a la generada por otras disciplinas que abordan el problema de la pobreza infantil y la importancia del desarrollo temprano, como educación, psicología del desarrollo. Por otra parte, las áreas de nutrición, actividad física, sueño y regulación del estrés podrían ser aquellas en las que concentrar esfuerzos de investigación para generar articulaciones con objetivos de transferencia. Estos cuatro factores han probado estar asociados con el desarrollo autorregulatorio y el aprendizaje; y contribuyen con el aumento o disminución de la carga alostática y con la adquisición de aprendizajes (Beddington et al., 2008; Ribeiro et al., 2017).

Las nociones erróneas sobre períodos críticos o sensibles tempranos para la autorregulación y el aprendizaje, la detención del desarrollo o la adquisición de impedimentos irreversibles por exposición temprana a pobreza —nociones que no pueden ser

sostenidas con la evidencia neurocientífica disponible-, inducen a representar al desarrollo como un fenómeno mucho más fijo y menos dinámico de lo que realmente la evidencia empírica permite sostener, al no considerar adecuadamente los niveles de plasticidad y sensibilidad al cambio, en el contexto de una dinámica compleja que involucra fenómenos no sólo biológicos, sino también sociales y culturales.

La evidencia disponible debería incorporarse a los debates en los que se discute la contribución del conocimiento científico a los procesos sociales orientados al cuidado de niños y niñas, adolescentes, adultos y ancianos que no tienen acceso a políticas que garanticen sus derechos a la salud, la educación y el desarrollo social. Ello necesariamente precisa que comprendamos que el diseño de políticas es un área de estudio específica de la ciencia política –por lo cual, es necesario incorporar las discusiones conceptuales y metodológicas al respecto-; y que constituye un proceso complejo que involucra a múltiples actores y sectores con intereses, tensiones y disputas diferentes, lo cual condiciona a la vez a los procesos de implementación y evaluación de intervenciones y política. En tal sentido, la evidencia neurocientífica disponible tampoco puede ser utilizada para proponer objetivos sociales normativos de ajuste y desajuste, ni fijos o inmutables. Por el contrario, ésta contribuye con la noción de que la pobreza se asocia a pérdida de derechos y competencias en la medida en que el desgaste de los sistemas neurales y fisiológicos involucrados reduzca oportunidades de inclusión educativa y social.

En el contexto de los estudios neurocientíficos sobre pobreza, en la actualidad los investigadores mantienen como objetivos de investigación: (a) la elucidación del significado psicológico de las variaciones neurales estructurales y funcionales; (b) el análisis de tales diferencias neurales en un sentido cualitativo,

que contribuya con identificar y diferenciar procesos de adaptación (e.g., adaptación versus déficit); (c) el análisis de dinámicas de mediación y moderación entre factores individuales/contextuales y diferentes aspectos del desarrollo autorregulatorio, que en combinación con estudios de intervención puedan contribuir eventualmente con la identificación de mecanismos causales de la asociación entre pobreza y desarrollo neural; (d) la identificación de momentos oportunos durante el desarrollo neural para generar acciones orientadas a optimizar procesos de autorregulación y aprendizaje; (e) el análisis de procesos de mutabilidad e inmutabilidad por implementación y evaluación de estudios con diseños longitudinales adecuados para su análisis; y (f) la generación de contribuciones neurocientíficas específicas que constituyan un valor agregado al realizado y a realizar por otras disciplinas.

En conjunto, estos objetivos de investigación eventualmente contribuirían con evidencia de valor para el diseño y evaluación de prácticas específicas. Ello requiere de tiempo, financiación adecuada —especialmente en aquellos países con recursos insuficientes o crisis económicas que reducen las posibilidades de trabajo científico, como ocurre actualmente en nuestra región-, y la generación de espacios de trabajo interdisciplinario e intersectorial con planificaciones y gestiones eficientes. Por otra parte, este tipo de esfuerzos requiere necesariamente la discusión de las representaciones implícitas sobre desarrollo humano que cada sector sostiene, lo cual permitiría a la vez vehiculizar la actualización de nociones éticas, culturales, meta-teóricas, conceptuales y metodológicas, entre otras, que los esfuerzos en primera infancia ameritan y requieren en la actualidad.

Algunos de los aspectos que tales esfuerzos podrían considerar en el futuro próximo son: (a) la identificación de blancos específicos y momentos oportunos para la intervención en

las áreas de nutrición, ejercicio físico, sueño y regulación del estrés en contextos de desarrollo (i.e, hogar, escuela, comunidad); (b) la financiación multilateral de proyecto orientados a generar grandes bases de datos construidas a partir de la recolección longitudinal de información de poblaciones de interés y que incluyan diferentes niveles de organización y contextos de desarrollo; (c) el debate sobre la pertinencia cultural de concepciones, modelos y diseños de evaluación e intervención, con el fin de evitar o reducir el impacto de la replicación de fórmulas estandarizadas en culturas foráneas a las de implementación; (d) el ensayo de tecnologías que permitan generar información del nivel de organización neural en contextos de desarrollo (e.g., dispositivos portables de evaluación eletroencefalográfica); y (e) el diseño de métodos computacionales que incluyan la consideración de información sobre el desarrollo de diferentes niveles de organización para el diseño y evaluación de intervenciones y políticas.

Los capítulos que se incluyen en este libro aportan evidencia que alimenta hipótesis y reflexiones en línea con las principales preguntas del área de estudio de la pobreza desde la perspectiva neurocientífica. Los capítulos de Rueda y Conejero y Demir-Lira conforman una primera parte dedicada a estudios correlacionales, que amplían la evidencia disponible sobre las asociaciones entre las condiciones de vida tempranas, el desarrollo cognitivo y el desempeño académico tanto a nivel neural como conductual. En el caso del capítulo de Demir-Lira, también se incluyen discusiones actuales acerca de la importancia de considerar la oposición entre déficit y activación al interpretar los resultados de estudios neurales con poblaciones infantiles que viven en hogares en condiciones de pobreza. La segunda parte de este libro incluye cuatro capítulos que abordan diferentes cuestiones inherentes a los esfuerzos de intervención orientados a optimizar el desarrollo autorregulatorio y la lectura a nivel neural y cognitivo. En primer lugar, Posner

recapitula los esfuerzos de investigación básica con modelos animales y con humanos dedicados a identificar los mecanismos neurales involucrados en los cambios por intervención. Pakulak y Stevens, por su parte, comparten una historia actualizada con evidencia aún en análisis del programa de investigación llevado a cabo durante la última década en el Laboratorio de Desarrollo Cerebral de la Universidad de Oregon, el cual incluye el diseño, implementación, evaluación y adaptación cultural de una propuesta de intervención orientada a dos generaciones (cuidadores y niños). Romeo, Imhof, Bhatia y Christodoulou, actualizan la evidencia de un programa de intervención orientado a evaluar el impacto de intervenciones en el área de lectura. Tales estudios también contribuyen con el debate acerca de las nociones de déficit por impacto de pobreza y apoyan las hipótesis de adaptación neural ante la adversidad, sugiriendo la necesidad de explorar la variabilidad en la respuesta a intervenciones para su diseño adaptado a las necesidades de estimulación de la lectura de niños que viven en condiciones de pobreza. Carboni, Delgado y Nin describen el diseño, implementación y evaluación de un programa de intervención cognitiva en el contexto del plan Ceibal de Uruguay. Por último, en la tercera parte del libro se incluyen una serie de capítulos que proponen distintas exploraciones interdisciplinarias para abordar el análisis de mecanismos que puedan explicar las asociaciones entre adversidad por pobreza y desarrollo neural; así como también el escalamiento de los análisis correlacionales y de identificación de mecanismos a través de diferentes herramientas computacionales. Tales son los casos de los capítulos de Perry, y de Thomas, Lomas y Lopez-Rosenfeld y colegas, respectivamente. Finalmente, Penn ofrece una serie de reflexiones sobre el uso de la evidencia neurocientífica en el sector de Desarrollo Infantil Temprano (DTI), desde la perspectiva

crítica de la psicología del desarrollo y la sociología contemporáneas.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo del Centro de Educación Médica e Investigación Clínica “Norberto Quirno” (CEMIC); Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT); y Fundación Ettore Majorana (Erice, Italia).

Referencias bibliográficas

- Avants, B.B., Hackman, D.A., Betancourt, L.M., Lawson, G.M., Hurg, H., & Farah, M.J. (2015). Relation of childhood home environment to cortical thickness in late adolescence: Specificity of experience and timing. *PLoS One*, 10, e0138217.
- Barker, R.G. (1965). Explorations in ecological Psychology. *American Psychologist*, 20, 1-14.
- Barnett, W.S. (2011). Effectiveness of early educational intervention. *Science*, 333, 975-978.
- Bathelt, J., Gathercole, S.E., Johnson, A., & Astle, D.E. (2018). Differences in brain morphology and working memory capacity across childhood. *Developmental Science*, 21, e12579.
- Beaver, K.M., Wright, J.P., DeLisi, M., & Vaughn, M.G. (2012). Dopaminergic polymorphisms and educational attainment: Results from a longitudinal sample of Americans. *Developmental Psychology*, 48 (4), 932–938.
- Beddington, J., Cooper, C.L., Field, J., Goswami, U., Huppert, F.A., Jenkins, R., et al. (2008). The mental wealth of nations. *Nature*, 455, 1057-1060.
- Betancourt, L.M., Avants, B., Farah, M.J., Brodsky, N.L., Wu, J., Ashtari, M., et al. (2015). Effect of socioeconomic status (SES) disparity on neural development in female African-American infants at age 1 month. *Developmental Science*, 19, 947-956.

- Black, M.M., Walker, S.P., Fernald, L.C.H., Andersen, C.T., DiGirolamo, A.M., Lu, C., et al. (2017). Early childhood development coming of age: science through the life course. *Lancet*, 389, 77-90.
- Blair, C., & Raver, C.C. (2012). Child development in the context of adversity: Experiential canalization of brain and behavior. *American Psychologist*, 67, 309–318.
- Blair, C., Willoughby, M., Greenberg, M.T., Kivlighan, K.T., Fortunato, C.K., Granger, D.A., et al. (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*, 82, 1970–1984.
- Blakemore, S.J., & Mills, K.L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing? *Annual Review of Psychology*, 187–207.
- Bradley, R.H., & Corwyn, R.F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, 53, 371-399.
- Brito, N.H., Fifer, W.P., Myers, M.M., Elliott, A.J., & Noble, K.G. (2016). Associations among family socioeconomic status, EEG power at birth, and cognitive skills during infancy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 19, 144-151.
- Brito, N.H., Piccolo, L.R., Noble, K.G., & Pediatric Imaging, Neurocognition, and Genetics Study (2017). Associations between cortical thickness and neurocognitive skills during childhood vary by family socioeconomic factors. *Brain and Cognition*, 116, 54-62.
- Brito, P.R., Lye, S.J., Proulx, K., Yousafzai, A.K., Matthews, S.G., Vaivada, T., et al. (2017). Nurturing care: promoting early childhood development. *Lancet*, 389, 91-102.
- Bronfenbrenner, U. (1987). *La ecología del desarrollo humano*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Brown, T.T. (2017). Individual differences in human brain development. *Wiley Interdisciplinary Review of Cognitive Science*, 8, e1389.

- Bruer, J. (2000). *El mito de los tres primeros años de vida*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Burger, K. (2010). How does early childhood care and education affect cognitive development? An international review of the effects of early interventions for children from different social backgrounds. *Early Childhood Research Quarterly*, 25, 140-165.
- Carli, S. (2006). Notas para pensar la infancia en la Argentina (1983-2001). En *La cuestión de la infancia: entre la escuela, la calle y el shopping* (pp. 19-54). Buenos Aires: Paidós.
- Caroni, P., Donato, F., & Muller, D. (2012). Structural plasticity upon learning: regulation and functions. *Nature Reviews Neuroscience*, 13, 478-490.
- Chan, M.Y., Na, J., Agres, P.F., Savalia, N.K., Park, D.C., & Wig, G.S. (2018). Socioeconomic status moderates age-related differences in the brain's functional network organization and anatomy across the adult lifespan. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 115, E5144-E5143.
- Conejero, A., Guerra, S., Abundis-Gutiérrez, A., & Rueda, M.R. (2018). Frontal theta activation associated with error detection in toddlers: influence of familial socioeconomic status. *Developmental Science*, 21, 1-10.
- D'Angiulli, A., Lipina, S.J., & Maggi, A. (Eds.) (2014). *The social emotional developmental and cognitive neuroscience of socioeconomic gradients: Laboratory, population, cross-cultural and community developmental approaches*. New York: Frontiers in Human Neuroscience.
- D'Angiulli, A., Lipina, S.J., & Olesinska, A. (2012). Explicit and implicit Issues in the Developmental cognitive neuroscience of social inequality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, Article 254.
- D'Angiulli, A., Van Roon, P.M., Weinberg, J., Oberlander, T.F., Grunau, R.E., Hertzman, C., et al. (2012). Frontal EEG/ERP correlates of attentional processes, cortisol and motivational states in adolescents from lower and higher

- socioeconomic status. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, Article 306.
- Demir-Lira, Ö.E., Prado, J., & Booth, J.R. (2016). Neural correlates of math gains vary on parental socioeconomic status (SES). *Frontiers in Psychology*, 7, Article 892.
- Donald, K.A., Eastman, E., Howells, F.M., Adnams, C., Riley, E.P., Woods, R.P., et al. (2015). Neuroimaging effects of prenatal alcohol exposure on the developing human brain: A magnetic resonance imaging review. *Acta Neuropsychiatrica*, 27, 251–269.
- Dornela Godoy, L., Teixeira Rossignoli, M., Delfino-Pereira, P., García-Cairasco, N., & Henrique de Lima Umeoka, E. (2018). A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications. *Frontiers in Behavioural Neuroscience*, 12, Article 127.
- Duncan, G.J., Magnuson, K., & Votruba-Drzal, E. (2017). Moving beyond correlations in assessing the consequences of poverty. *Annual Review of Psychology*, 68, 10-22.
- Ellwood-Lowe, M.E., Humphreys, K.L., Ordaz, S.J., Camacho, M.C., Sacchet, M.D., & Gotlib, I.H. (2018). Time-varying Effects of income on hippocampal volume trajectories in adolescent girls. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 41-50.
- Essex, M.J., Boyce, W.T., Hertzman, C., Lam, L.L., Armstrong, J.M., Neumann, S.M.A., et al. (2013). Epigenetic vestiges of early developmental adversity: Childhood stress exposure and DNA methylation in adolescence. *Child Development*, 84, 58–75.
- Farah, M.J. (2017). The neuroscience of socioeconomic status: Correlates, causes, and consequences. *Neuron*, 96, 56-71.
- Farah, M.J. (2018). Socioeconomic status and the brain: Prospects for neuroscience-informed policy. *Nature Reviews Neuroscience*, 19, 428-438.
- Farah, M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J.M., Brodsky, N.L., et al. (2006). Childhood poverty:

- specific associations with neurocognitive Development. *Brain Research*, 1110, 166-174.
- Finn, A.S., Minas, J.E., Leonard, J.A., Mackey, A.P., Salvatore J., Goetz, C., et al. (2017). Functional brain organization of working memory in adolescents varies in relation to family income and academic achievement. *Developmental Science*, 20, e12450.
- Fisher, P.A. Beauchamp, K.G., Roos, L.E., Noll, L.K., Flannery, J., & Delker, B.C. (2016). The neurobiology of intervention and prevention in early adversity. *Annual Review of Clinical Psychology*, 12, 331-357.
- Galván, A. (2010). Neural plasticity of development and learning. *Human Brain Mapping*, 31, 879-890.
- Ganzel, B., Morris, P., & Wethington, E. (2010). Allostasis and the human brain: Integrating models of stress from the social and life sciences. *Psychological Review*, 117, 134–174.
- Genç, E., Fraenz, C., Schlüter, C., Friedrich, P., Hossiep, R., Voelkle, M.C., et al. (2018). Diffusion markers of dendritic density and arborization in gray matter predict differences in intelligence. *Nature Communications*, 9, Article 1905.
- Georgieff, M.K., Brunette, K.E., & Tran, P.V. (2015). Early life nutrition and neural plasticity. *Development and Psychopathology*, 27, 411–423.
- Gottlieb, G. (2007). Probabilistic epigenesis. *Developmental Science*, 10 (1), 1-11.
- Grandjean, P., & Landrigan, P.J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurology*, 13, 330–338.
- Gray, J.D., Kogan, J.F., Marrocco, J., & McEwen, B.S. (2017). Genomic and epigenomic mechanisms of glucocorticoids in the brain. *Nature Reviews Endocrinology*, 13, 661-673.
- Grossman, A.W., Churchill, J.D., McKinney, B.C., Kodish, I.M., Otte, S.L., et al. (2003). Experience Effects on brain Development: possible contributions to psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 33-63.

- Gullick, M.M., Demir-Lira, Ö.E., & Booth, J.R. (2016). Reading skill-fractional anisotropy relationships in visuospatial tracts diverge depending on socioeconomic status. *Developmental Science*, 19, 673-685.
- Hackman, D.A., Farah, M.J., & Meaney, M.J. (2010). Socioeconomic status and the brain: Mechanistic insights from human and animal research. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 651-659.
- Hair, N.L., Hanson, J.L., Wolfe, B.L., & Pollak, S.D. (2015). Association of child poverty, brain development, and academic achievement. *JAMA Pediatrics*, 169, 822–829.
- Hawe, P. (2015). Lessons from complex interventions to Improve health. *Annual Review of Public Health*, 36, 307-323.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (2012). David Hubel and Torsten Wiesel. *Neuron*, 75, 182-184.
- Huttenlocher, P.R. (1999). Dendritic and synaptic Development in human cerebral cortex: time course and critical periods. *Developmental Neuropsychology*, 16, 347-349.
- Isbell, E., Stevens, C., Pakulak, E., Hampton Wray, A., Bell, T.A., & Neville, H.J. (2017). Neuroplasticity of selective attention: Research foundations and preliminary evidence of a gene by intervention interaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 114, 9247-9254.
- Ismail, F.Y., Fatemi, A., & Johnston, M.V. (2017). Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *European Journal of Paediatric Neurology*, 21, 23-48.
- Javanbakht, A., King, A.P., Evans, G.W., Swain, J.E., Angstadt, M., Phan, L., et al. (2015). Childhood poverty predicts adult amygdala and frontal activity and connectivity in response to Emotional faces. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, Article 154.
- Johnson, S.B., Riis, J.L., & Noble, K.G. (2016). State of the art review: Poverty and the developing brain. *Pediatrics*, 137, e20153075.

- Kim, P., Evans, G.W., Angstadt, M., Ho, S.S., Sripada, C.S., Swain, J.E., et al. (2013). Effects of childhood poverty and chronic stress on emotion regulatory brain function in adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 18442–18447.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., et al. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *Journal of the American Child and Adolescent Psychiatry*, 44, 177-186.
- Lerner, R.M. (2018). *Concepts and theories of human Development*, 4th Edition. New York: Routledge.
- Lipina, S., Segretin, M.S., Hermida, M.J., Prats, L., Fracchia, C., López Camelo, J.S., & Colombo, J.A. (2013). Linking childhood poverty and cognition: environmental mediators of non-verbal executive control in an Argentine sample. *Developmental Science*, 16, 697-707.
- Lipina, S.J. (2016). *Pobre cerebro*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Lipina, S.J. (2017a). Childhood poverty: Bridging evidenced-based efforts between neuroscience and policy. Workshop “*What is known about poverty and brain development?*” Center of Neuroscience and Society, University of Pennsylvania, Philadelphia, June 15.
- Lipina, S.J. (2017b). The biological side of social determinants: Neural costs of childhood poverty. *Prospects: UNESCO’s Quarterly Review of Comparative Education*, 46, 265-280.
- Lipina, S.J. (2017c). The neuroscience within the Lancet ECD Series. Workshop “*Can neuroscience help efforts to alleviate global child poverty?*” Center of Neuroscience and Society, University of Pennsylvania, Philadelphia, June 23.
- Lipina, S.J. (2018). Consideraciones críticas sobre la evidencia neurocientífica de los estudios de pobreza infantil. *Boletín Infancia (OEA)*, 5, 48-59.
- 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, 434–445.
- Mackey, A.P., Finn, A.S., Leonard, J.A., Jacoby-Senghor, D.S., West, M.R., Gabrieli, C.F.O., et al. (2015). Neuroanatomical correlates of the income-achievement gap. *Psychological Science*, 26, 925–933.
- Maholmes, V., & King, R.B. (2012). *The Oxford Handbook of poverty and child development*. Oxford: Oxford University Press.
- Marshall, N.A., Marusak, H.A., Sala-Hamrick, K.J., Crespo, L.M., Rabinak, C.A., et al. (2018). Socioeconomic disadvantage and altered corticostriatal circuitry in urban youth. *Human Brain Mapping*, 39, 1982-1994.
- McEwen, B.S., & Gianaros, P.J. (2010). Central role of the brain in stress and adaptation: Links to socioeconomic status, health, and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186, 190–222.
- McLaughlin, K.A., & Sheridan, M.A. (2016). Beyond cumulative risk: A dimensional approach to childhood adversity. *Current Directions in Psychological Science*, 25, 239-245.
- McLean, J., Krishnadas, R., Batty, G.D., Burns, H., Deans, K.A., Ford, I., et al. (2012). Early life socioeconomic status, chronic physiological stress and hippocampal N-acetyl-aspartate concentrations. *Behavioral Brain Research*, 235, 225-230.
- Melhuish, E., Belsky, J., Anning, A., Ball, M., Barnes, J., Romaniuk, H., et al. (2007). Variation in community intervention programmes and consequences for children and families: The example of Sure Start Local Programmes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 543-551.
- Michel, G.F., & Tyler, A.N. (2004). Critical period: a history of the transition from questions of when, to what, to how. *Developmental Psychobiology*, 46, 156-162.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019). *A roadmap to reducing child poverty*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Nelson, E.E. (2017). Learning through the ages: How the brain adapts to the social world across Development. *Cognitive Development*, 42, 84-94.
- Neville, H.J., Stevens, C., Pakulak, E., Bell, T.A., Fanning, J., et al. (2013). Family-based training program improves brain function, cognition, and behavior in lower socioeconomic status preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110, 12138-12143.
- Nilsen, A.C.E. (2017). The expansion of early childhood development services and the need to reconceptualize evidence. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 18, 269-280.
- Noble, K.G., Houston, S.M., Brito, N.H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J.M., et al. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience*, 18, 773-778.
- Noble, K.G., Wolmetz, M.E., Ochs, L.G., Farah, M.J., & McCandliss, B.D. (2006). Brain-behavior relationships in reading acquisition are modulated by socioeconomic factors. *Developmental Science*, 9, 642-654.
- Noble, K.G., Norman, M.F., & Farah, M.J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*, 8, 74-87.
- Otero, G.A. (1997). Poverty, cultural disadvantage and brain development: a study of preschool children in Mexico. *Electroencephalography Clinical Neurophysiology*, 102, 512-516.
- Overton, W.F. (2006). Developmental psychology: Philosophy, concepts, methodology. In W. Damon & R.M. Lerner (comps.), *Handbook of Child Psychology: Vol. 1 Theoretical models of human development* (6th. Ed., pp. 18-88). Hoboken, NJ: Wiley.
- Overton, W.F. (2015). Process and relational developmental systems. In W.F. Overton & P.C.M. Molenaar (comps), *Handbook of child psychology and developmental science: Vol. 1 Theory and method* (7th. Ed., pp. 9-62). Hoboken, NJ: Wiley.

- Overton, W.F., & Molenaar, P.C.M. (2015). Concepts, theory, and method in developmental science. A view of the issues. Chapter 1 in W.F. Overton, P.C.M. Molenaar (Eds.) *Handbook of child psychology and developmental science (Volume 1)*, 7th Edition. New York: Wiley & Sons.
- Perez, J.D., Rubinstein, N.D., & Dulac, C. (2016). New perspectives on genomic imprinting, an essential and multifaceted mode of epigenetic control in the developing and adult brain. *Annual Review of Neuroscience*, 39, 347-384.
- Piccolo, L.R., Merz, E.C., He, X., Sowell, E.R., Noble, K.G., & Pediatric Imaging, Neurocognition, Genetic Study (2016). Age-related differences in cortical thickness vary by socioeconomic status. *PLoS One*, 11, e0162511.
- Pietto, M.L., Giovannetti, F., Segretin, M.S., Belloli, L.M.L., Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A.P., et al. (2018). Enhancement of inhibitory control in a sample of preschoolers from poor homes after cognitive training in a kindergarten setting: Cognitive and ERP evidence. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 34-42.
- Raizada, R.D., Richards, T.L., Meltzoff, A., & Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in Young children. *Neuroimage*, 40, 1392-1401.
- Ramey, S., & Ramey, C.T. (2003). Understanding efficacy of early educational programs: Critical design, practice, and policy issues. In A.J. Reynolds, M.C. Wang & H.J. Walberg (comps.) *Early childhood programs for a new century* (pp. 121-158). Washington DC: CWLA Press.
- Ribeiro, S., Bezerra Mota, N., da Rocha Fernandes, V., Camaz Deslandes, A., Brockington, G., & Copelli, M. (2017). Physiology and Assessment as low-hanging fruit for education overhaul. *Prospects: Quarterly Review of Comparative Education*, 46, 249-264.
- Robertson, T., Benzeval, M., Whitley, E., & Popham, F. (2015). The role of material, psychosocial and behavioral factors in mediating the association between socioeconomic position

- and allostatic load (measured by cardiovascular, metabolic and inflammatory markers). *Brain and Behavioral Immunology*, 45, 41-49.
- Romens, S.E., McDonald, J., Svaren, J., & Pollak, S.D. (2015). Associations between early life stress and gene methylation in children. *Child Development*, 86, 303-309.
- Romeo, R.R., Christodoulou, J.A., Halverson, K.K., Murtagh, J., Cyr, A.B., Schimmel, C., et al. (2018). Socioeconomic status and reading disability: Neuroanatomy and plasticity in response to Intervention. *Cerebral Cortex*, 27, 2297-2312.
- Roth, T.L., & Sweatt, J.D. (2011). Epigenetic mechanisms and environmental shaping of the brain during sensitive periods of development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52, 398-408.
- Rueda, M.R., Rothbarth, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L., & Posner, M.I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academic of Sciences USA*, 102, 14931-14936.
- Sandi, C., & Haller, J. (2015). Stress and the social brain: Behavioural effects and neurobiological mechanisms. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 290-304.
- Schmitt, J.E., Giedd, J.N., Raznahan, A., & Neale, M. (2017). The genetic contributions to maturational coupling in the human cerebrum: A longitudinal pediatric twin imaging study. *Cerebral Cortex*, 1, 1-8.
- Segretin, M.S., Hermida, M.J., Prats, L.M., Fracchia, C.S., Ruetti, E., & Lipina, S.J. (2016). Childhood poverty and cognitive development in Latin America in the 21st Century. *New Directions in Child and Adolescent Development*, 152, 9-29.
- Sheridan, M.A., Sarsour, K., Jutte, D., D'Esposito, M., & Boyce, W.T. (2012). The impact of social disparity on prefrontal function in childhood. *PLoS ONE*, 7, e35744.

- Skoe, E., Krizman, J., & Kraus, N. (2013). The impoverished brain: disparities in maternal education affect the neural response to sound. *Journal of Neuroscience*, 33, 17221-17231.
- Spickler, P., Álvarez Leguizamón, S., & Gordon, D. (2009). *Pobreza. Un glosario internacional*. Buenos Aires: CLACSO.
- Sripada, R.K., Swain, J.E., Evans, G.W., Welsh, R.C., & Liberzon, I. (2014). Childhood poverty and stress reactivity are associated with aberrant functional connectivity in default mode network. *Neuropsychopharmacology*, 39, 2244-2251.
- Stearns, P. (2015). Children in history. In M.H. Bornstein, T. Leventhal, & R.M. Lerner (comps.), *Handbook of child psychology and developmental science: Vol. 4 Ecological settings and processes* (7th. Ed., pp. 787-810). Hoboken, NJ: Wiley.
- Stevens, C., Lauinger, B., & Neville, H. (2009). Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: an event-related brain potential study. *Developmental Science*, 12, 634-646.
- Thompson, B.L., Levitt, P., & Stanwood, G.D. (2009). Prenatal exposure to drugs: Effects on brain development and implications for policy and education. *Nature Reviews Neuroscience*, 10, 303-312.
- Thomson, M. (2010). Disability, psychiatry, and eugenics. In A. Bashford & P. Levine (comps.) *The Oxford handbook of the history of eugenics* (pp. 116-133). Oxford: Oxford University Press.
- Tomalski, P., Moore, D.G., Ribeiro, H., Axelsson, E.L., Murphy, E., Karmiloff-Smith, A., et al. (2013). Socioeconomic status and functional brain Development: associations in early infancy. *Developmental Science*, 16, 676-687.
- UNICEF (2018). *Progress for every child in the SDG era*. New York: UNICEF.
- Ursache, A., & Noble, K.G. (2016). Neurocognitive development in socioeconomic context: Multiple mechanisms and implications for measuring socioeconomic status. *Psychophysiology*, 53, 71-82.

- Ursache, A., Noble, K.G., & Pediatric Imaging, Neurocognition and Genetics Study (2016). Socioeconomic status, white matter, and executive function in children. *Brain and Behavior*, 6, e00531.
- Walhovd, K.B., Krogsrud, S.K., Amlien, I.K., Bartsch, H., Bjørneud, A., Due-Tønnessen, P., et al. (2016). Neurodevelopmental origins of lifespan changes in brain and cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113, 9357-9362.
- Weissman, D.G., Conger, R.D., Robins, R.W., Hastings, P.D., Guyer, A.E. (2018). Income change alters default mode network for adolescents in poverty. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 93-99.
- Werker, J.F., & Hensch, T.K. (2015). Critical periods in speech perception: new directions. *Annual Review of Psychology*, 66, 173-196.
- Wiebe, S.A., Clark, C.A.C., De Jong, D.M., Chevalier, N., Espy, K.A., & Wakschlag, L. (2015). Prenatal tobacco exposure and self-regulation in early childhood: Implications for developmental psychopathology. *Development and Psychopathology*, 27, 397-409.
- Yoshikawa, H., Aber, J.L., & Beardslee, W.R. (2012). The Effects of poverty on the mental, Emotional, and behavioral health of children and youth: implications for prevention. *American Psychologist*, 67, 272-284.
- Zhang, T.Y., & Meaney, M.J. (2010). Epigenetics and the environmental regulation of the genome and its function. *Annual Review of Psychology*, 61, 439-466.

PRIMERA PARTE

Estudios correlacionales

3

EFFECTOS DE LA POBREZA EN EL DESARROLLO NEURO-COGNITIVO TEMPRANO

M. Rosario Rueda y Ángela Conejero

Introducción: Plasticidad neural y vulnerabilidad

La cuestión acerca de en qué medida el desarrollo de las capacidades cognitivas del individuo se ven afectada por el ambiente de crianza y por la experiencia ha sido fundamental en el estudio del desarrollo humano a lo largo de generaciones de investigadores. En el campo de la neurociencia cognitiva, el término *plasticidad* se usa para transmitir la idea de que tanto el cerebro como las habilidades cognitivas pueden cambiar con la experiencia.

El cerebro es un órgano plástico (Pascual-Leone, Amedi, Fregni & Merabet, 2005), motivo por el cual se desarrolla en conexión con la experiencia. Las experiencias del niño y la niña nutren al cerebro y le permiten desarrollarse de forma óptima. El grado en que el desarrollo intelectual y emocional del niño y la niña es estimulado por sus cuidadores repercute en el crecimiento del

cerebro y también en la eficacia con la que funciona. La parte más plástica del cerebro, y por tanto también más vulnerable, es la que alberga las capacidades mentales superiores del ser humano, que son el lenguaje, la atención, la regulación de emociones y del comportamiento, la memoria y el razonamiento. Un dato robusto que nos da la investigación en psicología es que estas capacidades suelen ser menos óptimas en niños y niñas que crecen en entornos de pobreza. Del mismo modo, las dificultades escolares y los problemas de comportamiento se dan con más frecuencia en niños de familias con menor nivel socio-económico (NSE) (Bornstein & Bradley, 2003).

Por otro lado, los avances tecnológicos de los últimos años en neuroimágenes han permitido estudiar las asociaciones entre la pobreza y el desarrollo del cerebro. Las redes neurales asociadas con el lenguaje, la atención y el aprendizaje se ven particularmente involucradas en tales asociaciones (Hackman & Farah, 2009). Las mismas se desarrollan en menor medida en niños y niñas que crecen en entornos de mayor pobreza. Muchos datos muestran que ser criado por padres con un alto nivel educativo fomenta el desarrollo del lenguaje de un niño o niña (Hoff, 2006). El efecto que tiene la educación de los padres en una habilidad sujeta al aprendizaje como es el lenguaje, nos sorprende poco. Sin embargo, investigaciones recientes muestran que el NSE de los padres también influye en el desarrollo de otras habilidades cognitivas como la atención, la memoria y la inteligencia. Además, estas investigaciones muestran que el NSE familiar también se asocia con el desarrollo de las regiones cerebrales en las que éstas habilidades se sustentan (Noble et al, 2015). Todas estas funciones cognitivas son cruciales para el aprendizaje escolar, así que su vulnerabilidad a la pobreza educativa o de recursos económicos explicaría en parte la asociación que se encuentra de forma

consistente entre bajo un NSE familiar y un bajo desempeño escolar en los niños y las niñas.

Desarrollo temprano de la atención

Durante la segunda mitad del primer año de vida, los bebés comienzan a desarrollar su capacidad para controlar la atención (Conejero & Rueda, 2017; Rothbart, Sheese, Rueda, & Posner, 2011). Aprenden, por ejemplo, a orientar su atención hacia una posición de la escena donde con frecuencia aparece algo interesante antes de que ese objeto se presente. Anticipar la atención a un lugar debido a la expectativa de que algo interesante aparecerá allí es indicativo de que el bebé, y no la mera presentación del objeto, es quien controla la atención. El desarrollo del control de la atención en bebés está asociado a los cambios madurativos que tienen lugar en la parte más anterior del cerebro, el lóbulo frontal. En los primeros dos años de vida se produce un incremento exponencial en el volumen de la sustancia gris y el grosor cortical en esta región del cerebro, así como el desarrollo de conexiones entre neuronas de ésta y otras partes del cerebro (Gilmore et al., 2012), cambios que se van a extender a lo largo de toda la infancia y gran parte de la adolescencia.

El control de la atención es el primer paso para llegar a regular nuestro comportamiento en función de metas propias, y no estar a merced de los eventos externos o impulsos internos que acontecen de forma automática. Un buen ejemplo de esto es la detección de errores. Muchas veces, cuando nuestra atención está monopolizada por un pensamiento u otra actividad, cometemos errores de acción que no detectamos, o nos pasan desapercibidos acontecimientos a nuestro alrededor. Por tanto, la atención es necesaria para detectar que algo no va bien o sucede de un modo inesperado. Se ha demostrado que los acontecimientos que violan nuestras expectativas despiertan nuestra curiosidad, y son de gran

importancia para aprender acerca de las cualidades del mundo que nos rodea. Los objetos que se comportan de un modo extraño (e.g., un pollito que ladra en lugar de piar) captan en mayor medida nuestra atención y despiertan mayor curiosidad por explorarlos, que aquellos que responden a las expectativas. De hecho, un estudio reciente ha puesto de manifiesto que incluso los bebés de un año prefieren explorar juguetes que han visto comportarse de un modo extraño sobre otros que hacen lo esperable (Stahl & Feigenson, 2015). Así pues, en la medida en que seamos capaces de detectar estos acontecimientos aprenderemos mucho más acerca del mundo que nos rodea.

Aprender de los errores: la respuesta cerebral asociada al error

Además de captar la atención, o precisamente por ello, los acontecimientos inesperados son registrados de un modo especial en el cerebro. La respuesta cerebral al error ha sido muy estudiada por la psicología cognitiva desde que se caracterizó por primera vez a inicios de los años noventa (Gehring et al., 1993). Dada la posibilidad de registrar la actividad eléctrica del cerebro de forma no invasiva mediante equipos de electroencefalografía (i.e., electrodos colocados en la superficie de la cabeza), es posible obtener una medida de la activación del cerebro con una excelente resolución temporal. Ello permite registrar de forma muy precisa en qué momento el cerebro responde a dos condiciones de forma diferente. De este modo, se puede contrastar la actividad del cerebro en situaciones en que se comete un error con aquellas en las que la respuesta se da de forma correcta. A través de esta tecnología sabemos que cuando un individuo comete un error se produce una activación muy característica en la parte frontal de su cerebro, apenas unos 100 milisegundos después de haber dado la respuesta errónea -lo cual no sucede tras respuestas correctas en la

misma tarea-. Esta reacción del cerebro es conocida como la negatividad asociada al error o ERN (del inglés *Error-Related Negativity*), y se observa no solamente cuando el propio individuo comete un error, sino también cuando advierte un error cometido por otro u observa algo inesperado.

Podemos conocer la fuente de activación en el cerebro que produce la señal ERN en la superficie de la cabeza, con el uso de modelos matemáticos así como a través de estudios que utilizan técnicas de neuroimágenes. De este modo, sabemos que la activación que da lugar al ERN procede del giro cingulado anterior, una región situada en la parte frontal del cerebro que es de gran importancia para el control de la atención y el aprendizaje (Dehaene, Posner, & Tucker, 1994; Luu et al., 2003). Además, la activación que da lugar al ERN se produce en una frecuencia de disparo neuronal muy determinada: entre 4 y 8 Hz (4 y 8 disparos por segundo); lo que se conoce como ritmo *theta*. Las neuronas de distintas partes del cerebro que responden con el mismo ritmo de activación trabajan de forma coordinada y coherente en pos de aquello para lo que se han especializado. El ritmo *theta* es el “lenguaje” que usan las neuronas para comunicarse con otras que también ayudan en la tarea de detectar y aprender de los errores, una red de estructuras cerebrales implicada en el control y la regulación del comportamiento (Cavanagh & Frank, 2014).

Estudiar el funcionamiento de la red cerebral de atención en bebés

Con toda esta información acerca de la respuesta cerebral ante la detección de errores, y sabiendo que la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal experimentan un desarrollo acelerado en los primeros años de vida, en el laboratorio de Neurociencia Cognitiva del Desarrollo de la Universidad de Granada hemos elaborado un protocolo experimental que permite estudiar la activación del

sistema de detección de errores en bebés. Como se ha mencionado en párrafos anteriores, este sistema es de crucial importancia para la atención y el aprendizaje, así que poder estudiar su funcionamiento en niños y niñas pequeños nos proporciona una herramienta para entender su desarrollo temprano y los posibles factores ambientales que pueden modular (mermar o potenciar) este desarrollo.

Con este protocolo de detección de errores hemos llevado a cabo una investigación en la que participaron inicialmente un total de 88 bebés de 16 meses (Conejero, Guerra, Abundis-Gutiérrez, & Rueda, 2016). En una primera fase del estudio, los bebés se familiarizaban con tres tipos diferentes de rompecabezas sencillos que representaban figuras de animales (pollito, oveja y mono; ver Figura 1). La primera parte de la fase de familiarización consistió en unos minutos de juego guiado por el experimentador en los que se completaba cada rompecabezas con las piezas reales -siempre comenzando por las patas, siguiendo por el cuerpo y finalmente completando el rompecabezas con la pieza de la cabeza-, tras lo cual el investigador nombraba el animal representado por el rompecabezas (e.g., “¡es un mono!”). Este proceso se repitió 3 veces con cada rompecabezas con la intención de crear una representación de la construcción correcta de cada figura. En la segunda parte de la fase de familiarización, el bebé estaba sentado en el regazo de su cuidador mirando una pantalla de computadora en la que se presentaban fotografías de cada rompecabezas completado en un lado de la pantalla. En el otro lado de la pantalla se iba formando progresivamente la figura, presentando las patas, cuerpo y cabeza del animal dibujadas en líneas negras sobre fondo blanco (imagen despojada de color). Este proceso se repitió tres veces con cada rompecabezas. Para capturar y mantener la atención durante el proceso, la presentación de cada parte dibujada se acompañaba del sonido característico de cada animal

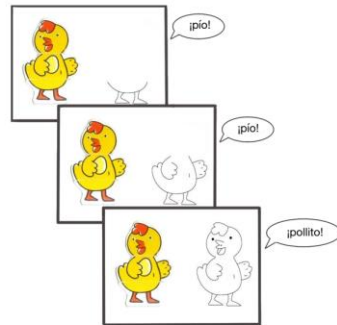
representado y del propio nombre del animal al completarse la figura. Tras la fase de familiarización, se procedió a la fase experimental. En esta fase, los bebés debían observar cómo se completaban los distintos rompecabezas con los que previamente se habían familiarizado. Para ello, primero aparecía en la pantalla un estímulo llamativo de color y un sonido que captaba la atención del bebé. Una vez que el bebé estaba mirando a la pantalla, se presentaba la compleción de una figura, apareciendo primero las patas y cuerpo, y posteriormente la cabeza, con la particularidad de que solamente en un tercio de los ensayos la cabeza era colocada de forma correcta. En otro tercio de los ensayos la última pieza era colocada erróneamente (error de posición), y en el tercio restante se colocaba la cabeza de un animal diferente (error conceptual). Se realizaron 12 ensayos con cada rompecabezas (4 de cada condición: correcto, error de posición, error conceptual), hasta un total de 32 ensayos, y el tipo de ensayo que se presentaba en cada momento era determinado de forma aleatoria por el ordenador.

a) Procedimiento de familiarización

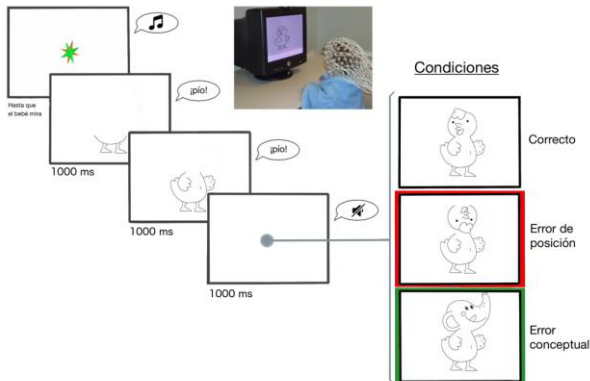
1. Formación guiada de los puzles



2. Familiarización con dibujo en pantalla



b) Procedimiento experimental



Bebé portando la red de sensores



Figura 1 - Procedimiento experimental llevado a cabo para caracterizar la respuesta cerebral ante la observación de errores en bebés pre-verbales.

Para poder registrar la respuesta cerebral en los ensayos erróneos y contrastarla con la de los ensayos en los que el rompecabezas era completado de forma correcta, a los bebés se les colocaba un gorro de sensores para registro electroencefalográfico antes de pasar a la fase experimental. De este modo, pudimos observar que el cerebro presenta una activación muy marcada localizada en la parte frontal, que se produce tras la observación de errores tanto de posición como conceptuales (ver Figura 2). Esta

activación no se produce, sin embargo, cuando el rompecabezas se completa de forma correcta. El hecho de que la respuesta cerebral sea prácticamente idéntica en ambos tipos de errores es importante porque indica que esta activación es específica del error; y que no se ve influida por el hecho de que la pieza final sea nueva en los ensayos con error conceptual, pero no así en los ensayos con error de posición. Un primer hallazgo de nuestro estudio es precisamente la similitud en algunos aspectos de la respuesta cerebral al error entre los bebés y los adultos. El protocolo experimental que acabamos de describir fue también llevado a cabo por un grupo de 14 adultos con una media de edad de 22 años. Tanto los bebés como los adultos muestran una activación cerebral más pronunciada para las compleciones incorrectas en comparación a las correctas. Asimismo, para ambos, la activación relacionada con el error se registra principalmente en los sensores frontales. Finalmente, cuando analizamos el ritmo de activación neuronal encontramos que tanto en los adultos como en los bebés hay mayor actividad en ritmo *theta* tras la observación de los errores. Por otro lado, la principal diferencia que observamos es que el cerebro de los adultos reacciona bastante más rápido que el de los bebés. Mientras el cerebro de los adultos reacciona de forma diferente al error (en comparación con la compleción correcta) en torno a los 150 milisegundos después de colocar la última pieza del rompecabezas, los bebés tardan una media de aproximadamente 450 milisegundos (ver Figura 2). Esto es esperable ya que la transmisión de la información en el cerebro de los bebés es mucho más lenta que en el de los adultos, debido en gran medida a los niveles aún inmaduros de mielinización de los axones.

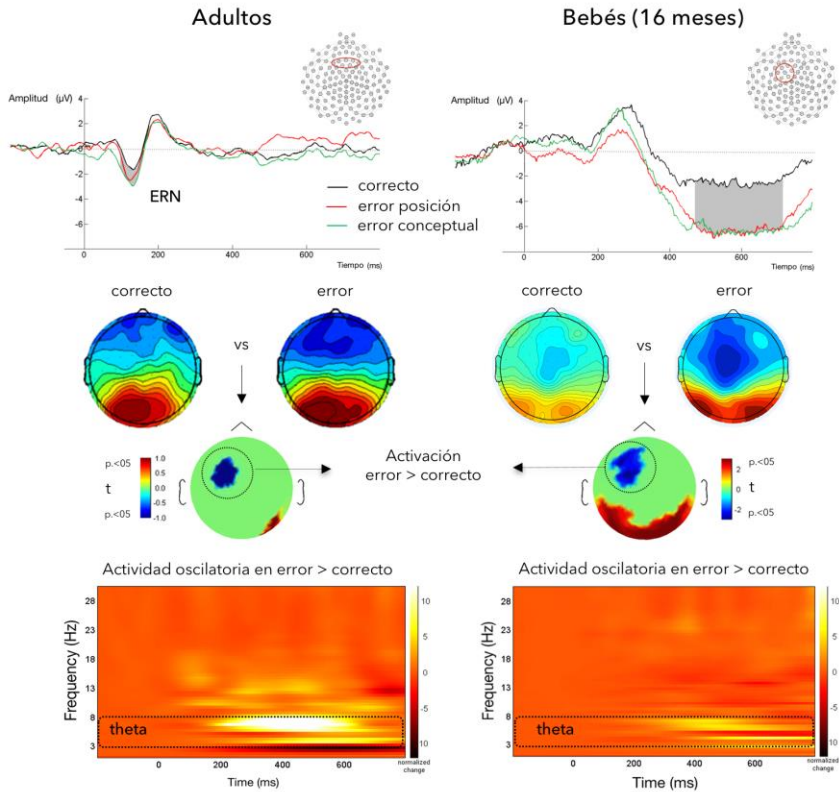


Figura 2 - Respuesta cerebral ante la observación de errores en adultos y bebés de 16 meses.

Es importante que la reacción del cerebro de los bebés de 16 meses sea muy similar a la de los adultos en la misma tarea, porque confirma que este protocolo experimental, ideado para bebés pre-verbales, nos proporciona un marcador de la activación del sistema cerebral atencional, lo cual nos puede servir para detectar precozmente alteraciones en el desarrollo de la atención.

El segundo hallazgo importante de nuestro estudio tiene que ver con la relación entre la respuesta cerebral al error en los bebés y el NSE de la familia. Los resultados ponen de manifiesto que existe una correlación entre el NSE de la familia y el

procesamiento cerebral de los bebés durante la detección de errores (Figura 3). El NSE familiar suele medirse tomando en consideración tres aspectos: (1) el nivel de educación de los padres; (2) su nivel de ocupación; y (3) el nivel de ingresos en relación a necesidades (total de ingresos dividido por el número de miembros que conforman en el núcleo familiar). El nivel de ocupación en nuestra muestra de participantes fue estimado según la Clasificación Nacional de Ocupaciones de 2011 (RD 1591-2010, BOE 26 Nov 2010). El nivel de ingresos de acuerdo a necesidades fue calculado en relación al umbral de pobreza del país (según el valor proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística español). Teniendo en cuenta los tres factores, obtuvimos una medida de NSE para cada una de las familias participantes en nuestro estudio. Los resultados nos muestran que la respuesta cerebral al error difiere bastante de unos bebés a otros. Mientras que unos bebés muestran una clara diferencia en la activación cerebral para ensayos erróneos y ensayos correctos, otros bebés apenas muestran diferencias. Para examinar la posible relación entre la activación cerebral asociada al error y el NSE familiar, realizamos análisis estadísticos de regresión simple que permiten establecer la relación entre dos variables. Estos análisis muestran que el NSE de la familia se asocia de forma significativa con la amplitud de la reacción cerebral asociada al error mostrada por los bebés. En concreto, según el modelo estadístico de regresión, un 13% de la amplitud de la activación cerebral al error es explicado por el NSE familiar (ver Figura 3). De los tres aspectos que componen la medida de NSE, el nivel de educación de los padres mostró una correlación positiva con los dos marcadores cerebrales del sistema de detección de errores, la amplitud de la respuesta cerebral al error y la presencia de activación en ritmo *theta*. Sin embargo, el nivel ocupacional y de ingresos solamente

correlacionaron de forma significativa con la amplitud de la respuesta cerebral asociada al error.

Correlación entre activación cerebral del bebé y factores socio-económicos familiares

	Amplitud del ERN	Actividad theta
Ocupación de los padres	.37**	n.s.
Educación de los padres	.31*	.23*
Ingresos familiares	.24*	n.s.
Estatus Socio-Económico (ESE)	.35**	n.s.

**p<.01; *p<.05

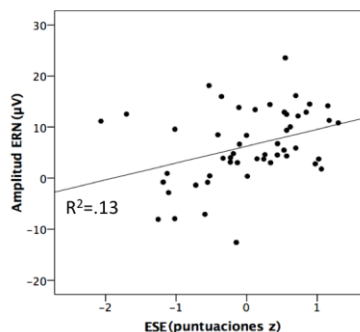


Figura 3 - Relación entre nivel socio-económico familiar y respuesta cerebral del bebé ante la observación de errores. Nota: ESE es sinónimo de NSE.

Este resultado pone de manifiesto que las asociaciones entre pobreza y desarrollo del cerebro se pueden presentar desde muy temprano y, por consiguiente, la necesidad de paliar las desigualdades educativas y económicas para favorecer el desarrollo óptimo de los menores.

El efecto de la pobreza en el cerebro

Técnicas modernas de neuroimágenes como la resonancia magnética, permiten obtener imágenes de alta resolución del cerebro y cuantificar el volumen de masa cerebral, así como la integridad y direccionalidad de los axones neuronales. Algunos estudios previos que han utilizado resonancia magnética, han mostrado que el lóbulo frontal en general y el giro cingulado anterior en particular, son estructuras que presentan mayor grado de vulnerabilidad a factores socio-económicos familiares. Un estudio realizado por Jamie Hanson y colaboradores en 2013 (Hanson et al., 2013), mostró que los niños y las niñas de hogares

pobres presentan una curva de crecimiento menor del volumen cerebral en la parte frontal (y también parietal), en comparación con niños y niñas criados en hogares con mayor NSE. A pesar de partir de niveles similares a los 5 meses, los niños y las niñas ya muestran diferencias significativas en el volumen cerebral frontal a los 36 meses de edad en función del NSE de su familia (i.e., mayor volumen en los niños y niñas de familias con mayor NSE). También se ha mostrado que existe una relación entre el grosor de la corteza cerebral en el giro cingulado anterior y el NSE familiar. En este caso, la educación de los padres es el factor familiar que más aporta al modelo estadístico que permite predecir el grosor cortical de esta parte del cerebro al final de la infancia (Lawson et al., 2013).

Sin embargo, los datos sobre factores relacionados con la pobreza y el desarrollo estructural del cerebro son complejos y para interpretarlos correctamente es necesario tener cuenta el patrón madurativo cerebral a lo largo de la infancia y la adolescencia, así como su relación con las capacidades cognitivas. En los primeros años de vida se produce un crecimiento en el grosor de la corteza cerebral seguido por un posterior adelgazamiento que es muy marcado al final de la infancia y durante la adolescencia. El adelgazamiento de la corteza cerebral es reflejo de un cambio hacia un funcionamiento cerebral más eficaz en el que se pierden conexiones neurales menos útiles y se incrementa la mielinización de los axones. Hay datos de neuroimágenes que muestran que el proceso de adelgazamiento de la corteza cerebral es más pronunciado en individuos con mayor inteligencia (Schnack et al., 2015). En este contexto, estudios muy recientes muestran que el NSE familiar podría relacionarse con niveles menores de adelgazamiento de la corteza, lo que a su vez se asociaría con una menor eficacia en el control de la atención y el aprendizaje escolar en materias como el vocabulario o la lectura

(Brito et al., 2017). Sin embargo, la medida de grosor cortical o volumen cerebral no refleja de forma directa el nivel de activación cerebral durante la realización de tareas. En este sentido, los datos de nuestro estudio con bebés muestran activación cerebral directamente asociada a la detección de errores, y los resultados indican que desde el segundo año de vida puede observarse una relación significativa entre el NSE familiar y la eficacia cerebral del sistema atencional implicado en detectar errores.

El círculo de la pobreza

La pobreza se puede representar como un círculo de efectos negativos que impiden al individuo vivir con dignidad y ser dueño de su futuro. La escasez de recursos tiene un impacto directo en la nutrición, el acceso a la educación, la salud y la exposición a situaciones adversas y de inseguridad de diversa índole. En las viviendas que carecen de recursos básicos se producen mayores problemas de salud. También hay mayor riesgo de violencia, siendo las mujeres particularmente vulnerables. Vivir en condiciones de pobreza repercute en los niveles de estrés, ansiedad y depresión de las familias y tiene un efecto profundo en las relaciones afectivas y sociales que se dan entre los miembros de la propia familia, y también entre estas familias y su entorno social. De forma colateral a todas estas condiciones, la pobreza pone a la familia en riesgo de marginación social y laboral, lo que a su vez causa mayor escasez y adversidad. De esta forma, el círculo se nutre a sí mismo como una bola de nieve (Figura 4).



Figura 4 - El círculo de la pobreza.

La investigación sugiere de forma muy clara que los efectos colaterales de la pobreza, y no directamente los ingresos de la familia *per se*, se relacionan con un desarrollo menos óptimo del cerebro. Asimismo, diversas investigaciones muestran que las oportunidades de aprendizaje, el uso de pautas educativas consistentes que se transmiten sobre una base de afecto, son cruciales y se asocian con un mejor funcionamiento del cerebro (Bernier, Calkins, & Bell, 2016; Luby et al., 2016; Noble et al., 2015; Obradovic et al., 2010). Crecer en un entorno seguro y rico en oportunidades de aprendizaje, a la vez que sentirse querido y guiado con sensibilidad y afecto, son los dos aspectos del entorno que parecen ser más importantes para el desarrollo del cerebro. Desafortunadamente, la pobreza afecta enormemente la capacidad de los cuidadores para proporcionar estas condiciones a los niños y niñas.

Además, los efectos del entorno socio-económico se observan desde los primeros años de vida. El cerebro de los bebés

de apenas un año ya muestra un funcionamiento más avanzado cuando los bebés están siendo criados en entornos de mayor NSE. Este resultado es apoyado por investigaciones previas que ya indicaban efectos del entorno socio-económico en el grado en que los bebés resuelven situaciones que requieren control ejecutivo, como la tarea A-no-B (Lipina, Martelli, Vuelta, & Colombo, 2005), así como en el crecimiento de la región frontal del cerebro (Hanson et al., 2013).

Lejos de pretender estigmatizar a las familias con menos recursos económicos y educativos, estas investigaciones intentan ahondar en el conocimiento de los aspectos relacionados con la pobreza que pueden constituir factores de mayor riesgo para el desarrollo neuro-cognitivo de niños y niñas. Algunos de los factores más estudiados son el estrés en la familia, la malnutrición, bajos niveles de exposición al lenguaje, la salud física y mental de los cuidadores, o la desinformación sobre el desarrollo cognitivo de los niños y niñas. Con mucha probabilidad, estos factores disminuyen la calidad de las interacciones entre padres e hijos e hijas, y por tanto afectan a la cantidad y calidad de información compartida y a las oportunidades de aprendizaje de los niños y niñas. El fin último de estas investigaciones es el de identificar factores de riesgo y protección para el desarrollo e informar sobre ellos, de modo que se puedan generar acciones sobre ellos a través de acciones y políticas que eliminen o disminuyan la desigualdad educativa y de recursos entre familias, en pos del desarrollo óptimo de las capacidades cognitivas del niño y la niña.

Relevancia e implicaciones

Los distintos componentes de la medida de NSE se asocian con diferentes aspectos del desarrollo cognitivo de los niños y las niñas. Mientras que los ingresos familiares están más relacionados con la disponibilidad y el acceso a recursos, que van desde mayor calidad

nutricional hasta viviendas y barrios mejor dotados; la educación parental se asocia más con el estilo educativo de los padres y sus estrategias de estimulación cognitiva. Además, las familias con mayores niveles de pobreza tienen mayor probabilidad de sufrir estrés en su vida cotidiana, y no solamente a nivel económico. Con frecuencia, estas familias deben hacer frente a viviendas que no alcanzan los estándares de bienestar necesarios, así como a la vida en barrios con mayores niveles de inseguridad y escuelas menos dotadas. Del mismo modo, las familias con menos recursos carecen de los medios para invertir en experiencias educativas de calidad para sus hijos e hijas, y generalmente gozan de menos horas que los padres con mayores niveles económicos para invertir en actividades familiares con valor educativo (e.g., asistir a teatros, conciertos, parques, museos, etc.). Lo que los datos de la neurociencia en esta área de estudio sugieren es que tener que hacer frente a todas estas desventajas se asocian con alteraciones en el desarrollo cognitivo y neural de los niños y niñas en múltiples formas. El estudio descrito en este capítulo muestra que, ya desde bien temprano, algunos bebés de familias más pobres muestran niveles menores de funcionamiento en regiones cerebrales que tienen un papel crucial en el aprendizaje y la capacidad de regulación de la atención y el comportamiento. Ello aumenta la posibilidad de que esta desventaja temprana, si no se modifica, tenga un impacto creciente a medida que la sociedad y la escuela impongan mayores demandas en las capacidades de los niños y las niñas para superar sus retos.

Políticas públicas para paliar la desigualdad: el papel de la educación

Numerosos estudios indican que existe una relación entre la pobreza infantil y el nivel de logro en la vida adulta. Datos de un estudio publicado en el año 2010 en Estados Unidos muestran que

los niños y las niñas de familias con ingresos por debajo del umbral de pobreza completan en promedio aproximadamente dos años menos de estudios, en comparación con niños y niñas de familias con ingresos dos veces superiores al umbral de pobreza. En la misma línea, los ingresos en la vida adulta de los niños y las niñas de familias pobres pueden ser de menos de la mitad que los de aquellos y aquellas de familias con mayor nivel de ingresos. Y la vulnerabilidad es aún mayor en el caso de las mujeres, ya que las niñas de familias pobres tuvieron una probabilidad 5 veces mayor de tener un embarazo fuera de una relación estable en comparación con las niñas crecidas en familias con más recursos (Duncan et al., 2010).

Existen informes sociales que muestran la existencia de una estrecha relación entre las zonas con mayores índices de pobreza y las dificultades escolares y aquellas con mayores niveles de desempleo -una relación que pone de manifiesto la difícil inserción laboral de los jóvenes con bajos niveles de educación (Ver informe *Iluminando el futuro: Invertir en educación es luchar contra la pobreza infantil* de Save the Children)¹⁰. Con frecuencia, las escuelas de barrios y distritos educativos más deprimidos tienen profesores con menos experiencia y equipos educativos más inestables, debido a la alta movilidad de sus miembros. Este hecho, unido a que los desafíos educativos serán sin duda mayores en aulas con niños y niñas con menor capacidad atencional y de autorregulación, repercute en que las escuelas de barrios con mayores dificultades sociales dedican más tiempo de clase a la gestión del orden y la disciplina, y menos tiempo al aprendizaje de contenidos. Esta relación podría eliminarse o reducirse a través de políticas públicas que contrarresten la desigualdad educativa y pongan mayores medios al alcance de las escuelas que sufren situaciones de mayor riesgo.

¹⁰ <https://www.savethechildren.es/publicaciones/iluminando-el-futuro-invertir-en-educacion-es-luchar-contr-la-pobreza-infantil>

Estos datos enfatizan el papel de la educación en la desigualdad social. La desigualdad socio-económica de las familias puede perpetuarse e incluso agrandarse cuando la segregación socio-económica se produce también en las escuelas. Se ha mostrado que las políticas educativas que fomentan la segregación educativa, como el apoyo a la educación privada frente a la pública, o la promoción de la competencia entre centros, a través, por ejemplo, de la publicación de rankings de diversa índole, pueden configurar sistemas educativos inequitativos que atentan contra la igualdad de oportunidades (Murillo & Martínez-Garrido, 2018). Este tipo de datos nos hablan de la responsabilidad social de los estados para paliar los efectos perjudiciales de la pobreza y la desigualdad a través de la educación, promoviendo la existencia de escuelas inclusivas. La educación debe de ser un instrumento que genere igualdad de oportunidades y no una herramienta a través de la cual se incremente la desigualdad social.

Programas de intervención cognitiva: plasticidad en positivo

El impacto que tiene la pobreza familiar y el ambiente de crianza en el funcionamiento del cerebro de los bebés es un ejemplo de plasticidad cerebral. En la misma medida que las experiencias negativas pueden alterar negativamente el desarrollo del cerebro, las experiencias positivas pueden potenciarlo. En esta línea, un número creciente de investigaciones en las últimas décadas muestran que determinadas estrategias de entrenamiento cognitivo tienen efectos positivos en el funcionamiento y en el desarrollo estructural del cerebro durante la infancia y adolescencia, y también en la edad adulta (Strobach & Karbach, 2016; Jolles &

Crone, 2012)¹¹. Aún queda mucha investigación por hacer que permita establecer en qué medida el entrenamiento cognitivo puede paliar las desigualdades de origen socio-económico y cuáles son las estrategias y períodos de intervención más efectivos. Sin embargo, los resultados de estas investigaciones son prometedores y la plasticidad cerebral parece mucho mayor de lo que se pensaba hasta hace pocas décadas. Como profesionales de la psicología y la neurociencia cognitiva, es parte de nuestra labor tratar de construir conocimiento que contribuya con fomentar el desarrollo cognitivo de los individuos, en la confianza de que la prosperidad y el bienestar de la sociedad será mayor en la medida que sus miembros puedan desarrollar de forma óptima sus capacidades mentales.

Conclusiones

Pobreza no es igual a sencillez y humildad, ni tampoco se puede definir exclusivamente como la falta de recursos económicos. El bienestar emocional y el acceso a oportunidades no están reñidos con la sencillez, pero sí se ven afectados en gran medida por la pobreza. El cerebro se desarrolla mejor cuando lo puede hacer en condiciones de bienestar emocional y de acceso a recursos básicos de educación. Que la pobreza afecte al propio desarrollo del cerebro de los niños y niñas pequeños no solamente es injusto para ellos, sino también una forma de prolongar la pobreza de una generación a la siguiente. La investigación de la neurociencia pone un nuevo dato sobre la mesa que no podemos ignorar. Otro motivo más para enfatizar la necesidad de luchar contra la desigualdad de oportunidades. ¡Queremos padres, niños y niñas sanos, felices, educados y con recursos para todos!

¹¹ Ver capítulos de Carboni et al., Pakulak et al. y Romeo et al., en este volumen (Nota de los Editores).

Agradecimientos. El trabajo reflejado en este capítulo se realizó con el apoyo financiero del Ministerio de Economía y Competitividad de España (Proyecto PSI2014.55833-P) así como una beca de formación pre-doctoral obtenida por A.C. (Ref. AP2010-3525).

Referencias bibliográficas

- Bernier, A., Calkins, S. D., & Bell, M. A. (2016). Longitudinal Associations Between the Quality of Mother-Infant Interactions and Brain Development Across Infancy. *Child Development, 87*, 1159-1174.
- Bornstein, M. H., & Bradley, R. H. (2003). *Socioeconomic status, parenting, and child development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brito, N. H., Piccolo, L. R., & Noble, K. G. (2017). Associations between cortical thickness and neurocognitive skills during childhood vary by family socioeconomic factors. *Brain & Cognition, 116*, 54-62.
- Cavanagh, J. F., & Frank, M. J. (2014). Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Science, 18*, 414-421.
- Conejero, Á., Guerra, S., Abundis-Gutiérrez, A., & Rueda, M. R. (2016). Frontal theta activation associated with error detection in toddlers: influence of familial socioeconomic status. *Developmental Science, 21*, e12494.
- Conejero, Á. & Rueda, M. R. (2017). Early Development of Executive Attention. *Journal of Child & Adolescent Behavior, 5*:341.
- Dehaene, S., Posner, M. I., & Tucker, D. M. (1994). Localization of a neural system for error detection and compensation. *Psychological Science, 5*, 303-305.
- Duncan, G. J., Ziol-Guest, K. M., & Kalil, A. (2010). Early-childhood poverty and adult attainment, behavior, and health. *Child Development, 81*, 306-325.

- Gehring, W. J., Gross, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4, 385-390.
- Gilmore, J. H., Shi, F., Woolson, S. L., Knickmeyer, R. C., Short, S. J., Lin, W., et al. (2012). Longitudinal Development of Cortical and Subcortical Gray Matter from Birth to 2 Years. *Cerebral Cortex*, 22, 2478-2485.
- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65-73.
- Hanson, J. L., Hair, N., Shen, D. G., Shi, F., Gilmore, J. H., Wolfe, B. L., & Pollak, S. D. (2013). Family poverty affects the rate of human infant brain growth. *PloS One*, 8, e80954.
- Hoff, E. (2006). How social contexts support and shape language development. *Developmental Review*, 26, 55-88.
- Jolles, D., & Crone, E. A. (2012). Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 76.
- Lawson, G. M., Duda, J. T., Avants, B. B., Wu, J., & Farah, M. J. (2013). Associations between children's socioeconomic status and prefrontal cortical thickness. *Developmental Science*, 16, 641-652.
- Lipina, S.J., Martelli, M.I., Vuelta, B., & Colombo, J.A. (2005). Performance on the A- not- B task of Argentinean infants from unsatisfied and satisfied basic needs homes. *Revista Interamericana de Psicología*, 39, 49-60.
- Luby, J. L., Belden, A., Harms, M. P., Tillman, R., & Barch, D. M. (2016). Preschool is a sensitive period for the influence of maternal support on the trajectory of hippocampal development. *PNAS*, 14, 47-53.
- Luu, P., Tucker, D. M., Derryberry, D., Reed, M., & Poulsen, C. (2003). Electrophysiological responses to errors and feedback in the process of action regulation. *Psychological Science*, 14, 47-53.
- Murillo, F. J. & Martínez-Garrido, C. (2018). Magnitud de la segregación escolar por nivel socioeconómico en España y

- sus Comunidades Autónomas y comparación con los países de la Unión Europea. *Revista de Sociología de la Educación (RASE)*, 11, 37-58.
- Noble, K. G., Houston, S. M., Brito, N. H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J. M., . . . Kennedy, D. N. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience*, 18, 773-778.
- Noble, K. G., Engelhardt, L. E., Brito, N. H., Mack, L. J., Nail, E. J., Angal, J., . . . in collaboration with the, P. N. (2015). Socioeconomic disparities in neurocognitive development in the first two years of life. *Developmental Psychobiology*, 57, 535-551.
- Obradović, J., Bush, N. R., Stamperdahl, J., Adler, N. E., & Boyce, W. T. (2010). Biological Sensitivity to Context: The Interactive Effects of Stress Reactivity and Family Adversity on Socioemotional Behavior and School Readiness. *Child Development*, 81, 270-289.
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The Plastic Human Brain Cortex. *Annual Review Neuroscience*, 28, 377-401.
- Rothbart, M. K., Sheese, B. E., Rueda, M. R., & Posner, M. I. (2011). Developing Mechanisms of Self-Regulation in Early Life. *Emotion Review*, 3, 207-213.
- Schnack, H. G., van Haren, N. E., Brouwer, R. M., Evans, A., Durston, S., Boomsma, D. I., . . . Hulshoff Pol, H. E. (2015). Changes in thickness and surface area of the human cortex and their relationship with intelligence. *Cerebral Cortex*, 25, 1608-1617.
- Stahl, A.E., & Feigenson, L. (2015). Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. *Science*, 348, 91-94.
- Strobach, T., & Karbach, J. Eds. (2016). *Cognitive Training: An Overview of Features and Applications*. Springer: Switzerland.

4

RESILIENCIA ACADÉMICA: ASOCIACIONES ENTRE LA CRIANZA TEMPRANA Y LAS BASES CONDUCTUALES Y NEUROCOGNITIVAS DEL DESEMPEÑO ACADÉMICO

Ö. Ece Demir-Lira

Introducción

Las naciones de todo el mundo gastan millones de dólares en la educación de sus hijos e hijas. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, millones de niños y niñas no logran alcanzar su potencial de aprendizaje. Un número abrumador de estudios revela que son los niños y las niñas que provienen de entornos económicamente desfavorecidos quienes tienen un mayor riesgo de rezago (Bradley & Corwyn, 2002; Sirin, 2005). Esta brecha entre los niños y niñas que provienen de entornos desfavorecidos y sus

pares de contextos más favorecidos se conoce como la brecha de logros académicos¹² (BL) (Reardon, 2011). Asimismo, la BL está a la vanguardia del discurso público en todo el mundo, tal como se revela a través de artículos periodísticos, libros y comentarios políticos (Porter, 2002). La BL en los primeros años escolares tiene implicaciones importantes en la edad adulta, ya que el desempeño académico temprano puede predecir en algunas culturas la tasa de graduación de la escuela secundaria, el ingreso a la universidad, la tasa de empleo e incluso diferentes aspectos de la salud (Bradley & Corwyn, 2002; Brooks-Gunn & Duncan, 1997; Duncan et al., 2007).

Campos tan diversos como la psicología, la neurociencia, la sociología, la economía y la educación abordan la BL desde múltiples niveles de análisis. En estos campos diferentes, muchos estudiosos adoptan un modelo de déficit, lo cual tiene implicaciones importantes para identificar posibles problemas de equidad presentes en los sistemas educativos. Sin embargo, no todos los niños y niñas de entornos desfavorecidos tienen un desempeño inferior. A pesar de sus condiciones desfavorecidas, algunos niños y niñas presentan trayectorias académicas favorables en la escuela y también más allá de ella. El objetivo de este capítulo es identificar las fuentes de esta resiliencia académica, es decir de los factores que contrarrestan o moderan las condiciones desventajosas y conducen a buenos desempeños académicos en niños y niñas de contextos diversos. Un cuerpo rico de literatura examina el papel de los factores socio-afectivos en tales procesos. Esta literatura se centra en constructos tales como actitudes, motivaciones y resistencia (Claro, Paunesku & Dweck, 2016; Fuligni, 1997), y excelentes revisiones de esta literatura han sido publicadas recientemente (e.g., Ursache, Blair & Raver, 2012). Por

¹²En inglés: *achievement gap* (Nota de los Editores).

otra parte, este capítulo tiene como objetivo examinar los factores cognitivos que están asociados con el logro académico, los cuales podrían servir para moderar o contrarrestar los efectos desfavorables del bajo nivel socioeconómico (NSE) en el desempeño.

Desde esta perspectiva, tomamos la consideración de que para comprender mejor por qué un niño o niña puede tener éxito a pesar de la adversidad a la que está expuesto, debemos considerar los factores que lo rodean en una escala de tiempo más inmediata, así como los recursos que los niños y niñas podrían haber desarrollado en respuesta a estas experiencias. En tal sentido, exploramos los factores a un nivel superior, el de los padres, y otro a nivel inferior, el neurocognitivo. Específicamente, nos centramos en dos factores distintos pero relacionados que podrían predecir el logro académico de los niños: la información sobre el lenguaje de los padres que reciben los niños y niñas en el hogar, y los sistemas neurocognitivos involucrados en la solución de diferentes tareas académicas. En tal contexto argumentamos que: (1) ciertos componentes de los antecedentes parentales podrían predecir mejor los logros académicos que otros; (2) el rol del entorno interactúa con las características de los niños y niñas; y (3) los antecedentes parentales podrían influir de manera diferente en los sistemas neurocognitivos verbales y viso-espaciales que subyacen al desempeño académico. Una mejor comprensión de las fuentes de resiliencia académica en niños y niñas pequeños tendría implicaciones para desarrollar estrategias de intervención necesarias para los niños y niñas más necesitados antes de que surjan las BL.

¿Por qué centrarse en los padres? Al analizar el rol de las características de los padres, la literatura tiende a basarse principalmente en el NSE de los padres, que es un constructo amplio y compuesto. Las discusiones sobre la medición del NSE

siguen siendo tema de debate (Enwistle & Astone, 1994; Lipina, 2007), pero generalmente se mide a través de múltiples indicadores que incluyen a la educación de los padres, los ingresos y diferentes indicadores del vecindario o la escuela. El NSE de los padres es solo una medida distal de las experiencias de los niños y las niñas en el entorno familiar cotidiano. Concentrarse en los aspectos más proximales del entorno diario de los niños y niñas podría aportar un mayor poder predictivo y arrojar más luz sobre por qué algunos niños y niñas tienen dificultades académicas y otros no. De hecho, entre los múltiples componentes de NSE, la estimulación cognitiva de los padres podría desempeñar uno de los roles importante para los logros académicos de los niños y niñas (Brito & Noble, 2014). Específicamente, la cantidad de palabras en el uso del lenguaje por parte de los padres varía mucho en función de los factores involucrados en el NSE, y puede predecir aspectos del desarrollo del lenguaje de los niños y las niñas (Hart & Risley, 1995; Huttenlocher, Vasilyeva, Cymerman & Levine, 2002; Rowe, 2018). En nuestras investigaciones, argumentamos que este tipo de características parentales pueden predecir mejor los logros académicos de los niños y niñas que indicadores generales como el ingreso o la educación de los padres. Además, sugerimos que no solo la cantidad de palabras que utilizan los padres es importante, sino también la calidad del lenguaje.

¿Por qué centrarse en las bases neurocognitivas del desempeño académico? Al analizar la BL, la literatura se centra principalmente en las pruebas estandarizadas de rendimiento. Una puntuación estándar en una prueba refleja un resultado de procesos compuestos de múltiples componentes. Aunque tales medidas revelan información crucial sobre el desempeño general de un individuo en un dominio, no revelan los sistemas subyacentes que lo apoyan. El trabajo con neuroimágenes tiene el potencial de complementar el aspecto conductual (e.g., Hoeft et al.,

2007), así como también el de revelar cómo los sistemas neurocognitivos involucrados en una tarea varían en función de las características parentales. Aquí argumentamos que en niños de diferentes contextos socioeconómicos se involucran diferentes redes neurales durante el desempeño académico eficiente.

Para abordar los problemas mencionados anteriormente, primero revisaremos nuestro trabajo examinando las relaciones entre las características de los padres y los resultados académicos de los niños y las niñas. Luego, analizaremos cómo las características de los padres podrían predecir las redes neurocognitivas involucradas en la resolución de tareas académicas. Específicamente, el capítulo se organiza en torno a tres preguntas: (1) ¿Cómo se relacionan el lenguaje de los padres con el lenguaje y la alfabetización de los niños y niñas?; (2) ¿Cómo se relacionan el lenguaje de los padres con las bases neurocognitivas del procesamiento del lenguaje de los niños y niñas?; y (3) ¿Cómo se relacionan las características socioeconómicas de los padres con las bases neurocognitivas de la lectura y el procesamiento aritmético?

El aporte del lenguaje de los padres al desempeño académico de los niños y las niñas

Comenzando con el estudio clásico de Hart y Risley (1995), un amplio cuerpo de literatura revela que el lenguaje parental que reciben los niños y niñas de diferentes contextos socioeconómicos difiere ampliamente en términos de cantidad de palabras. Asimismo, otro cuerpo importante de literatura en este campo sugiere que existe una relación entre la cantidad de información que reciben los niños y niñas a través del uso del lenguaje de sus padres y su nivel de desarrollo lingüístico (Hoff-Ginsberg & Shatz, 1982). Si bien estos resultados son muy informativos, no revelan una imagen de la naturaleza de la información que reciben los

niños y las niñas en el hogar; o más específicamente, cuáles son los diferentes tipos de conversación que escuchan o en las que están involucrados los niños y niñas. Esto es importante porque los estudios experimentales muestran que los niños y niñas pueden y aprenden nuevas palabras basándose en unas pocas experiencias de alta calidad (Bloom, 2002; Carey & Bartlett, 1978).

En lugar de centrarse únicamente en la cantidad de información, el trabajo reciente comenzó a enfocarse en su calidad, es decir, en aspectos específicos del lenguaje de los padres que podrían tener relaciones más sólidas con los logros académicos de los niños y niñas (Rowe, 2012). Sobre la base de esta literatura, en nuestro trabajo aprovechamos un conjunto de datos longitudinales que consiste en interacciones naturalistas entre padres e hijos o hijas de niños entre 1 y 5 años de edad, y medidas de logros académicos de los niños y niñas en años posteriores (Goldin-Meadow, Levine, Hedges, Huttenlocher, Raudenbush & Small, 2014). Usando estos datos examinamos las asociaciones entre las conversaciones y aspectos académicos relevantes como el aprendizaje de letras y números, la lectura de libros y la conversación sobre temas abstractos. En uno de nuestros estudios, nos centramos en las asociaciones entre las conversaciones de los padres y el aprendizaje de letras en situaciones cotidianas, como por ejemplo durante el juego o la comida. Las conversaciones sobre las letras incluyó un conjunto diverso de expresiones como señalar las letras visualmente (e.g., "Todas son letras G", que se refieren a las letras en un programa de televisión) o hacer referencia a aspectos de la ortografía (e.g., "Empieza con una P"). Encontramos que las conversaciones entre los padres y los niños y niñas de 14 a 50 meses sobre cartas con letras, predijeron los resultados en tareas de decodificación de la lectura en el jardín de infantes -incluso controlando el NSE de los padres (Treiman, Schmidt, Decker, Robins, Levine, & Demir, 2015). Usando el

mismo conjunto de datos longitudinales, en otro estudio nos enfocamos en analizar las asociaciones entre las conversaciones entre los padres y los niños y niñas durante las interacciones de lectura de libros que ocurren naturalmente. Encontramos que las conversaciones sobre los libros entre padres e hijos o hijas de 18 a 34 meses predijeron el vocabulario, la comprensión de la lectura y la motivación de la lectura interna de los niños y niñas hasta el tercer grado –luego de controlar otras charlas que los padres tenían con sus hijos e hijas fuera de las interacciones específicas durante la lectura de libros, el NSE y las propias habilidades lingüísticas tempranas de los niños y niñas (Demir-Lira, Applebaum, Goldin-Meadow, & Levine, 2018). Recientemente extendimos el análisis de estas asociaciones al desarrollo numérico. Utilizando los mismos datos longitudinales, identificamos las expresiones que incluían un símbolo numérico (e.g., "Hay un avión", "Mira, cuatro peces"). Descubrimos que las conversaciones sobre números entre padres e hijos o hijas de 14 a 30 meses predicen el conocimiento del número cardinal de los niños y niñas en primer grado –luego de controlar el NSE (Glenn, Demir-Lira, Gibson, Congdon & Levine, 2018).

Finalmente, nos enfocamos en un aspecto de la información del lenguaje de los padres que podría contribuir con el desarrollo y uso oral del lenguaje en el aula. El uso diario del lenguaje en conversaciones cara a cara está altamente contextualizado: el lenguaje se utiliza para describir eventos, objetos y personas presentes en el entorno inmediato. Por otro lado, el lenguaje que se espera que los niños y niñas produzcan y procesen una vez que llegan a la escuela está altamente descontextualizado: muchas veces este lenguaje se utiliza para describir eventos, objetos y personas que no están presentes en el entorno inmediato (Snow, 2010). Los ejemplos de lenguaje descontextualizado incluyen el utilizado para hacer una presentación, una historia, un texto científico, o un

debate. Por lo tanto, el lenguaje descontextualizado es crucial para los logros académicos. Aunque el uso del lenguaje descontextualizado es extraño en la vida cotidiana, sus raíces se pueden observar en algunas interacciones entre padres e hijos o hijas en una etapa temprana de la vida, cuando los primeros hablan de eventos que sucedieron en el pasado o que sucederán en el futuro, cuando se involucran en simulaciones de personajes durante el juego con sus hijos e hijas, o cuando les dan explicaciones sobre relaciones de causa-efecto (Dickinson & Snow, 1987). Utilizando los datos longitudinales mencionados, examinamos cómo las conversaciones descontextualizadas de los padres cuando los niños y niñas tienen 30 meses de edad predicen el logro académico posterior de los niños y las niñas. La información sobre el lenguaje descontextualizado incluyó hablar sobre eventos que sucedieron en el pasado o que ocurrirían en el futuro (e.g., "Mamá va a ir al médico del pie mañana"), hablar durante el juego de simulación (e.g., "Vamos, caballitos, a galopar de regreso a su puesto") y explicaciones (e.g., "Sí, giremos los bloques para que pueda ver los patrones en ellos"). Nos enfocamos en la edad de 30 meses porque este es un período en el que los padres comienzan a hablar sobre estos temas abstractos con sus hijos e hijas. También encontramos que las conversaciones descontextualizadas de los padres predijeron el vocabulario, la sintaxis y las habilidades narrativas de los niños y niñas en el último año de jardín de infantes; y la comprensión de lectura en segundo grado de la escuela primaria. Estas asociaciones continuaron siendo significativas incluso después de controlar el NSE de los padres y las habilidades lingüísticas propias de los niños y niñas (Demir, Rowe, Heller, Goldin-Meadow & Levine, 2015). En trabajos recientes, demostramos además que el lenguaje descontextualizado temprano tiene implicaciones de gran alcance

para el desarrollo del lenguaje académico en la adolescencia (Uccelli, Demir-Lira, Rowe, Levine & Goldin-Meadow, 2019).

Este programa de investigación demostró que ciertos aspectos del habla y las conversaciones de los padres podrían predecir mejor los resultados de los niños y niñas en comparación con medidas más generales, como la cantidad de palabras, ingreso o educación. Es importante tener en cuenta que las referencias que realizan los padres acerca de las letras, los números, así como las interacciones con los niños y las niñas durante lectura de libros y las conversaciones descontextualizadas, son aspectos menos frecuentes pero muy informativos del desarrollo del lenguaje. Por ejemplo, solo el 7% del habla de los padres tiene contenidos descontextualizados. Sin embargo, aunque tales tipos de conversaciones son menos frecuentes, son más ricas que el resto en términos de complejidad lingüística (Demir et al., 2015).

Estos hallazgos correlacionales son cruciales porque revelan la variabilidad natural en el aporte del lenguaje de los padres al desarrollo del de sus hijos e hijas. Sin embargo, muchos posibles factores de confusión podrían explicar estas relaciones. Algunos de estos factores pueden variar poco en el tiempo, como la educación de los padres, sus ingresos, el orden de nacimiento de los niños y niñas, o su sexo. Dichos factores de confusión podrían tenerse en cuenta en los análisis de regresión típicos. No obstante, es importante considerar que también existen otros factores involucrados que varían más en el tiempo. Específicamente las relaciones recíprocas entre padres e hijos o hijas podrían contribuir con las asociaciones observadas. En otras palabras, el habla y las conversaciones tempranas de los padres podrían predecir la habilidad lingüística de los niños y niñas, lo que a su vez podría influir en los comentarios posteriores de los padres. El trabajo futuro deberá adaptar los modelos causales que se utilizan con frecuencia en otros campos, como la educación o la epidemiología,

para ajustar ambos tipos de factores de confusión (e.g., Hong y Raudenbush, 2008). Nuestro trabajo continuo en el uso de dichos modelos también puede abordar preguntas sobre el momento en que se da el habla y las conversaciones. Encontramos que la información acumulada del lenguaje de los padres en los años preescolares, no más temprano ni más tarde, predice los resultados del vocabulario de los niños y niñas por encima o por debajo de las asociaciones con los factores variables e invariables (Silvey, Demir-Lira, Goldin-Meadow, & Raudenbush, en revisión). Otra pregunta central que debe explorarse en el trabajo futuro es por qué los padres difieren en su habla y en la calidad de conversaciones. El conocimiento, las creencias y actitudes de los padres sobre el desarrollo infantil y la influencia de sus opiniones sobre éste, también son posibles factores de modulación (Kalil & DeLerie, 2004; Rowe, 2008). En resumen, los aspectos específicos de la información sobre el uso del lenguaje de los padres predicen los logros académicos de los niños y niñas, incluso después de controlar el NSE y diferentes factores individuales.

Asociaciones entre el NSE parental, la neurocognición y el desempeño académico

Las asociaciones entre el contexto y el desarrollo cerebral han sido establecidas tanto en estudios con animales como de entrenamiento en adultos (e.g., Kemperman, Kuhn & Gage, 1997; Voss, Vivar, Kramer & van Praag, 2013). En niños y niñas, un creciente cuerpo de literatura destaca las relaciones entre el NSE de los padres y las redes neurales asociadas al desempeño académico (Brito & Noble, 2014; Hackman & Farah, 2009; Lipina & Colombo, 2009). Esta literatura también sugiere que el NSE parental podría tener relaciones más fuertes con las redes neurales involucradas en el procesamiento lingüístico que con el visoespacial (Farah et al., 2006). Sin embargo, la literatura disponible se

centra principalmente en las relaciones entre factores parentales amplios, como el NSE, con características neurales estructurales, como el grosor cortical o la estructura de la sustancia blanca. Se sabe menos cómo las redes neurales involucradas en diferentes tareas académicas varían en función de las características de los padres (Raizada, Richards, Meltzoff & Kuhl, 2008). Del mismo modo, se conoce poco sobre el rol de las experiencias inmediatas de los niños y niñas, como por ejemplo la calidad del habla y de las conversaciones con los padres. En un trabajo reciente, nos preguntamos cómo el lenguaje parental en etapas tempranas del desarrollo se asocia con los sistemas neurocognitivos que los niños y niñas reclutan en los años escolares para una tarea académicamente relevante, específicamente el procesamiento narrativo. La literatura anterior sugiere que el procesamiento narrativo recluta redes verbales-semánticas, incluidas las áreas temporales medias, así como las redes viso-espaciales, incluidas las áreas parietales bilaterales (Szaflarski, Altaye, Rajagopal, Eaton, Meng, Plante & Holland, 2012). En tal sentido nos preguntamos si en función al lenguaje de los padres, los niños y niñas reclutan sistemas similares pero en diferentes grados o bien diferentes sistemas. Para abordar esta pregunta, nos centramos en la muestra incluida en el estudio longitudinal descrito anteriormente. Administramos una tarea de procesamiento narrativo pasivo en el resonador magnético, en la que se les pedía a los niños y niñas que vieran a un narrador contar historias diferentes. La tarea se administró a una sub-muestra de los niños y niñas que participaron en el estudio longitudinal cuando tenían entre 8 y 10 años de edad. Luego examinamos cómo las redes neurales que subyacen al procesamiento narrativo se asociaban con el contenido temprano de tipo descontextualizado utilizado por los padres en sus conversaciones cuando los niños y niñas se encontraban en la etapa preescolar (Demir et al., 2015). Encontramos que las

referencias lingüísticas descontextualizadas utilizadas por los padres durante la etapa preescolar se correlacionaron positivamente con una mayor actividad en los giros temporales superiores y medios bilaterales durante el procesamiento narrativo. Por otro lado, una red que involucraba a los giros parietales superior e inferior y las áreas premotora y angular se correlacionó negativamente con la información descontextualizada. Es importante destacar que los aportes descontextualizados de los padres no se relacionaron significativamente con el desempeño conductual de los niños y niñas en el cuestionario sobre las historias que habían escuchado (Demir-Lira, Asaridou, Goldin-Meadow & Small, 2016). Estos hallazgos sugieren que los niños y niñas con una experiencia lingüística rica en años anteriores podrían reclutar áreas que han sido implicadas en el procesamiento semántico y narrativo; mientras que en los niños y niñas que están expuestos a esta información en menor medida las asociaciones estarían basándose más en la construcción de modelos viso-espaciales y en las imágenes espaciales. En general, este estudio destaca que los niños y niñas pueden reclutar diferentes redes neurales en función de sus experiencias de vida temprana, incluso cuando realizan la misma actividad o tarea.

En nuestro trabajo más reciente examinamos si estos patrones diferenciales se extienden al desarrollo de habilidades académicas posteriores, como el procesamiento aritmético y la lectura. El procesamiento aritmético recluta una amplia red neural que incluye sistemas verbales en las áreas fronto-temporales y sistemas viso-espaciales en las áreas parietales (Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu & Tsivkin, 1999; Prado, Mutreja & Booth, 2014; Venkatraman, Ansari, & Chee, 2005). En base a nuestro estudio sobre el procesamiento narrativo, nos preguntamos si en función de las características de sus padres los niños y niñas reclutan sistemas neurales similares pero en diferentes grados o sistemas

diferentes. En el contexto de estos estudios, no tuvimos acceso a la información del lenguaje de los padres. En consecuencia, los antecedentes parentales de los niños y niñas fueron evaluados a través de su nivel de educación. Nos enfocamos en el nivel de educación promedio de ambos padres porque es más estable que el ingreso o la ocupación, y está estrechamente relacionado con las interacciones entre padres e hijos o hijas en el entorno de aprendizaje del hogar, y porque se considera que es un predictor más fuerte del desempeño académico (Duncan & Magnuson, 2012; Lewis & Mayes, 2012). En este estudio, se pidió a los niños y niñas que resolvieran problemas de sustracción de un solo dígito mientras estaban en el resonador. Se utilizaron tareas de localización independientes para identificar redes neurales verbales y viso-espaciales. Aplicamos análisis de regresión para examinar áreas neurales que mostraran aumento o disminución en la activación en función de la educación de los padres. Además, en el modelo también se incluyó una medida de la habilidad matemática de los niños y niñas para evaluar si los niños y niñas de diferentes NSE reclutan diferentes sistemas en función de su nivel de habilidad. Encontramos que para los niños y niñas con padres con niveles altos de educación, cuanto mayor era su habilidad matemática mayor era la activación en las áreas temporales medias izquierdas, identificadas por el localizador verbal. A niveles más bajos de educación, una mayor habilidad se asoció con un mayor reclutamiento de la corteza parietal derecha, identificado por el localizador viso-espacial (Demir, Prado & Booth, 2015). En otro estudio, encontramos que estos patrones de activación diferenciales predecían el desarrollo de habilidades en matemáticas. Para los niños y niñas en el extremo superior del continuo NSE, la activación de las redes verbales, específicamente en las áreas frontales izquierdas, predijo el crecimiento de habilidades en hasta 3 años después. Sin embargo, para los niños y niñas en el extremo

inferior del continuo NSE, la activación de las redes viso-espaciales en las áreas parietales derechas predijo un aumento en el mismo período (Demir-Lira, Prado & Booth, 2016). Recientemente informamos que estas relaciones diferenciales no se limitan a los patrones de activación funcional. Los patrones diferenciales también se extienden a las diferencias estructurales asociadas con la habilidad de lectura. Nuestro trabajo que examinó las relaciones entre el NSE y los tractos de sustancia blanca sugirió que los niños y las niñas de hogares con NSE más alto y mayor habilidad podrían reclutar tractos que están asociados con la habilidad ortográfica en mayor medida que los niños y niñas de hogares con NSE más bajo. Asimismo, los niños y las niñas de hogares con NSE más bajo y con mayor habilidad podrían reclutar tractos complementarios que subyacen al procesamiento viso-espacial más que sus pares de hogares con NSE más altos (Gullick, Demir-Lira & Booth, 2016). En general, estos resultados sugieren que en diferentes tareas que incluyen el procesamiento del lenguaje, la lectura y las matemáticas, los niños y niñas de hogares con diferentes NSE pueden reclutar diferentes redes neurales para desempeñarse a la par de sus compañeros.

¿Cuáles son las implicancias de los diferentes patrones de activación según las características del uso de lenguaje de los padres? ¿Cómo interpretamos los resultados anteriores? Por un lado, estas diferencias pueden indicar demoras. Nuestro trabajo anterior muestra que los niños y niñas de entornos desfavorecidos experimentan menos cantidad y calidad de información lingüística. Puede ser que el procesamiento de narraciones de los niños y las niñas que tienen experiencias más ricas con estímulos lingüísticos en forma temprana se asocie con sistemas verbales y simbólicos cuando leen, e incluso cuando resuelven problemas aritméticos básicos. Por otra parte, el de los niños y las niñas que no están tan familiarizados con tal tipo de experiencia lingüística podría

asociarse con la activación de redes viso-espaciales. En tal sentido, Romeo y colegas han mostrado que los niños y niñas que experimentan interacciones más ricas en la conversación con sus padres exhiben una mayor activación frontal inferior izquierda durante el procesamiento narrativo, en comparación con sus pares que experimentan tales conversaciones en menor medida (Romeo, et al., 2018). A lo largo del tiempo, con la experiencia, incluso en este último grupo podrían cambiar los patrones de activación de sistemas viso-espaciales a verbales. De hecho, la literatura disponible sugiere que en cualquier dominio cognitivo a medida que los individuos adquieren experiencia, podrían pasar de modelos representativos a otros más abstractos y simbólicos (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010; Schwartz & Black, 1996). En el nivel neurocognitivo, esta transición se refleja en el cambio de la dependencia del procesamiento de las redes viso-espaciales a las verbales.

Sin embargo, una interpretación alternativa también es posible: estos patrones pueden indicar adaptaciones. Los niños y niñas pueden adaptarse a su entorno y su procesamiento asociarse con diferentes sistemas neurales para lograr desempeños eficientes en función de sus experiencias únicas. Específicamente, los niños y niñas que provienen de hogares con NSE bajo podrían desarrollar estrategias alternativas para lograr desempeños eficientes. En tareas en las que no se verifican diferencias significativas en el desempeño de los niños y niñas en función del NSE de los padres, como es el caso en nuestros estudios, las diferencias en el nivel neurocognitivo podrían reflejar distintas estrategias adaptativas. A diferencia de lo que proponen los enfoques únicos de procesamiento y activación neural para todos los niños y las niñas, estos perfiles diferenciales podrían tener implicaciones para generar contextos de aprendizaje individualizados. En tal sentido, es necesario continuar explorando si algunos de los niños y niñas

de entornos desfavorecidos podrían beneficiarse inicialmente de propuestas de enseñanza basadas en información viso-espacial. Es importante destacar que estas dos explicaciones no son mutuamente excluyentes. Si bien desde el principio el procesamiento de los niños y niñas de entornos desfavorecidos podría asociarse con la activación de sistemas viso-espaciales, el procesamiento neural podría cambiar durante su desarrollo en la medida en que tengan experiencias más ricas y desafiantes dentro y fuera de la escuela. Estas preguntas deben formar parte de estudios futuros que examinen las trayectorias de desarrollo de los niños utilizando diferentes niveles de organización, desde medidas neurocognitivas hasta estudios centrados en experiencias ambientales. En tal sentido, en años recientes han comenzado a surgir resultados prometedores sobre los efectos de las intervenciones basadas en el análisis de la activación neural, el comportamiento de los niños y las niñas y el NSE familiar (Neville, Stevens, Pakulak, Bell, Fanning, Klein & Isbell, 2013). Las investigaciones futuras también deben continuar explorando los efectos de las intervenciones en las redes neurocognitivas asociadas al desempeño académico.

Conclusiones

La evidencia presentada en este capítulo intenta examinar por qué ciertos niños y niñas, a menudo de entornos desfavorecidos, presentan demoras en su desempeño académico en comparación con sus pares que no lo manifiestan. Una perspectiva a tener en cuenta al explorar esta pregunta es enfocarse en la resiliencia académica, con el fin de identificar factores individuales y contextuales que contribuyan con predecir el desempeño eficiente de niños y niñas que viven en diferentes contextos socioeconómicos. Dos de estos factores en los que focalizamos nuestro trabajo son el lenguaje parental que los niños y niñas

reciben en el hogar y los sistemas neurocognitivos asociados con el desempeño en diferentes tareas académicas. Nuestros hallazgos hasta la fecha sugieren que las influencias de los padres en los resultados académicos de los niños y las niñas son específicas, recíprocas y no uniformes. Las relaciones son específicas en cuanto a que ciertos aspectos del lenguaje de los padres pueden predecir mejor que otros los resultados académicos de los niños y las niñas. La mayor parte de la literatura previa se centró en la cantidad de información del lenguaje de los padres, que constituye la base de muchas intervenciones en el campo. Sin embargo, nuestro trabajo sugiere que las interacciones limitadas y ricas entre padres e hijos o hijas también podrían asociarse al desempeño académico de los niños y niñas. Las relaciones son recíprocas, ya que la influencia de la contribución de los padres varía en función de las características del niño o niña. La evidencia de neuroimágenes presentada anteriormente sugiere que los niños y las niñas adaptan diferentes estrategias en diferentes entornos para lograr desempeños eficientes. En general, las características que los niños y las niñas incorporan al ambiente de aprendizaje y cómo el ambiente responde a ello contribuyen a la resiliencia académica. En la actualidad, han comenzado a surgir modelos estadísticos que contribuyen con los esfuerzos para examinar las interacciones recíprocas y en cascada entre padres e hijos o hijas. Finalmente, las relaciones no son uniformes, ya que los sistemas neurocognitivos verbales y viso-espaciales pueden verse influenciados de manera diferencial por las características ambientales de los hogares. En una amplia gama de tareas y medidas observamos que el desempeño de los niños y niñas de entornos más favorecidos podrían asociarse con sistemas verbales en mayor medida analógicos; mientras que en el caso de niños y niñas de entornos desfavorecidos lo harían más con sistemas viso-espaciales. Por lo tanto, estos hallazgos sugieren que el procesamiento de los niños y

las niñas se asocia con diferentes sistemas neurales en función de los factores socioeconómicos parentales, lo cual contribuiría con su capacidad de recuperación académica.

Los hallazgos descriptos en este capítulo generan nuevas preguntas para la investigación futura. Nuestro trabajo se centra en el desempeño en tareas académicas básicas, como la lectura de una sola palabra o la aritmética de un solo dígito. En el futuro, el trabajo deberá explorar el desempeño de los niños y las niñas en tareas académicas que presentan desafíos específicos en los últimos años escolares, como por ejemplo resolver problemas matemáticos o leer textos. ¿Continúan los niños y niñas reclutando diferentes redes en función de sus antecedentes parentales o existen limitaciones en las adaptaciones que los niños y niñas presentan? Por otro lado, es crucial examinar cuándo surgen estas diferencias. ¿Cuándo empiezan los niños y niñas a reclutar diferentes redes en el cerebro? ¿Cómo se desarrollan estas diferencias con el tiempo?

En general, el programa de investigación presentado en este capítulo revela relaciones complejas entre los factores socioeconómicos del hogar y el desempeño académico de los niños y niñas. Nuestros hallazgos muestran que estas relaciones solo pueden entenderse completamente al rastrear las trayectorias de desarrollo de los niños y las niñas a partir de los primeros años preescolares, examinando el efecto de múltiples factores que interactúan dinámicamente en el desarrollo del niño y la niña, lo que a su vez tiene efectos directos e indirectos sobre su desempeño académico. Esto requiere un enfoque que examine el desarrollo del niño y la niña en múltiples niveles de organización, incluido el neurocognitivo y el contexto, utilizando múltiples métodos como las neuroimágenes, las observaciones naturalistas del comportamiento y el trabajo con niños y niñas en una amplia gama de habilidades. Nuestra expectativa es que al comprender los factores protectores que promueven la resiliencia académica en

niños y niñas de diferentes orígenes, estemos en una mejor posición para promover los logros académicos.

Referencias bibliográficas

- Bloom, P. (2002). *How children learn the meanings of words*. Boston: MIT press.
- Bradley, R.H., & Corwyn, R.F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, 53, 371-399.
- Brito, N. H., & Noble, K. G. (2014). Socioeconomic status and structural brain development. *Frontiers in Neuroscience*, 8, 276.
- Brooks-Gunn, J., & Duncan, G.J. (1997). The effects of poverty on children. *The future of children*, 7, 55-71.
- Carey, S., & Bartlett, E. (1978). Acquiring a single new word. *Child Language Development*, 15, 17-29.
- Claro, S., Paunesku, D., & Dweck, C.S. (2016). Growth mindset tempers the effects of poverty on academic achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 8664-8668.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284, 970-974.
- Demir-Lira, Ö.E., Applebaum, L.R., Goldin-Meadow, S., & Levine, S.C. (2018). Parents' early book reading to children: Relation to children's later language and literacy outcomes controlling for other parent language input. *Developmental Science*, e12764.
- Demir-Lira, Ö.E., Asaridou, S.S., Goldin-Meadow, S., & Small, S. (April, 2016). *Early parental language input quality, but not quantity, predicts cortical thickness at child age 7-9*. Poster presented at the 2016 CNS Annual Meeting, New York, NY.
- Demir-Lira, Ö.E., Prado, J., & Booth, J.R. (2016). Neural correlates of math gains vary depending on parental socioeconomic status (SES). *Frontiers in Psychology*, 7, 892.
- Demir-Lira, Ö.E., Rowe, M.L., Heller, G., Goldin-Meadow, S., & Levine, S.C. (2015). Vocabulary, syntax, and narrative

- development in typically developing children and children with early unilateral brain injury: Early parental talk about the “there-and-then” matters. *Developmental Psychology*, 51, 161.
- Dickinson, D.K., & Snow, C.E. (1987). Interrelationships among prereading and oral language skills in kindergartners from two social classes. *Early Childhood Research Quarterly*, 2, 1-25.
- Duncan, G.J., & Magnuson, K. (2003). Off with Hollingshead: socioeconomic resources, parenting, and child development. In M. Bornstein & R. Bradley (Eds.), *Socioeconomic status, parenting, and child development* (pp. 83–106). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43, 1428.
- Entwisle, D.R., & Astone, N.M. (1994). Some practical guidelines for measuring youth's race/ethnicity and socioeconomic status. *Child Development*, 65, 1521-1540.
- Farah, M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J.M., Brodsky, N.L., et al. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*, 1110, 166-174.
- Fuligni, A.J. (1997). The academic achievement of adolescents from immigrant families: The role of family background, attitudes, and behavior. *Child Development*, 68, 351-363.
- Goldin-Meadow, S., Levine, S.C., Hedges, L. V., Huttenlocher, J., Raudenbush, S.W., & Small, S.L. (2014). New evidence about language and cognitive development based on a longitudinal study: Hypotheses for intervention. *American Psychologist*, 69, 588.
- Hackman, D.A., & Farah, M.J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65-73.
- Hart, B., & Risley, T.R. (1995). *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Baltimore: Paul H Brookes Publishing.

- Hoefft, F., Ueno, T., Reiss, A. L., Meyler, A., Whitfield-Gabrieli, S., Glover, G.H., et al. (2007). Prediction of children's reading skills using behavioral, functional, and structural neuroimaging measures. *Behavioral Neuroscience*, 121, 602.
- Hoff-Ginsberg, E., & Shatz, M. (1982). Linguistic input and the child's acquisition of language. *Psychological Bulletin*, 92, 3.
- Hong, G., & Raudenbush, S.W. (2008). Causal inference for time-varying instructional treatments. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 33, 333-362.
- Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., Cymerman, E., & Levine, S. (2002). Language input and child syntax. *Cognitive Psychology*, 45, 337-374.
- Kalil, A., & DeLeire, T. (2004). *Family investments in children's potential: Resources and parenting behaviors that promote success*. London, UK: Psychology Press.
- Kempermann, G., Kuhn, H.G., & Gage, F. H. (1997). More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 386(6624), 493.
- Lewis, M., & Mayes, L.C. (2012). The role of environment in development: an introduction. In L.C. Mayes & M. Lewis(Eds.), *The Cambridge Handbook of Environment in Human Development* (pp. 1-12). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lipina, S.J. (2017). Critical considerations about the use of poverty measures in the study of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 52, 241-250.
- Lipina, S.J., & Colombo, J.A. (2009). *Poverty and brain development during childhood: An approach from cognitive psychology and neuroscience*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Mar, R.A. (2004). The neuropsychology of narrative: Story comprehension, story production and their interrelation. *Neuropsychologia*, 42, 1414-1434.
- Neville, H.J., Stevens, C., Pakulak, E., Bell, T.A., Fanning, J., Klein, S., & Isbell, E. (2013). Family-based training program

- improves brain function, cognition, and behavior in lower socioeconomic status preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 12138-12143.
- Porter, E. (2005, September 22). Education gap between rich and poor is growing wider. *The New York Times*. Retrieved from <http://www.nytimes.com>
- Prado, J., Mutreja, R., & Booth, J.R. (2014). Developmental dissociation in the neural responses to simple multiplication and subtraction problems. *Developmental Science*, 17, 537-552.
- Raghubar, K.P., Barnes, M.A., & Hecht, S.A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122.
- Raizada, R.D., Richards, T.L., Meltzoff, A., & Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *Neuroimage*, 40, 1392-1401.
- Reardon, S.F. (2011). The widening academic achievement gap between the rich and the poor: New evidence and possible explanations. Chapter 5 in G.J. Duncan, R.J. Murnane (Eds.) *Whither opportunity?: Rising inequality, schools, and children's life chances*. New York: Russell Sage Foundation, pp. 91-116.
- Romeo, R.R., Leonard, J.A., Robinson, S.T., West, M.R., Mackey, A.P., Rowe, M.L., & Gabrieli, J.D.E. (2018). Beyond the “30 million word gap:” Children’s conversational exposure is associated with language-related brain function. *Psychological Science*, 29, 700-710.
- Rowe, M.L. (2008). Child-directed speech: relation to socioeconomic status, knowledge of child development and child vocabulary skill. *Journal of Child Language*, 35, 185-205.
- Rowe, M.L. (2012). A longitudinal investigation of the role of quantity and quality of child-directed speech in vocabulary development. *Child Development*, 83, 1762-1774.

- Rowe, M.L. (2018). Understanding Socioeconomic Differences in Parents' Speech to Children. *Child Development Perspectives*, 12, 122-127.
- Schwartz, D.L., & Black, J.B. (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, 20, 457-497.
- Sirin, S.R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75, 417-453.
- Snow, C.E. (2010). Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, 328, 450-452.
- Szaflarski, J.P., Altaye, M., Rajagopal, A., Eaton, K., Meng, X., Plante, E., et al. (2012). A 10-year longitudinal fMRI study of narrative comprehension in children and adolescents. *Neuroimage*, 63, 1188-1195.
- Treiman, R., Schmidt, J., Decker, K., Robins, S., Levine, S.C., & Demir, Ö.E. (2015). Parents' talk about letters with their young children. *Child Development*, 86, 1406-1418.
- Uccelli, P., Demir-Lira, Ö.E., Rowe, M.L., Levine, S., & Goldin-Meadow, S. (2019). Children's early decontextualized talk predicts academic language proficiency in mid adolescence. *Child Development*, 90 (5), 1650-1663.
- Ursache, A., Blair, C., & Raver, C.C. (2012). The promotion of self-regulation as a means of enhancing school readiness and early achievement in children at risk for school failure. *Child Development Perspectives*, 6, 122-128.
- Venkatraman, V., Ansari, D., & Chee, M.W. (2005). Neural correlates of symbolic and non-symbolic arithmetic. *Neuropsychologia*, 43, 744-753.
- Voss, M.W., Vivar, C., Kramer, A.F., & van Praag, H. (2013). Bridging animal and human models of exercise-induced brain plasticity. *Trends in cognitive sciences*, 17, 525-544.

SEGUNDA PARTE

Intervenciones

5

MECANISMOS DE ENTRENAMIENTO CEREBRAL

Michael I. Posner

Introducción

En nuestras investigaciones hemos sugerido dos métodos básicos de entrenamiento cerebral (Tang & Posner, 2009, 2014). Por una parte, el entrenamiento de redes neurales específicas involucra la práctica de una tarea cognitiva como por ejemplo las tareas de flanker, Stroop o N-Back. Si bien estas tareas son bastante simples, su importancia mayor es que están involucradas en diferentes demandas escolares como las de aprender a leer o calcular. En general, se acepta que el desempeño en una tarea entrenada mejorará con la práctica, y que la mejora se puede ajustar según una función de potencia o una función exponencial (Anderson, 1982; Heathcote, Brown & Mewhort, 2000). Para esta forma de entrenamiento, es razonable preguntar acerca de su transferencia a tareas similares o remotas. Muchas asignaturas escolares involucran una red de atención o de memoria de trabajo y, por lo tanto, pueden mejorar porque tanto la tarea cognitiva como la asignatura escolar involucran redes comunes.

Una segunda forma de entrenamiento consiste en cambiar el estado del cerebro de una manera que influya a muchas redes diferentes. El ejercicio físico y la meditación han sido dos formas ampliamente estudiadas como intervenciones para cambiar el estado del cerebro. Por ejemplo, Tang y colegas (2007) desarrollaron un método de meditación llamado *Integrated Body Mind Training* (*Entrenamiento Integrado Cuerpo Mente, EICM*), que consiste en una forma de meditación de atención plena. Dado que el entrenamiento de estado no implica una tarea cognitiva específica, es razonable preguntarse qué rango de tareas podría mejorar tal tipo de entrenamiento, aunque esto no sería estrictamente una forma de transferencia.

El término *entrenamiento cerebral* sugiere que el entrenamiento modifica estructuras específicas del cerebro. Si se conocieran mejor los detalles de cómo se podrían modificar las estructuras cerebrales mediante tal tipo de entrenamiento, podríamos tener una mejor oportunidad de comprender las similitudes y diferencias entre el entrenamiento de redes y de estado; y con ello estar en condiciones de comprender la posibilidad de transferencia o el rango de tareas inducidas por los cambios de estado.

Cuando utilizamos el EICM, seleccionamos a un gran grupo de estudiantes universitarios de la Universidad de Oregón (Estados Unidos) y de China, y los asignamos al azar a dos condiciones: meditación o relajación (control). Cada uno de estos dos grupos recibió esquemas de entrenamiento de media hora por día, durante cinco días. Antes y después de tales entrenamientos cada estudiante: (a) fue evaluado con el Test de Redes Atencionales (ANT); (b) dio un reporte subjetivo del estado de ánimo; y (c) realizó una prueba de cortisol después de realizar una tarea desafiante de aritmética mental. Encontramos que el grupo de meditación mostró un desempeño más alto en los ensayos de la tarea ANT con demanda de la red ejecutiva de atención,

puntuaciones más altas en la valoración del estado de ánimo positivo y más bajas de la negativa, y tenían niveles de cortisol más bajos después de realizar la tarea de aritmética mental, en comparación con el grupo que recibió el entrenamiento de relajación.

En nuestros estudios posteriores (Tang et al., 2010, 2012) analizamos la anisotropía fraccional (AF), una medida de la eficiencia de las conexiones neuronales, y verificamos en el grupo de meditación un incremento de la conectividad después de 2 a 4 semanas de realizado el EICM. Después de dos semanas, se observó una mejora en la difusión axial (DA) –una medida de conectividad que estaría relacionada con la densidad axonal-; y después de cuatro semanas se verificaron mejoras tanto en la DA como en los tractos axonales perpendiculares -una medida de conectividad que estaría relacionada con un aumento de la mielinización-. Estos cambios ocurrieron en las vías que rodean la corteza cingulada anterior (CCA), como se muestra en la Figura 1.

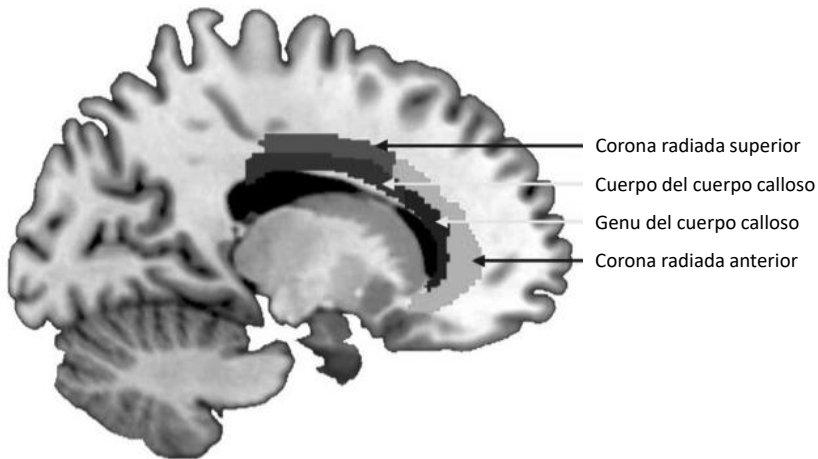


Figura 1 - Vías de sustancia blanca que rodean la circunvolución cingulada anterior que se encontraron después del entrenamiento de meditación.

¿Cómo podría producir un cambio en la sustancia blanca una práctica puramente mental como el EICM? En el momento en que comenzamos nuestros estudios con ratones, resultaba sorprendente que la sustancia blanca pudiera cambiar después de la práctica en individuos adultos. Muchas personas, creíamos que los cambios en la mielinización eran posibles en la infancia pero no en la adultez. Sin embargo, después de una lectura cuidadosa de la literatura, encontramos evidencia de que durante las enfermedades desmielinizantes como la esclerosis múltiple, los oligodendrocitos inactivos –las células de la glía que mielinizan los axones de las neuronas en el sistema nervioso central- podrían activarse y producir mielina (Beirowski, 2013). En consecuencia, especulamos que el ritmo theta –actividad eléctrica cerebral que aumenta con la meditación- podría haber aumentado en las áreas frontales después del entrenamiento de meditación (Xue et al., 2014), y que ello también podría servir como un medio para activar las células latentes (Posner, Tang & Lynch, 2014). En los últimos años, muchos estudios con humanos y animales han mostrado mejoras en la sustancia blanca luego de la implementación de diversas formas de entrenamiento de redes y estado (McKenzie et al., 2014; Wang & Young, 2014).

Estudios con ratones

Para probar nuestra hipótesis, utilizamos un modelo experimental en el cual implantamos láseres para generar pulsos de luz en ratones que se habían criado genéticamente para aumentar la producción de células en la CCA (Piscopo et al., 2018; Weible et al., 2017). La Figura 2 muestra el diseño y las áreas de implantación en la CCA del ratón.

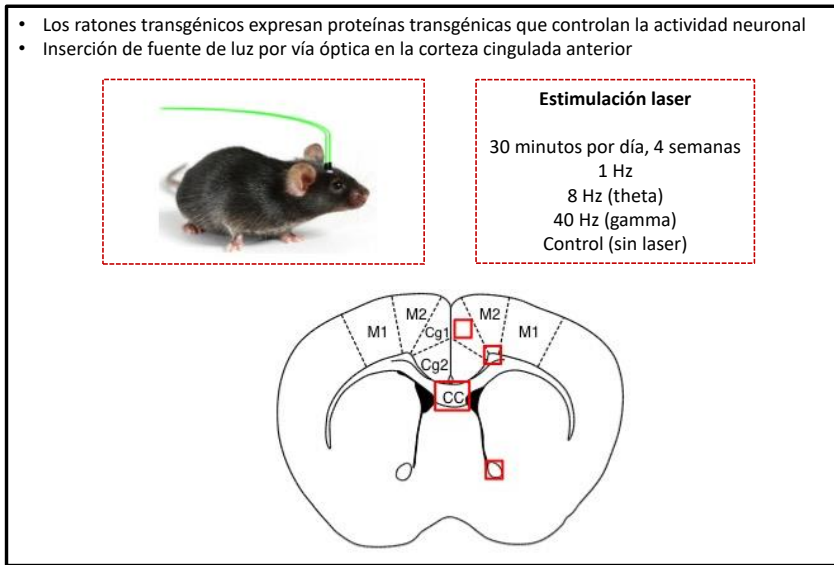


Figura 2 - Diseño experimental para los estudios con ratones. El panel inferior muestra los sitios de estimulación dentro de la corteza cingulada anterior (CCA), los sitios de prueba en el cuerpo calloso (CC) y los sitios de control alejados de los de estimulación (control) en la comisura anterior.

Encontramos que cuando la actividad de la CCA se incrementó por la estimulación rítmica en el rango de 1-8 Hz, hubo un aumento en la producción de oligodendrocitos. Sin embargo, este efecto se debió principalmente a la estimulación del rango entre 1Hz y 8 Hz. También creamos micrografías electrónicas magnificadas 16.000 veces de 10 ratones, de los cuales 6 habían recibido estimulación de baja frecuencia (1 u 8 Hz) durante un mes, media hora por día; y otros 4 eran controles no estimulados. La figura 3 muestra un solo axón rodeado de anillos de mielina correspondiente a uno de los ratones del grupo estimulado.

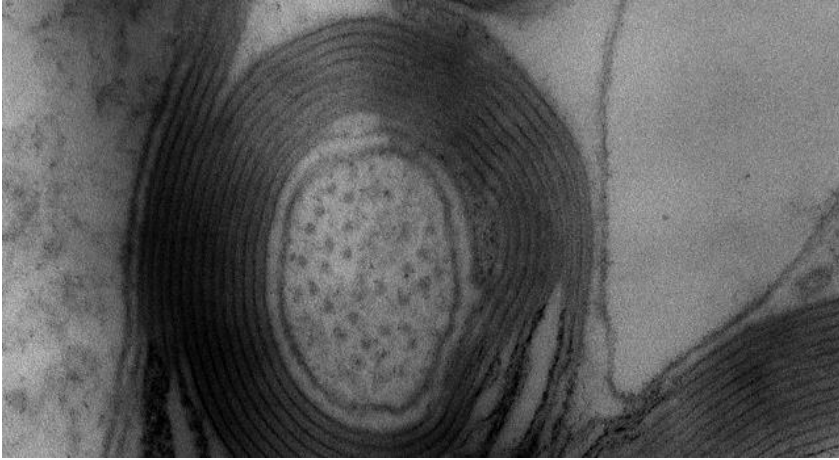


Figura 3 - La microscopía electrónica magnifica el axón 16,000 veces para revelar su interior rodeado de anillos de mielina.

Comparamos la proporción g (diámetro axonal / diámetro axonal + mielina) medida a partir de las microscopía electrónica de los dos grupos de ratones. Por una parte, verificamos que tal proporción en los ratones no estimulados era similar a las que se reportan generalmente en el sistema nervioso central de esta especie (Gibson et al., 2014). Por otra parte, verificamos una reducción significativa de la proporción en los ratones estimulados. Tal reducción fue similar en los grupos estimulados con 1Hz y 8Hz, aunque el número de observaciones fue demasiado pequeño para probar formalmente esta diferencia. Por lo general, la proporción reducida de g se asocia con un aumento de mielina. En nuestro caso se debió a una combinación de mayor diámetro de mielina y menor diámetro axonal. No creemos que el diámetro axonal reducido haya sido un artefacto por incluir más fibras de diámetro bajo; pero no podemos explicar satisfactoriamente el diámetro reducido. Una revisión de trabajos sobre la remielinización de fibras en el cuerpo calloso (Franklin & Ffrench-Constant, (2017), sugirió que en general los oligodendrocitos producirían una mielinización más delgada de axones pequeños y,

por lo tanto, aumentaría la proporción g, por lo que el efecto de la estimulación podría ser más fuerte que los cambios indicados por la proporción g.

También encontramos un efecto de la estimulación baja a nivel de la conducta, particularmente en el grupo que recibió 8 Hz. Específicamente, verificamos que la exploración de espacios ambientales con mayor luz era mayor en los ratones del grupo de estimulación baja en comparación con los controles no estimulados (Weible et al., 2017). La elección de la luz generalmente se toma como un signo de ansiedad reducida y / o aumento de la exploración. Asimismo, encontramos que el tamaño de estos efectos en el comportamiento era mayor cuanto más grande era la proporción g (Piscopo et al., 2018).

Estudios con personas

Uno de los objetivos de nuestro trabajo de investigación es determinar si la estimulación de baja frecuencia puede mejorar la conectividad en el cerebro humano. Disponiendo de evidencia sobre cambios cerebrales por diferentes tipos de entrenamientos ¿por qué deberíamos llevar a cabo estos estudios? La razón es que la sustancia blanca existe en todo el cerebro humano, mientras que la meditación y otros métodos solo producen cambios dentro de las redes particularmente estimuladas por tales métodos de aprendizaje. Además, no sabemos si tales cambios y sus eventuales transferencias serían posibles o similares en grupos de personas que padecen anomalías de la sustancia blanca, como por ejemplo las de edad avanzada, con esclerosis múltiple, con lesiones u otros trastornos degenerativos; o si la conectividad mejorada aumentaría el aprendizaje de manera más general.

Hemos abordado nuestro trabajo en esta área a través de la implementación de tres fases. La fase 1 –la única que ha sido completada- se planteó el objetivo de determinar si existe un

método para la estimulación que no sea invasivo, o al menos mínimamente invasivo, para aumentar la estimulación del rango theta en la CCA. Se compararon grupos a los que se les proporcionó: (a) una entrada auditiva de 6Hz; (b) neuro-feedback de la actividad theta actual en la CCA; y (c) niveles bajos de estimulación eléctrica (6 Hz) de la CCA a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo (Figura 4).

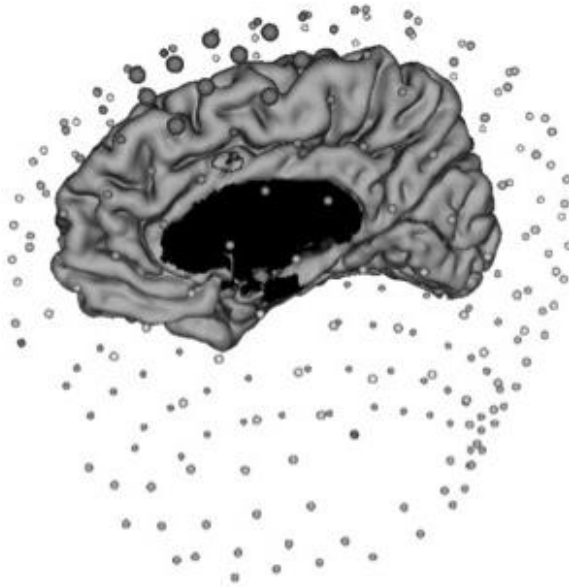


Figura 4 - Los sitios de electrodos genéricos que se muestran en los círculos oscuros se utilizaron para proporcionar la señal theta más fuerte a la corteza cingulada anterior (CCA) en los estudios de estimulación con humanos. Los electrodos que se observan fuera de los límites del cerebro son los que van colocados sobre otras partes de la cabeza.

A cada uno de los tres grupos se los estimuló en dos momentos: sin realizar ninguna tarea y durante la realización de la tarea de ANT. Encontramos que la estimulación eléctrica mientras se realizaba la prueba ANT fue efectiva para producir un aumento de theta durante un período de no estimulación después de un

minuto de estimulación. Las Figuras 5 y 6 ilustran la actividad theta sobre cada sitio de electrodo para un solo participante en la línea de base cuando no hubo estimulación (Figura 5); y durante el minuto siguiente a la estimulación eléctrica cuando la persona estaba realizando la prueba ANT (Figura 6). En general, encontramos un aumento significativo de actividad theta sobre la línea media del cuero cabelludo cuando se realizaba la estimulación eléctrica y mientras se realizaba la prueba ANT, pero no en las otras condiciones.

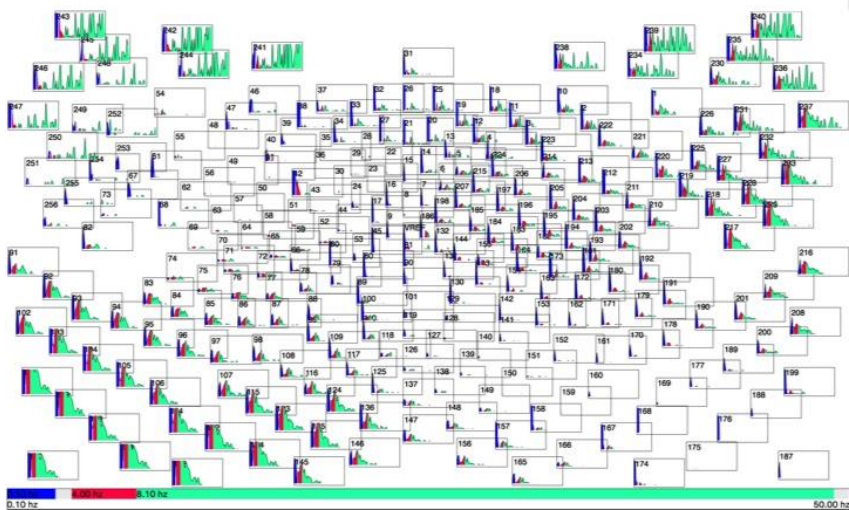


Figura 5 - Actividad eléctrica de un solo participante en diferentes bandas de frecuencia que se encuentran en cada sitio de electrodo en una condición basal antes de cualquier estimulación. La actividad theta está en rojo.

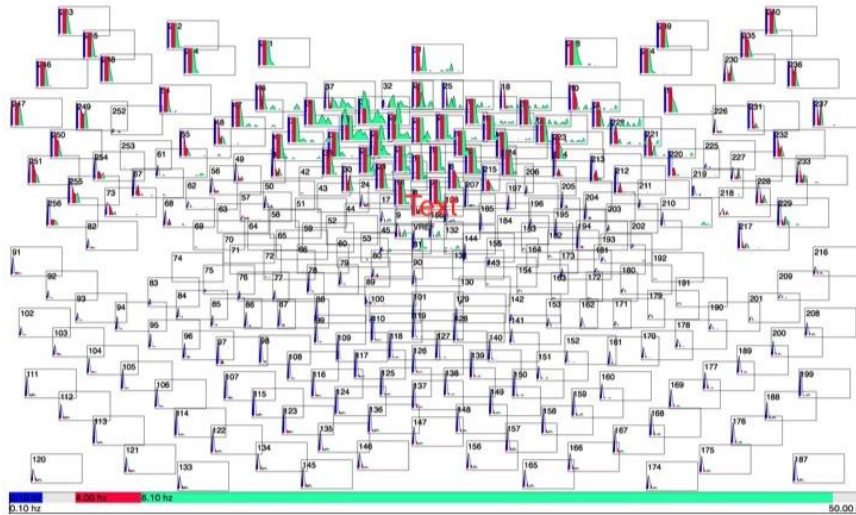


Figura 6 - Actividad eléctrica en las diferentes bandas de frecuencia encontradas en cada sitio de electrodo en el minuto siguiente a la estimulación eléctrica de 6 Hz a través de los electrodos que se muestran en la Figura 4. La actividad theta está en rojo. Los datos son para el mismo participante que se muestra en la Figura 5. Theta se ha mejorado mucho en los sitios frontales de la línea media.

En la fase 2, nos proponemos comparar los electrodos genéricos utilizados en el estudio descrito anteriormente (Figura 4), pero con electrodos individuales basados en una imagen de resonancia magnética estructural (MRI) del cerebro de cada participante para elegir los sitios óptimos de estimulación en el cuero cabelludo. También examinaremos la activación de la CCA durante la realización de la tarea ANT en combinación con una tarea que active el sistema motor. Para activar el sistema motor utilizamos una tarea de tiempos de reacción en serie (Curran & Keele, 1993; Grafton, Hazeltine & Ivry, 1992). Este experimento nos ayudará a elegir los mejores electrodos para la estimulación y generalizar nuestro enfoque a otras áreas del cerebro que no sean la CCA. Desde nuestro punto de vista, casi cualquier área del cerebro humano puede recibir una activación eficiente a través de

los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo, especialmente cuando se cuenta con la guía de la MRI.

En nuestra tercera fase, planeamos obtener imágenes de la conectividad cerebral antes y después de un mes de la estimulación eléctrica en combinación con una tarea cognitiva apropiada para determinar cualquier cambio en la sustancia blanca. Esperamos ver cambios en la AF después de la estimulación eléctrica del CCA en combinación con la realización de la tarea ANT, en comparación con un grupo control no estimulado.

Un número diverso de trastornos neurológicos, como las lesiones cerebrales, los accidentes cerebrovasculares o la esclerosis múltiple, son causados, al menos en parte, por anomalías en la sustancia blanca. Sin embargo, muchas otras afecciones, como el autismo, el trastorno por déficit de atención y la adicción, también se asocian con trastornos en diferentes redes neurales que podrían involucrar anomalías en la sustancia blanca. Por ejemplo, los estudios sobre la adicción al tabaco han demostrado que la meditación produce tanto un cambio en la sustancia blanca como una reducción en el hábito de fumar (Tang & Posner, 2013). Estos cambios se producen independientemente de si la persona tenía la intención de fumar o no (Tang, Rothbart, Posner & Volkow, 2014). Creemos que la meditación funciona a través de la actividad theta frontal mejorando la conectividad entre la CCA y el cuerpo estriado, que es deficiente en los fumadores, reduciendo el deseo y el hábito de fumar.

Entrenamiento cerebral y transferencia

Si más experimentos demuestran que podemos modificar la sustancia blanca en cualquier parte del cerebro a través de estimulación eléctrica en combinación con una tarea diseñada adecuadamente para tal fin, un paso importante será determinar si

mejorar la conectividad cerebral es una forma realista de mejorar el aprendizaje escolar.

Durante la última década han podido dilucidarse con especificidad qué redes neurales se asocian con habilidades como la lectura, el cálculo y la escritura (Dehaene, 2010, 2011). Tal evidencia deja pocas dudas acerca de que tales redes específicas, con frecuencia no superpuestas, se asocian con una variedad de habilidades que son constituyentes de los comportamientos inteligentes. Al mismo tiempo, también hay pocas dudas de que diferentes tareas de inteligencia correspondientes a distintos dominios están correlacionadas (Duncan et al., 2000). Estas correlaciones apoyan la noción de que existiría un mecanismo de inteligencia general (g). No obstante, los mecanismos específicos que subyacen a "g" aún no han sido dilucidados. Existen dos hipótesis al respecto: (1) áreas neurales de propósitos múltiples, como las redes atencionales (Crittenden, Mitchell & Duncan, 2016); o (2) mecanismos moleculares que subyacen a los mecanismos comunes de aprendizaje (Voelker, Rothbart & Posner, 2016). Estas posibilidades no son mutuamente excluyentes y ambos tipos de mecanismos podrían estar involucrados en formas complementarias. Hemos discutido en este documento nuestro esfuerzo por mejorar una red común, a saber, la red de atención ejecutiva. A continuación, consideramos nuevos hallazgos con respecto a la segunda posibilidad.

En particular, las diferencias en la velocidad a la que las personas aprenden diferentes habilidades forma parte del interés de algunas comunidades educativas. Con el objetivo de realizar diseños de actividades escolares que puedan maximizar las potencialidades de las personas, es necesario saber qué causas se asocian con aprendizajes más pobres y qué se puede hacer para remediar tales eventuales dificultades. En tal sentido, es razonable preguntarse si el hecho de saber acerca de la neurobiología de los

cambios cerebrales durante el aprendizaje podría contribuir con tales objetivos. Una ventaja real del enfoque de las redes neurales asociadas a la cognición es que las diferencias individuales se pueden ver de forma bastante natural como dependientes de la eficiencia y la plasticidad de las redes subyacentes.

En estudios previos demostramos que las diferencias individuales en la eficiencia de la realización de tareas con demandas de conflicto están relacionadas con las diferencias entre los genes relacionados con los neuro-moduladores dopamina y serotonina (Fan, Fossella, Summer, Wu & Posner, 2003; Green, Munato, DeYoung, Fossella, Fan & Gray; 2008; Posner, Rothbart, Sheese & Voelker, 2014). El desempeño de los adultos en una tarea de tiempo de reacción en serie que mide el aprendizaje implícito y explícito (Curran & Keele, 1998), está relacionado con el polimorfismo MTFHR que influye en la eficiencia de la metilación (Voelker, Rothbart y Posner, 2016). Encontramos que en los niños y las niñas este mismo polimorfismo se relaciona con la eficiencia de redes neurales ante tareas de conflicto (Voelker, Rothbart & Posner, 2017). Dado que las tareas de conflicto son un marcador de atención ejecutiva, las personas con metilación más eficiente desarrollarían un autocontrol mejorado con mayor rapidez. No creemos que el gen MTHFR sea único en su relación con la inteligencia, sino solo que es probablemente uno de los muchos genes relacionados con ella.

¿Por qué la metilación influye en la tasa de aprendizaje de nuevas habilidades en niños y niñas, y en el desempeño en adultos? Una de las funciones de la metilación es variar la velocidad a la que se agrega la mielina a las redes cerebrales. Si, como hemos argumentado en este capítulo, los cambios en la mielinización están asociados con el aprendizaje tanto en roedores como en humanos, se deduce que aquellos con metilación más eficiente aprenderán más rápido. Desde este punto de vista, la tasa de

aprendizaje, al menos para aquellas habilidades relacionadas con la mielinización, estaría sujeta en parte a variaciones epigenéticas. Por supuesto, aprender una sola habilidad como leer o computar puede tener una gran influencia en el desempeño escolar general. La mayor parte de nuestro conocimiento proviene de escuchar y leer, por lo que estas dos habilidades pueden influir en gran parte de lo que se aprende en la escuela. Además, tanto la lectura como la escucha dependen en parte de la atención.

Como fuera mencionado, hay pocas dudas de que las redes cerebrales específicas y no superpuestas que subyacen a una variedad de habilidades, son constituyentes de un comportamiento inteligente. No obstante, aún precisamos priorizar la investigación a nivel tanto molecular como sistémico para comprender cómo estas redes sostienen el comportamiento inteligente en diferentes dominios. Podemos esperar que esta investigación conduzca a una mejor comprensión de cómo fomentar la transferencia entre el aprendizaje específico en determinadas asignaturas escolares y en el comportamiento inteligente más general.

***Agradecimientos.** Las investigaciones mencionadas en este capítulo han sido posibles por el apoyo del Subsidio N0014-17-1-2824 de la Oficina de Investigación Naval otorgado a la Universidad de Oregon. Un agradecimiento especial corresponde a los Doctores Mary K. Rothbart y Pascale Voelker por su ayuda para escribir este capítulo; y a los integrantes del equipo de ratones Aldis Weible, Chris Niell y Denise Piscopo por llevar adelante gran parte de las investigaciones descriptas.*

Referencias bibliográficas

- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89:369–406.
- Beirowski, B. (2013). Concepts for regulation of axon integrity by enwrapping glia. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 7, 256.

- Crittenden, B.M, Mitchell, D.J., & Duncan, J. (2016) Task encoding across multiple demand cortex is consistent with a fronto-parietal and congulo-operacular dual networks distinction. *Journal of Neuroscience*, 36, 6147-6155
- Curran T. & Keele SW (1993) Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology*, 19, 189-202.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2010). *Reading in the brain: The new science of how we read*. New York: Penguin.
- Duncan, J., Seitz, R.J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H. Ahmed, A., et al. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289, 457-460.
- Fan, J., Fossella, J.A., Summer, T., Wu, Y., & Posner, M.I. (2003) Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 100, 7406-7411.
- Franklin, R.J., & Ffrench-Constant, C. (2017). Remyelination in the CNS: From biology to therapy. *Nature reviews neuroscience*, 9, 839-855.
- Gibson, E.M., Purger, D., Mount, C.W., Goldstein, A.K., Lin, G.L., Wood, L.S., et al. (2014). Neuronal activity promotes oligodendrogenesis and adaptive myelination in the mammalian brain. *Science*, 344, 1252304.
- Grafton, S.T., Hazeltine, E., & Ivry, R. (1993). Functional mapping of sequence learning in normal humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 497-510.
- Green, A.E., Munafo, M.R., DeYoung, C.G., Fossella, J.A., Fan, J., & Gray, J. R. (2008). Using genetic data in cognitive neuroscience: from growing pains to genuine insights. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 710-20.
- Heathcote, A., Brown, S., & Mewhort, D.J.K. (2000). The power law repealed: The case for an exponential law of practice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 185-207.

- McKenzie, I.A., Ohayon, D., Li, H., Paes de Faria, J., Emery, B., et al. (2014). Motor skill learning requires active central myelination. *Science*, 346, 318-322.
- Piscopo, D.M., Weible, A.P., Rothbart, M.K., Posner, M.I., & Niell, C.M. (2018). Changes in white matter in mice resulting from low-frequency brain stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(27), E6339-E6346.
- Posner, M.I., Rothbart, M.K., Sheese, B.E., & Voelker, P. (2014). Developing attention: Behavioral and brain mechanisms. *Advances in Neuroscience*, 2014, Article ID 405094.
- Posner, M.I., Tang, Y.Y., & Lynch, G. (2014). Mechanisms of white matter change induced by meditation. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 1220.
- Tang, Y.Y., Lu, Q., Geng, X., Stein, E.A., Yang, Y., & Posner, M.I. (2010). Short-term mental training induces white-matter changes in the anterior cingulate. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, 16649-16652.
- Tang, Y.Y., Lu, Q., Fan, M., Yang, Y., & Posner, M.I. (2012). Mechanisms of white matter changes induced by meditation. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 109, 10570-10574.
- Tang, Y.Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., et al. (2007). Short term meditation training improves attention and self- regulation. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 104, 17152-17156.
- Tang, Y.Y., & Posner, M.I. (2009). Attention training and attention state training. *Trends in Cognitive Science*, 13, 222-227.
- Tang, Y.Y., & Posner, M.I. (2014). Training brain networks and states. *Trends in Cognitive Science*, 18, 345-350.
- Tang, Y.Y., Posner, M.I., Rothbart, M.K., & Volkow, N.D. (2015). Circuitry of self-control and its role in reducing addiction. *Trends in Cognitive Science*, 19, 439-445.
- Tang, Y.Y., Tang, R., & Posner, M.I. (2013). Brief meditation training induces smoking reduction. *Proceedings of the National Academy USA*, 110, 13971-13975.

- Voelker, P., Rothbart, M.K., & Posner, M.I. (2016). A polymorphism related to methylation influences attention during performance of speeded skills. *AIMS Neuroscience*, 3, 40-55.
- Voelker, P., Sheese, B.E., Rothbart, M.K., & Posner, M.I. (2017). Methylation polymorphism influences practice effect in children during attention tasks. *Cognitive Neuroscience*, 8, 72-84.
- Wang, S., & Young, K.M. (2014). White matter plasticity in adulthood. *Neuroscience*, 276, 148–160.
- Weible, A.P., Piscopo, D.M., Rothbart, M.K., Posner, M.I., & Niell, C.M. (2017). Rhythmic brain stimulation reduces anxiety-related behavior in a mouse model based on meditation training. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 114, 2532-2537.
- Xue, S., Tang, Y.Y., Tang, R., & Posner, M.I. (2014). Short-term meditation induces changes in brain resting EEG theta networks. *Brain and Cognition*, 87, 1-6.

6

APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN NEUROCIENCIA A LAS INTERVENCIONES DIRIGIDAS A LA POBREZA

Eric Pakulak y Courtney Stevens

Introducción

Resulta oportuno preguntar qué valor tienen los aportes de la neurociencia cognitiva para el estudio de las relaciones entre las condiciones socioeconómicas y el desarrollo humano durante el ciclo vital. ¿Se trata simplemente de incorporar otra medida del desarrollo sobre la cual analizar las diferencias entre personas que viven en contextos socioeconómicos diversos? ¿Tal investigación desvía la atención de las consecuencias estructurales que genera la inequidad en primer lugar, corriendo el foco sobre los factores subyacentes que generan las condiciones para la desigualdad? Si bien estas son preocupaciones válidas, el uso cuidadoso de la evidencia neurocientífica proporcionaría aportes valiosos para la comprensión de los mecanismos a través de los cuales la inequidad

se refleja a nivel biológico y se asocia con diferentes aspectos de la vida. (e.g., McEwen & Gianaros, 2010; Nusslock & Miller, 2016; Pakulak, Stevens, & Neville, 2018; Ursache & Noble, 2016). El abordaje de estudio de los sustratos neurobiológicos en las investigaciones de pobreza no niega ni propone eliminar los problemas estructurales más grandes que están en juego (e.g., McEwen & McEwen, 2017 para obtener información sobre aspectos estructurales); sino que provee una ventana única para comprender el complejo involucramiento del nivel socioeconómico (NSE) y la inequidad a nivel biológico. Esta línea de investigación también puede guiar el diseño y la evaluación de programas orientados a mejorar los diferentes aspectos del desarrollo de quienes viven en situación de pobreza. En este sentido, una mayor comprensión de los mecanismos involucrados permitiría identificar aspectos específicos a ser considerados por los programas de intervención, así como proporcionar medidas proximales que podrían incorporarse en la práctica de evaluación.

En este capítulo se propone la revisión de un programa de investigación que aplica la neurociencia cognitiva al estudio de las disparidades socioeconómicas en un marco más amplio que cuestiona el valor -real y potencial- de dicha investigación. Este trabajo toma como punto de partida una literatura que vincula al NSE con diferentes medidas distales del desarrollo. Al respecto, en muchos casos los estudios se extienden a lo largo del desarrollo hasta la edad adulta, e incluyen como medidas de análisis las notas escolares, las tasas de graduación de la escuela secundaria, la morbilidad física y mental, y la mortalidad (e.g., Lipina & Posner, 2012; McEwen & Gianaros, 2010; Nusslock & Miller, 2016; Pakulak et al., 2018; Ursache & Noble, 2016). Si bien estas relaciones han sido bien conocidas durante décadas, los modelos de la neurociencia cognitiva buscan dilucidar los mecanismos por los cuales distintos factores del entorno se asocian con cambios en

los desempeños y aspectos de la salud, así como con diferencias en la estructura y/o función del cerebro.

En el presente capítulo describiremos dos de los mecanismos que han sido caracterizados como centrales en la relación entre el NSE con las diferencias en los resultados de la vida posterior. Estos son (1) el entorno lingüístico del hogar, que podría afectar el desarrollo del lenguaje y la alfabetización, así como la función cerebral del lenguaje; y (2) la exposición crónica al estrés, que podría impactar al desarrollo de la atención y de las habilidades autorregulatorias, así como las redes cerebrales que subyacen a las mismas (e.g., Ursache & Noble, 2016; Pakulak et al., 2018). La evidencia actual sobre estos sistemas neurales y los mecanismos involucrados, y en particular la plasticidad neural asociada con los procesos de atención selectiva, incluyen una serie de estudios que pasan de la investigación básica acerca de los efectos de la atención selectiva en el procesamiento neural, a la investigación sobre intervenciones que analizan la posibilidad de modificación de estos procesos en niños y niñas de hogares con NSE bajo.

En las secciones siguientes comenzaremos revisando brevemente las asociaciones entre las disparidades socioeconómicas con dos aspectos centrales del desarrollo (i.e., lenguaje y atención/autorregulación), así como su relación con aspectos vinculados a los ambientes de crianza. A continuación, describimos el desarrollo de un programa que ha pasado de la investigación básica sobre la plasticidad neural de la atención selectiva al diseño, implementación y evaluación de una intervención de dos generaciones (i.e., incluye el trabajo con niños y niñas de edad preescolar en situación de pobreza y a sus padres ocuidadores). Tal intervención destaca el rol del ambiente de crianza para influir tanto el entorno lingüístico como el nivel de estrés familiar y la autorregulación en los niños y niñas. Al

considerar ambos mecanismos (i.e., ambiente lingüístico y estrés) en los ambientes de crianza, se ha demostrado que esta intervención produce cambios positivos en los niños y niñas de hogares con NSE más bajos, en diferentes aspectos del desarrollo (e.g., índice neural de atención selectiva) así como también en modificaciones positivas en las conductas y percepciones de los padres. Finalmente, se describe una adaptación cultural de esta intervención para su implementación con familias de habla hispana en los Estados Unidos y Colombia, así como también un proyecto más amplio en el que se propone un modelo de intervención para su implementación a gran escala por fuera de contextos de investigación. Este modelo de implementación a gran escala se orienta en mayor medida a la reducción del estrés al aumentar el grado de coherencia entre los ambientes de crianza (i.e., el aula y el hogar). Por último, se consideran algunas preguntas que deberían priorizarse en los estudios del área durante la próxima década, así como el valor profesional de las interacciones interdisciplinarias entre los investigadores que estudian estas preguntas desde diferentes niveles de análisis.

Disparidades socioeconómicas y mecanismos

La desventaja socioeconómica durante la infancia puede tener efectos duraderos, como lo sugieren diferentes estudios que han identificado diversos resultados negativos en etapas posteriores de la vida y que fueron predichos por un contexto hogareño con NSE bajo en etapas tempranas del desarrollo (para una revisión más extensas de este tema, ver Hackman, Farah, & Meaney, 2010; Lipina & Posner, 2012; McEwen & Gianaros, 2010; Pakulak et al., 2018; Ursache & Noble, 2016). Si bien existe variabilidad entre los individuos, es más probable que un niño o niña que crece en la pobreza experimente, por ejemplo, una variedad de problemas de salud mental y física durante la edad adulta, y una reducción en su

esperanza de vida (e.g., McEwen & Gianaros, 2010; Nusslock & Miller, 2016). La desventaja socioeconómica temprana también se asocia con calificaciones académicas, puntajes en pruebas estandarizadas, y tasas de graduación más bajos (e.g., Bradbury, Corak, Waldfogel & Washbrook, 2015; Sirin, 2005). Sin dudas, estas diferencias reflejarían un proceso de equifinalidad en la medida que un conjunto de factores que coexisten y que interactúan entre sí en contextos de desventaja socioeconómica temprana contribuyen con diferencias en los niveles de desarrollo durante el ciclo vital. Entre estos factores se incluyen variaciones en la calidad de la escuela, seguridad del vecindario, nutrición y acceso a la atención médica (e.g., McEwen & Gianaros, 2010; McEwen & McEwen, 2017). Sin embargo, las teorías emergentes señalan a un conjunto de sistemas biológicos integrados que se verían afectados por las condiciones de adversidad temprana, y que podrían subyacer a varios diferentes aspectos del desarrollo asociados con la desventaja socioeconómica temprana (e.g., Lipina & Posner, 2012; McEwen & Gianaros, 2010; Nusslock & Miller, 2016; Pakulak et al., 2018; Ursache & Noble, 2016). El estudio de estos sistemas neurobiológicos, y en particular el modo en que diversos aspectos del entorno pueden modular su desarrollo, podría proporcionar información sobre los mecanismos por los cuales las desventajas socioeconómicas tempranas se integran biológicamente y, en última instancia, afectan diversos aspectos del desarrollo de manera heterogénea.

Asimismo, la identificación de sistemas neurobiológicos más sensibles a la adversidad temprana, así como de los factores ambientales que influyen en su desarrollo, podrían constituir una forma una vía para “correr el telón” de un conjunto de relaciones complejas. Al mismo tiempo, es importante señalar que la identificación de factores ambientales específicos que medien la relación entre el NSE y distintos aspectos del desarrollo durante el

ciclo vital no pretende servir como un enfoque reduccionista para comprender la pobreza. En lugar de ello, este enfoque pretende identificar mecanismos específicos que podrían servir como herramientas en los esfuerzos más amplios para abordar la pobreza. Desde esta perspectiva, dicha investigación tiene el potencial de proporcionar abordajes inmediatos y basados en la evidencia, y que puedan ser implementados en múltiples niveles de la sociedad, desde el entorno familiar hasta la política pública que puede impactar en las escuelas, los vecindarios y las comunidades. Si bien estos enfoques no pretenden ser anécdotas de los efectos perniciosos de la desventaja socioeconómica, los abordajes que se enfoquen en los sistemas neurobiológicos principales en momentos importantes del desarrollo, tienen el potencial de brindar un apoyo positivo y contribuir con atenuar tales efectos en el desarrollo infantil.

En particular, en este capítulo destacamos dos sistemas centrales, el lenguaje y el sistema autorregulatorio atencional, que han sido el foco de muchas investigaciones en neurociencia cognitiva en general, así como de estudios específicos de pobreza y desarrollo infantil en particular (e.g., Hackman & Farah, 2008; Hackman et al. al., 2010; Noble, Norman, & Farah, 2005; Ursache & Noble, 2016). Aunque tanto los autores del presente capítulo como otros investigadores con frecuencia discuten sobre los mecanismos diferenciales por los cuales la experiencia temprana afectaría el lenguaje versus la atención (Brito & Noble, 2014; Noble, Houston, Kan & Sowell, 2012), es importante señalar que existe cierta superposición e interacción entre los mecanismos (e.g., Ursache & Noble, 2016), de manera que las estrategias orientadas a un mecanismo podrían finalmente beneficiar múltiples dominios (Stevens & Pakulak, en prensa).

Lenguaje

De acuerdo con los resultados de diversos estudios existen amplias y crecientes brechas en el logro académico¹³ en función del NSE (e.g., Bradbury et al., 2015). Se ha planteado la hipótesis de que las diferencias en las habilidades lingüísticas y de alfabetización son una de las disparidades cognitivas centrales que subyacen a las brechas generales en la consecución de logros, ya sea como resultado de habilidades lingüísticas limitadas o de una falta de concordancia entre las habilidades lingüísticas de los niños y niñas de hogares con NSE bajo y las habilidades para el aprendizaje escolar (e.g., Hoff, 2013). Los sistemas neurales que subyacen al lenguaje, y en particular los relacionados con la fonología y la gramática, muestran una gran plasticidad neural al inicio del desarrollo (Stevens & Neville, 2014); y, en consecuencia, son sensibles a las diferencias en las experiencias tempranas asociadas con la adversidad pero también, como se explica a continuación, modificables por intervenciones.

La adversidad temprana se ha asociado durante mucho tiempo con desempeños bajos en tareas con demandas de lenguaje (para revisiones más extensas, ver Perkins, Finegood, & Swain, 2013; Ursache & Noble, 2016). Un estudio innovador de Hart y Risley (1995) mostró diferencias socioeconómicas tanto en la cantidad y la naturaleza de la información del lenguaje escuchado por los niños y niñas, como en las tasas de incremento de vocabulario. Los niños y niñas que crecían en hogares con NSE bajo tenían más probabilidades de escuchar directivas, preguntas de respuesta sí/no y críticas; y también mostraron un crecimiento de vocabulario más lento entre el año y los 3 años de edad en comparación con pares con padres profesionales. Este patrón de resultados se ha replicado para el estudio de la adquisición de

¹³ En inglés: *achievement gap* (Nota de los Editores).

vocabulario (Hoff, 2003) y se extendió a la adquisición de sintaxis compleja (Huttenlocher, Vasilyeva, Cymerman, & Levine, 2002). En ambos casos, las contribuciones del lenguaje de los padres explicaron estas diferencias en la adquisición del lenguaje. Los datos del último estudio mostraron además una asociación similar entre la contribución del lenguaje del maestro y el desarrollo sintáctico de los niños y niñas, lo cual sugiere que estas diferencias operan, al menos en parte, a través de la exposición ambiental.

Las diferencias en las habilidades del lenguaje como una función del NSE emergen antes del comienzo de la educación formal y se extienden y amplifican a lo largo de los años escolares (Bradbury et al., 2015). En un trabajo reciente, Fernald y colegas encontraron además que el NSE predecía tanto el vocabulario como la eficiencia del procesamiento de palabras a los 18 meses de edad, así como también la trayectoria de estas habilidades; por lo que los niños y las niñas con antecedentes de NSE más bajo se estimaba que se encontraban seis meses por detrás de sus pares de hogares con NSE más alto en la eficiencia del procesamiento de textos a los 24 meses de edad (Fernald, Marchman, & Weisleder, 2013). Asimismo, existe evidencia que sugiere que entre los sistemas cognitivos, los resultados del lenguaje son particularmente vulnerables a las condiciones de NSE bajo. Por ejemplo, los estudios que han incluido la evaluación de múltiples sistemas cognitivos a la vez sugieren que los mayores efectos del NSE se observan en los resultados del lenguaje, en comparación con otros sistemas (Farah et al., 2006; Noble, McCandliss, & Farah, 2007; Noble, Norman, & Farah, 2005). Sin embargo, con estos estudios es importante tener en cuenta que las evaluaciones de los sistemas del lenguaje generalmente usan medidas establecidas con propiedades psicométricas fuertes (e.g., alta confiabilidad), lo que puede hacer que estas pruebas sean más sensibles a las diferencias grupales en los resultados del lenguaje en comparación con las de

otros sistemas cognitivos.

También se ha verificado que el NSE sería responsable de la variabilidad en la estructura y función de los sistemas neurales que son importantes para el lenguaje tanto en niños y niñas como en adultos. Estructuralmente, los niños y niñas de cinco años presentan diferencias en el volumen de la sustancia gris y blanca en el giro frontal inferior izquierdo, un área del cerebro que media aspectos del procesamiento semántico, sintáctico y fonológico, en función del NSE (Raizada, Richards, Meltzoff, & Kuhl, 2008). El mismo estudio encontró que el NSE predijo la especificidad funcional del hemisferio izquierdo para la conciencia fonológica, una habilidad importante para el desarrollo de la lectura. El NSE también predeciría el volumen de corteza en los giros frontales superiores e inferiores temporales izquierdos, y existe evidencia de que estas diferencias aumentarían con la edad (Noble et al., 2012). Además, un estudio reciente identificó que el NSE estaba asociado con una reducción del área de la superficie cortical en múltiples regiones neurales, incluido el giro frontal inferior de manera bilateral (Noble et al., 2015). Por otra parte, en adultos, la privación socioeconómica a nivel del vecindario puede predecir el grado de adelgazamiento cortical en áreas bilaterales relacionadas con el lenguaje (i.e., giro perisilviano posterior) (Krishnadas et al., 2013); y retrospectivamente, el NSE durante la infancia puede predecir el desempeño en tareas con demandas de lenguaje y la respuesta neural temprana a la sintaxis en el área frontal izquierda en adultos monolingües de diversos contextos socioeconómicos (Pakulak & Neville, 2010).

Si bien la evidencia correlacional descrita anteriormente debe interpretarse con cautela, estos hallazgos sugieren que las disparidades identificadas en el desarrollo del lenguaje asociadas con la adversidad temprana relacionada con el NSE surgen temprano y pueden durar hasta la edad adulta. Dada la importancia

de las habilidades lingüísticas para el logro académico general, estos resultados también sugieren que el lenguaje puede ser una habilidad fundamental sobre la cual podría hacerse foco en etapas tempranas del desarrollo. Además, el rol fundamental del entorno lingüístico proporcionado por los cuidadores sugiere que este mecanismo podría ser una vía posible para abordar las disparidades lingüísticas a través de intervenciones. En tal sentido, se suma a lo anterior la evidencia de que tanto el lenguaje de los padres como las habilidades lingüísticas del niño y la niña son modificables por intervención.

Atención y autorregulación

El segundo aspecto central del desarrollo que ha sido implicado en investigaciones previas de la neurociencia cognitiva sobre las disparidades socioeconómicas es la autorregulación atencional. Como construcciones complejas, la atención y la autorregulación incluyen una serie de procesos que las componen. Por ejemplo, los modelos de atención generalmente reconocen la importancia de un nivel básico de activación y una selección de estímulos específicos para un procesamiento posterior, que incluye tanto el aumento de las señales seleccionadas (mejora de la señal) como la supresión de información irrelevante (supresión de distractor). Con respecto a la autorregulación, se la define principalmente como la regulación voluntaria de la atención, la emoción y la función ejecutiva a los efectos de las acciones dirigidas a un objetivo (Blair & Raver, 2012, Blair & Raver, 2015). Las funciones ejecutivas incluyen un conjunto diverso de procesos psicológicos, en particular el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva (e.g., Diamond, 2006; Diamond, 2013). Es importante destacar que la atención y la autorregulación son sistemas fundamentales para el aprendizaje en diferentes dominios (Blair & Raver, 2015; Stevens & Bavelier, 2012), y muestran una plasticidad relativamente mayor

en comparación con otros sistemas neuronales (Stevens & Neville, 2014). Más allá del alcance del presente capítulo, también es importante tener en cuenta que una red neural integrada que subyace a la atención y a la autorregulación -incluida la corteza prefrontal (CPF), el hipocampo y la amígdala- también es crucial para diferentes aspectos de la salud y el funcionamiento del sistema inmunológico, y por lo tanto, podría vincularse a la diversidad de resultados asociados con la adversidad socioeconómica temprana (e.g., Nusslock & Miller, 2016; Pakulak et al., 2018).

Al igual que con las medidas del lenguaje descritas anteriormente, las medidas conductuales de la atención y la autorregulación también muestran diferencias en función de los antecedentes socioeconómicos que emergen temprano y son evidentes hasta la edad adulta. Con frecuencia estos estudios han estudiado habilidades específicas consideradas parte de la atención y la autorregulación, como el control inhibitorio, el cambio del foco de atención, el control inhibitorio y la memoria de trabajo (Blair et al., 2011; Farah et al., 2006; Mezzacappa, 2004; Noble, McCandliss, & Farah, 2007; Noble et al., 2005; Sarsour et al., 2011). Estas disparidades son evidentes a lo largo de la vida, emergen en la infancia (Lipina, Martelli, Vuelta & Colombo, 2005) y también se han verificado desde la niñez (Noble et al., 2007; Noble et al., 2005) hasta la edad adulta (Evans & Schamberg, 2009). Además, la cantidad de tiempo que un niño o niña vive en la pobreza al inicio del desarrollo puede predecir el desempeño en las tareas con demanda de funciones ejecutivas a los cuatro años, lo cual sugiere una relación gradual entre la exposición a la pobreza y los resultados en el desarrollo (Raver, Blair & Willoughby, 2013). Asimismo, los estudios que han analizado o revisado múltiples dominios cognitivos sugieren que, en algunos casos, además del lenguaje, la atención y la autorregulación muestran las mayores disparidades socioeconómicas (e.g., Hackman et al., 2010; Noble et

al., 2005; Ursache & Noble, 2016).

Numerosos estudios previos sugieren además que el NSE también se asocia con diferencias en la estructura y función de los sistemas neurales que son importantes para la atención y la autorregulación. En particular, la adversidad socioeconómica se asocia con diferencias estructurales en la CPF (Noble et al., 2015; Noble et al., 2012; Raizada et al., 2008), la amígdala (Luby et al., 2013; Noble et al., 2012), y el hipocampo (para una revisión extensa, ver Brito & Noble, 2014; Hanson, Chandra, Wolfe, & Pollak, 2011; Jenkins, Belanger, Connally, Boals, & Durón, 2011; Noble et al., 2015; Noble et al., 2012). Asimismo, existe evidencia de estudios que utilizan neuroimágenes que sugiere que las diferencias en el NSE también se asocian con diferencias en la activación funcional y la conectividad entre estas regiones. Por ejemplo, un estudio reciente de niños y niñas de 7 a 12 años de edad verificó que la adversidad temprana se asoció con una conectividad negativa reducida entre la CPF y la amígdala y el hipocampo, lo que sugiere un control descendente de estas regiones en niños y niñas con antecedentes de NSE más bajos (Barch et al., 2016). Las disparidades iniciales de NSE también se han asociado con un peor desempeño y una mayor activación de la CPF en una tarea de aprendizaje de reglas novedosas, lo cual sugiere que la adversidad temprana podría resultar en un funcionamiento menos eficiente de la CPF (Sheridan, Sarsour, Jutte, D'Esposito & Boyce, 2012). Además, un estudio electrofisiológico reciente indica que el NSE bajo se asociaría con una reducción de la negatividad relacionada con el error, y con la banda de frecuencia *theta* en regiones frontales en niños y niñas pequeños, que se considera que indexan el funcionamiento de los aspectos de las funciones ejecutivas que involucran a la CPF y en particular la corteza cingulada anterior (Conejero, Guerra, Abundis, Guitiérrez, & Rueda, 2018).

En consistencia con múltiples investigaciones realizadas con modelos animales, estudios desarrollados en modelos con humanos sugieren que el vínculo con un cuidador sensible y afectuoso puede potencialmente atenuar los efectos de la adversidad temprana en estos sistemas regulatorios fundamentales (e.g., Stevens & Pakulak, en prensa). En particular, la sensibilidad y capacidad de respuesta de los padres son importantes para el desarrollo de una relación de apego segura, que a su vez es central para el desarrollo de sistemas neurobiológicos que sostienen la autorregulación (e.g., Gunnar, Brodersen, Nachmias, Buss & Rigatuso, 1996). Un estudio retrospectivo encontró que niveles altos de afectividad de los cuidadores al inicio del desarrollo podría actuar como factor de protección contra los problemas de salud a largo plazo asociados con la adversidad temprana (Miller, Chen & Parker, 2011). Sin embargo, los múltiples aspectos de los ambientes asociados con la adversidad socioeconómica aumentan la cantidad de estrés que experimentan los padres, lo cual se ha encontrado que reduce la probabilidad de brindar una atención sensible a los hijos e hijas y el desarrollo de vínculos seguros, lo que a su vez aumenta la posibilidad de interacciones estresantes con los cuidadores (e.g, Blair & Raver, 2012; Meaney, 2010). La evidencia también sugiere que distintos aspectos de la crianza se asocian con diferencias estructurales en los sistemas cerebrales mencionados anteriormente, ya que la crianza de los padres a la edad de cuatro años predice el volumen del hipocampo en la adolescencia de aquellos con antecedentes de NSE más bajos (Rao et al., 2010), y el apoyo parental media los efectos de la adversidad temprana en la estructura del hipocampo (Luby et al., 2013).

En conjunto, estos datos sugieren que, al igual que con las medidas del lenguaje, los resultados relacionados con la atención y la autorregulación muestran diferencias en función del NSE. Además, al igual que con el lenguaje, la atención y la

autorregulación son sensibles a las diferencias en la crianza. En tal sentido ha planteado la hipótesis de que servirían como habilidades fundamentales con el potencial de influir en el procesamiento en una variedad de dominios así como predecir los logros académicos (Blair y Raver, 2015; Stevens & Bavelier, 2012). A continuación, describimos el trabajo del Laboratorio de Desarrollo Cerebral (Brain Development Lab, BDL), de la Universidad de Oregon, que evolucionó desde un enfoque en la plasticidad de los sistemas neurales de la atención selectiva al estudio de intervenciones que analizan la maleabilidad de estos sistemas en niños y niñas de hogares con NSE bajos.

De la investigación básica a la traslacional

Plasticidad neural de la atención selectiva

Durante los últimos 15 años el grupo de investigación del BDL ha sido parte de un programa de investigación centrado en el estudio del desarrollo y la plasticidad de la atención selectiva (para revisiones, ver Isbell et al., 2017; Stevens & Neville, 2014). El término "atención selectiva" se refiere a la capacidad de seleccionar y procesar de manera preferencial información específica del entorno al mismo tiempo que suprimir el procesamiento de distractores irrelevantes y competitivos; que por lo tanto involucra muchas habilidades secundarias que son parte de la atención y la autorregulación (por ejemplo, control inhibitorio, supresión de distractores, mejora de la señal). Hemos focalizado nuestros estudios en la atención selectiva porque es una habilidad que tiene el potencial de impactar el funcionamiento en una variedad de dominios. En este sentido, consideramos que la atención selectiva actúa como un "multiplicador de fuerza" que puede tener impactos de gran alcance en diferentes aspectos de la cognición. Así lo sugieren los resultados de diferentes estudios que indican que el desempeño en tareas de atención selectiva se ha relacionado tanto

con los desempeños académicos en general (e.g., Stevens & Bavelier, 2012), como con habilidades cognitivas específicas como la segmentación del habla, la memoria de trabajo y la inteligencia no verbal (e.g., Astheimer & Sanders, 2012; Giuliano, Karns, Neville, & Hillyard, 2014; Isbell, Wray, & Neville, 2016).

Por medio de un paradigma de ERP hemos podido documentar que los niños y niñas de tres años con un desarrollo típico pueden modular el procesamiento neural asociado con la atención selectiva (Coch, Sanders & Neville, 2005; Sanders, Stevens, Coch & Neville, 2006). En estos estudios, la modulación atencional de las respuestas neuronales fue evidente a los 100 ms de procesamiento, lo que sugiere que los niños y niñas, al igual que los adultos, mostraron efectos relativamente tempranos de la atención selectiva en el procesamiento neural. Sin embargo, posteriormente observamos que algunos grupos de niños y niñas no mostraron estos mismos efectos robustos de la atención selectiva en el procesamiento neural. Esto incluyó a niños y niñas con dificultades de lenguaje específicos o con habilidades de pre-alfabetización bajas (Stevens et al., 2013; Stevens, Sanders, & Neville, 2006).

A pesar de ello, nuestros hallazgos más notables fueron las diferencias en los efectos de la atención selectiva en el procesamiento neuronal en función de los antecedentes socioeconómicos de los niños y niñas. En ambas muestras de preescolares (Giuliano et al., en prensa; Hampton Wray et al., 2017) y en la primera infancia (Stevens, Lauinger & Neville, 2009), encontramos que un NSE más bajo se asoció con efectos reducidos o ausentes de la atención selectiva en el procesamiento neural temprano. Independientemente, otro grupo de investigación demostró disparidades similares del NSE en una muestra de adolescentes (D'Angiulli, Herdman, Stapells, & Hertzman, 2008). Además, estos estudios de electrofisiología permitieron un cierto

grado de especificidad sobre los mecanismos involucrados: en todos los casos, las diferencias socioeconómicas en la atención selectiva fueron específicas respecto a la reducción en la habilidad de supresión de la información distractora del entorno, en lugar de mejorar la información relevante para la tarea (D'Angiulli et al., 2008; Giuliano et al., en prensa; Hampton Wray et al., 2017; Stevens, Fanning, & Neville, 2009).

Al mismo tiempo, obtuvimos evidencia que sugiere que estos mecanismos neurales eran modificables, con mejoras de los efectos de la atención selectiva en el procesamiento neural en algunas circunstancias. Por ejemplo, los individuos nacidos congénitamente sordos o ciegos mostraron mayores efectos de atención selectiva en las modalidades restantes (Neville & Lawson, 1987; Röder et al., 1999). Del mismo modo, identificamos que cuando los niños y niñas recibían una instrucción intensiva de lenguaje o alfabetización que mejoraba efectivamente la habilidad específica, también observábamos aumentos en los efectos de la atención selectiva en el procesamiento neural (Stevens, Fanning, Coch, Sanders & Neville, 2008; Stevens et al., 2013). Esto planteó la hipótesis de que podríamos desarrollar intervenciones dirigidas directamente a la atención selectiva, en lugar de hacerlo de manera tangencial, y de modo que se podría utilizar alguna de las vías descritas anteriormente que vinculan la adversidad temprana con el lenguaje y la atención/autorregulación. Sin embargo, este trabajo se realizó reconociendo que el objetivo no era necesariamente "remediar un sistema deficiente", sino más bien ayudar a los niños y niñas a desplegar una habilidad que puede ser particularmente importante en el aula. De hecho, la supresión de información ambiental podría resultar adaptativa en entornos más caóticos asociados con adversidades tempranas, pero inadaptada en un entorno de aula (Blair & Raver, 2012; Blair & Raver, 2015). Como se analiza a continuación, estas observaciones condujeron a

diferentes hipótesis sobre el entrenamiento de estos sistemas centrales.

Desarrollo de una intervención basada en la evidencia

El trabajo descrito anteriormente, y en particular nuestra investigación básica sobre la atención selectiva, nos condujo a considerar el diseño de intervenciones que podrían orientarse de manera específica a la optimización de la atención y la autorregulación. Planteamos la hipótesis de que apuntar a estos sistemas centrales en momentos claves del desarrollo de las redes neurales podría tener beneficios, posiblemente en múltiples dominios. Junto con un grupo de educadores y un gran equipo de investigadores (Neville et al., 2008; Neville et al., 2013), trabajamos para desarrollar una intervención basada en la evidencia orientada a estos mecanismos clave en niños y niñas de hogares con NSE bajos.

La investigación sobre la importancia de la crianza y del ambiente hogareño sugirió que trabajar directamente con los padres sería una forma fundamental para identificar múltiples mecanismos centrales, específicamente aquellos relacionadas tanto con el entorno lingüístico como con el estrés familiar. Ello fue informado en un trabajo central de Phil Fisher y sus colegas en el Centro de Aprendizaje Social de Oregón (Oregon Social Learning Center, OSLC), quienes mostraron una reducción del estrés en los padres adoptivos y patrones de cortisol diurnos normalizados en niños y niñas adoptados, luego de una intervención orientada a los padres, enfocada en la regulación del estrés familiar a través de estrategias que apoyan el refuerzo positivo, la disciplina consistente y el monitoreo de los estados y actividades del comportamiento infantil (Fisher, Gunnar, Chamberlain & Reid, 2000; Fisher & Stoolmiller, 2008; Fisher, Stoolmiller, Gunnar, &

Burraston, 2007).

Una serie de estudios piloto realizados por investigadores del programa Head Start¹⁴ dio como resultado el desarrollo de una intervención orientada a dos generaciones, que involucró el trabajo simultáneo con padres e hijos e hijas. Las actividades de entrenamiento con los niños y las niñas fueron realizadas en pequeños grupos, e incluyeron actividades dirigidas a mejorar la atención, la autorregulación y la regulación del estrés. La intervención también incluyó actividades con los padres con el objetivo de modificar el ambiente de crianza, alentándolos a monitorear y cambiar su uso del lenguaje con los niños y niñas, así como también reducir el estrés al mejorar la consistencia y la previsibilidad. El módulo de intervención para padres se adaptó en parte del trabajo realizado por el centro OSLC (Fanning, 2007; Reid, Eddy, Fetrow, & Stoolmiller, 1999) y consistió en procedimientos orientados a fomentar factores de protección familiar y estrategias dirigidas a la regulación del estrés familiar, disciplina basada en la contingencia, el uso del lenguaje de los padres, y la capacidad de respuesta interactiva y facilitación de la atención infantil. El módulo de intervención para padres también se articuló con las actividades de entrenamiento de los niños y niñas, cuyos ejercicios fueron desarrollados en una serie de estudios piloto previos (Neville et al., 2008). Las actividades fueron presentadas en grupos pequeños de niños y niñas diseñados para mejorar la regulación de la atención y los estados emocionales, tal como se describe con más detalle a continuación. Esto también brindó la oportunidad de comparar directamente dos modelos de acción que diferían en el equilibrio relativo entre el modelo de intervención centrado en los padres y el modelo de intervención centrado en los niños y las niñas. Si bien ambos modelos incluían tanto un componente parental como uno

¹⁴ <https://eclkc.ohs.acf.hhs.gov/es>

infantil, comparamos un modelo que incluía relativamente más tiempo trabajando con los padres (y, por lo tanto, probablemente influyendo en el entorno de crianza) con un modelo que implicaba más tiempo con actividades dirigidas al niño o niña, pero menos tiempo de trabajo directo con los padres. Dado el papel del ambiente hogareño, se propuso que el modelo centrado en los padres produciría mayores efectos.

La evaluación inicial del estudio incluyó la comparación del desempeño previo y posterior a la implementación de la intervención en un grupo que recibió durante ocho semanas estos dos módulos de intervención (i.e., para padres y para niños y niñas), con un grupo de control pasivo que recibió Head Start, sin programación adicional (Neville et al., 2013). Nos enfocamos en el análisis de la información de niños y niñas con un desarrollo típico, y monolingües ($n = 141$) y sus padres, tutores o cuidadores (en adelante, "padres"), quienes participaron en el programa Head Start (familias por debajo de la línea nacional de pobreza). Las familias fueron asignadas al azar a uno de tres grupos de estudio: el modelo centrado en los padres, el modelo centrado en el niño o la niña, o únicamente Head Start. Los resultados indicaron que el grupo que presentó mayores impactos en múltiples dominios fue el modelo centrado en los padres, "Padres e hijos que hacen conexiones - Destacando la atención" (Parents and Children Making Connections – Highlighting Attention, PCMC-A), y revelaron cambios positivos en los mecanismos y sistemas específicos sobre los que se focalizó (i.e., entornos de crianza relacionados con el lenguaje y el estrés). También encontramos mejoras en los turnos conversacionales de los padres con sus hijos o hijas, un aspecto del comportamiento del lenguaje que predice un buen desarrollo de este dominio cognitivo. Los padres que recibieron PCMC-A también informaron reducciones en el estrés, lo que sugiere que las intervenciones de dos generaciones tienen el

potencial de cambiar el ambiente de crianza en formas que pueden beneficiar a los niños y niñas, y también a los padres.

Usando medidas de auto-reporte de los padres, también se identificaron reducciones en las conductas problemáticas de los niños y niñas y mejoras en las habilidades sociales. Asimismo, se encontró que los niños y niñas asignados al azar al grupo PCMC-A mostraron mejoras significativamente mayores en el lenguaje receptivo y el coeficiente intelectual no verbal en comparación con los niños y niñas en cualquiera de los otros dos grupos de comparación. Tal vez, lo más sorprendente es que los niños y las niñas asignados al grupo PCMC-A también mostraron mejoras en la función cerebral para la atención selectiva, de modo que después del programa de ocho semanas su función cerebral se parecía más a la de sus pares de hogares con NSE más altos (Figura 1). Por lo tanto, se pudieron identificar cambios tanto en mecanismos clave por los cuales se formula la hipótesis de que la adversidad temprana afecta el desarrollo de sistemas importantes para el lenguaje y la atención/autorregulación, así como mejoras conductuales y neurofisiológicas en estos sistemas.

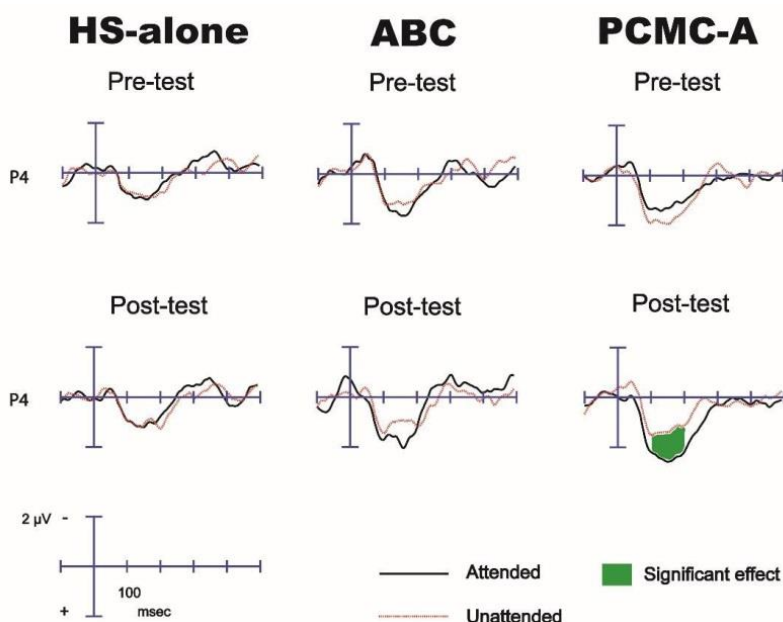


Figura 1 - Incrementos significativamente mayores en la función cerebral para la atención selectiva (100-200 ms) en niños y niñas del grupo PCMC-A en comparación con el grupo del programa Head Start y el centrado en el niño y la niña o ABC, en formas de onda representativas del electrodo centro-parietal P4. *Nota:* msec=milisegundos; μV =microvoltios; *Attended*=atendido; *Unattended*=no atendido; *Significant effect*=efecto significativo; *HS-Alone*=Head Start solo; *ABC*=Attention Boost for Children (intervención atencional para niños y niñas); (Reimpreso de Neville et al., 2013).

Este trabajo proporciona un ejemplo de la aplicación de la neurociencia cognitiva al diseño e implementación de una intervención. Esta línea de investigación aplicó tanto los hallazgos como las herramientas de la neurociencia cognitiva a un estudio de intervención enfocado en familias que enfrentan adversidades socioeconómicas. El enfoque en múltiples aspectos del lenguaje, el estrés parental y la función cerebral para la atención selectiva se basó en los resultados de la investigación de la neurociencia

cognitiva, lo que sugiere que estos sistemas neurobiológicos son particularmente sensibles a las diferencias ambientales asociadas con la adversidad temprana, y están mediados por mecanismos asociados con la crianza. Por lo tanto, nuevamente enfatizamos la importancia de cuidar al cerebro en desarrollo. Además, incorporamos algunas evidencias de neurociencia cognitiva en las capacitaciones para padres. Por ejemplo, incluimos una breve discusión de los roles de la amígdala y el hipocampo para ayudar a los padres a comprender lo que sus hijos e hijas puede estar experimentando durante los períodos de saturación emocional. Anecdóticamente, encontramos que los padres respondieron bien a lo que a menudo describían como una comprensión más concreta del cerebro en desarrollo de sus hijos e hijas, así como al modo en que sus acciones afectarían este desarrollo. En las discusiones sobre el cerebro, también enfatizamos su exquisita plasticidad durante el desarrollo, en particular para el lenguaje y los sistemas regulatorios que a menudo eran el foco de las estrategias que se presentan, discuten y practican en las actividades de juego de roles.

La neurociencia cognitiva también ha informado abordajes específicos de intervención. Para tomar un ejemplo del componente infantil considerado en esta intervención, dada la investigación descrita anteriormente sobre los mecanismos de atención selectiva, se trabajó en colaboración con un educador experimentado para desarrollar actividades atractivas para los niños y niñas, y que permitieran entrenar de manera simultánea la mejora de la señal y la supresión del distractor. Estas actividades implicaron que un niño o una niña realizara una tarea exigente de atención, como caminar sobre una línea mientras balancea una bola de plástico en una cuchara, al tiempo que otros niños y niñas brindan activamente distracciones visuales y auditivas (con todos los niños y niñas alternando roles). Esta actividad se extendió

durante el programa de ocho semanas, de manera que los elementos de distracción se intensificaron paulatinamente, por ejemplo, al hacer que los “distractores” se acercaran físicamente y usaran cada vez más actividades de distracción cada semana.

Finalmente, la evaluación directa de la función cerebral para la atención selectiva proporcionó una medida de resultado más proximal que se cree que sería fundamental para otras habilidades. Esto permitió mostrar que este sistema neural era modificable con una intervención centrada en la familia, y que esta maleabilidad era específica del modelo de intervención que implicaba más énfasis en el cuidado general y en los mecanismos asociados con el lenguaje y el estrés, específicamente. Si bien solo es un ejemplo, y requiere replicación y estudios adicionales en otros contextos culturales y de implementación, como se explica a continuación, demuestra la utilidad potencial de la evidencia de la neurociencia cognitiva para generar abordajes orientados a la disminución de los eventuales efectos de las disparidades socioeconómicas.

Ampliación del modelo de intervención

Adaptación cultural

La evaluación inicial descrita anteriormente se limitó a niños y niñas de familias monolingües nativas de habla inglesa. Esto nos permitió realizar una evaluación de “prueba de concepto” en una escala más pequeña, pero no dio como resultado un programa que pudiera implementarse o haber sido probado con la población más amplia de niños y niñas atendidos por el sistema Head Start. En nuestra región (i.e., Oregon), por ejemplo, varios alumnos preescolares provenían de familias de habla hispana y habían sido excluidos de la participación en el estudio inicial. Por lo tanto, buscamos ampliar el programa para trabajar con familias latinas parlantes de español, y para lograr esto fue necesario llevar a cabo una adaptación cultural rigurosa del programa. Este trabajo fue

crítico, ya que para implementar programas exitosos en contextos más amplios, es necesario considerar sistemáticamente cómo las diferencias culturales pueden afectar la aceptación del programa. De hecho, la mayoría de los programas basados en la evidencia para familias se desarrollan y evalúan con participantes que no pertenecen a grupos minoritarios (Dumas, Arriaga, Begle & Longoria, 2010), y la investigación sobre la efectividad de las intervenciones basadas en la familia con poblaciones desfavorecidas y diversas es relativamente escasa (Mejía, Leijten, Lachman & Parra-Cardona, 2016).

Nuestra primera adaptación fue implementada con familias latinas de Oregon que hablan principalmente español. Para ello, empleamos el modelo de Proceso de Adaptación Cultural (PAC) (Domenech Rodríguez & Wieling, 2004), que implica trabajar estrechamente con la comunidad destinataria de la propuesta (e.g., Barrera Jr., Castro, Strycker & Toobert, 2013). Trabajos previos indican que el PAC se ha utilizado con éxito para modificar un programa de capacitación para padres tanto en los EE. UU. (e.g., Domenech Rodríguez, Baumann & Schwartz, 2011) como a nivel internacional (Baumann, Domenech Rodríguez, Amador, Forgatch & Parra-Cardona, 2014). El modelo de tres fases del PAC enfatiza el trabajo en estrecha colaboración con las partes interesadas de la comunidad en un proceso sistemático e iterativo (los detalles de nuestro trabajo de adaptación se pueden encontrar en Pakulak et al., 2017). A modo de ejemplo, se mencionan a continuación dos ejemplos de la adaptación realizada. El modelo PAC implicó buscar los aportes de múltiples grupos focales, y a partir de ellos se informaron varios cambios generales. El primero de ellos fue en el nombre de la intervención, que se cambió a *Creando Conexiones: Familias Fuertes, Cerebros Fuertes*. Otro cambio general fue la suma de media hora de tiempo de socialización en cada reunión de grupos de padres en respuesta a los comentarios

de que las familias latinas se beneficiarían más del formato de grupos pequeños con tiempo adicional para comer y socializar con otros padres y los intervencionistas. En respuesta a los comentarios de que los grupos de padres latinos podrían incluir una mayor variabilidad en los niveles de educación y/o alfabetización, cuando era posible minimizamos la cantidad de palabras en los materiales del plan de estudios para los padres.

La mayoría de los cambios en los materiales curriculares implicaron ajustes en el marco para que las estrategias fueran más apropiadas o relevantes culturalmente. Muchas estrategias del PCMC-A tienen como objetivo ayudar a los padres a cambiar la forma en que usan el lenguaje con sus hijos e hijas, de manera que aumentan la cantidad de atención que los niños y niñas prestan al idioma de los padres y también fomentan un buen desarrollo del lenguaje. Como paso inicial, se proporcionan ejemplos que buscan hacer que los padres estén más conscientes de los patrones de uso de su idioma con sus hijos e hijas. Por ejemplo, con una estrategia centrada en "preguntas sin sentido", en la que la respuesta del niño o la niña no importa, les pedimos a los padres que imaginaran cómo se sentirían si rechazaran la oferta de café de un amigo y luego de eso el amigo insistiera con servirselos. Los comentarios de los grupos focales sugirieron que los padres latinos no se identificarían con este tipo de ejemplos, ya que se consideraría culturalmente grosero no aceptar comida o bebida en la casa de un amigo. Para abordar estas inquietudes, modificamos el ejemplo para que fuese más relevante culturalmente al volver a enmarcarlo para que tuviera lugar en un restaurante donde un camarero insistiría en servir café, a la vez que lograría el objetivo de comunicar el efecto de que se le haga una pregunta sin sentido (Figura 2).

Por qué las Preguntas Sin Sentido no enseñan atención o confianza:

- Las Preguntas Sin Sentido te hacen hablar mucho (gastar su energía)
 - Los niños/as empiezan a 'desentonarse' de sus palabras
 - Tal vez es la razón por cual ellos/as solo empiezan a escuchar cuando usted dice las cosas tres veces (¡y empieza a levantar su voz!)
- Las Preguntas Sin Sentido le dan a los niños un mensaje equivocado
 - Terminamos haciendo lo contrario a la decisión del niño/a ("Bueno prepárate para ir a la cama de todas maneras")
 - Le dicen al niño/a que...
 - ellos/as no son buenos para tomar decisiones
 - ellos/a no son buenos pensadores
- Las preguntas sin sentido no le ayudan a construir relaciones positivas
- Las preguntas sin sentido no le ayudan a que tenga una interacción positiva con su niño/a




Eeek!! ¡NO quería decir eso!



Why MeaningLess Questions do not train attention or self-confidence:

- MeaningLess Questions make you talk too much (wastes your energy)
 - Child starts to 'tune-out' your words
 - Maybe that's why they only start listening when you've said something three times (and your volume goes up!)
- MeaningLess Questions give the child the wrong message
 - We end up reversing the child's choice ("Well get ready for bed anyway")
 - Tells the child that....
 - They are not good Choice Makers
 - They are not Good Thinkers
- MeaningLess Questions do not help you build positive relationships
- MeaningLess Questions do not help you have positive child interactions




Eeek!! Didn't mean to do that!



Figura 2 - Ejemplo de materiales adaptados del módulo de capacitación para padres. El panel superior muestra la versión utilizada con hablantes nativos de inglés monolingües. El panel inferior muestra la versión utilizada en la versión adaptada utilizada con familias de habla hispana (ver el texto para detalles de la adaptación).

Una segunda adaptación también involucró trabajar con familias de habla hispana, pero en un contexto cultural diferente. Como parte de una línea de investigación traslacional en Colombia (e.g., Attanasio et al., 2014), surgió la oportunidad de realizar un estudio piloto en la ciudad de Medellín (Antioquia,

Colombia). Si bien la adaptación local de materiales para familias de habla hispana en Oregón proporcionó una base importante, se presentaron varios desafíos adicionales por diferencias tanto culturales como medioambientales (i.e., Medellín representa un contexto más urbano que Eugene en Oregon). Debido a que es especialmente importante evaluar de manera rigurosa el ajuste de una intervención a la población objetivo cuando se adapta una intervención a un país diferente (Baumann et al., 2014), nuevamente utilizamos el modelo de PAC para esta adaptación. En este caso también se pueden encontrar más detalles de la adaptación para el contexto de Colombia en otra publicación del grupo de investigación (Pakulak et al., 2017). Aquí destacamos la adaptación primaria que resultó de ese estudio, que es ilustrativa de la importancia de una consideración cuidadosa de las diferencias culturales y el trabajo en estrecha colaboración con las partes interesadas en la población destinataria. Tanto en la intervención original de PCMC-A como en la adaptación de Oregón, usamos una metáfora general del automóvil para expresar respeto por las prácticas de crianza heredadas de los padres y otros miembros de la familia, con prácticas de crianza intergeneracionales que se describen como similares a un automóvil que podría ser heredado. Esto se compara en todo el plan de capacitación para padres con las prácticas de crianza de los hijos e hijas heredadas: así como uno puede estar satisfecho con un automóvil heredado, uno puede intentar hacer pequeñas mejoras. De manera similar, un padre puede estar satisfecho en general con las prácticas de crianza heredadas, pero aun así buscar mejoras al agregar "nuevos instrumentos a la caja de herramientas de crianza". Debido a que la mayoría de las familias de hogares con NSE bajo en Medellín no poseen autos, los grupos focales en Colombia identificaron esta metáfora general como problemática. A través de procesos de "lluvia de ideas", se identificó una

metáfora alternativa y culturalmente más apropiada: una receta familiar (es decir, a uno le podría gustar una receta familiar pero aun así buscar hacer mejoras menores). Esta metáfora fue bien recibida en el estudio piloto posterior y, por lo tanto, se conservó y proporcionó un ejemplo de una adaptación del estilo de la intervención para que sea más apropiada culturalmente sin cambiar los componentes subyacentes de la intervención (Figura 3).

Creando Conexiones: Metáfora del carro para la cultura del hogar
Considere la Posibilidad de "Herramientas Generacionales"

◆ Herramientas heredadas de sus padres...abuelos

◆ ¿Que "VEHÍCULO" heredó?

- * ¿Antiguo o viejo?
- * ¿Oxidado?
- * ¿Fuera de alineación?
- * ¿Incómodo?
- * ¿La suspensión no le funciona bien?
- * ¿Qué ocurrirá después? ¿Cuándo se descompondrá?
- * ¿Estable?
- * ¿Seguro?
- * ¿Orgulloso de manejarlo?
- * ¿Puede depender de él, confiable?
- * ¿Es divertido manejarlo?




◆ ¿En qué "VEHÍCULO" quiere usted llevar a su familia?

- * ¿Cómo lo transportará desde aquí hasta allá? ¿Desde hoy y en el futuro?
- * ¿Necesita ponerlo a tono, remodelarlo por completo? ¡Uste decide!

¿Qué hay en su caja de herramientas para padres/madres?



Piense acerca de su "Vehículo Heredado", identifique las partes dañadas, o viejas y rotas.

Pruebe nuevas herramientas, decida si las nuevas herramientas "funcionan" para su familia.

Pula sus herramientas propias que se quedarán en su caja de herramientas.

Creando Conexiones: Metáfora de la receta para la cultura del hogar
Considere la Posibilidad de "Herramientas Generacionales"

♦ Herramientas heredadas de sus madres/padres...abuelas/abuelos

♦ ¿Qué "Receta" heredo?

- * Frijoles ¿con coles o sin coles?
- * ¿Chicharrón o chorizo?
- * ¿Patacón o tajada de maduro?
- * ¿Horas de elaboración o minutos?
- * ¿En fogón de leña o en estufa?
- * ¿Sabroso?
- * ¿Orgulloso de prepararlo en casa?
- * ¿Disfruta cocinando ese plato?
- *
- *
- *
- *




♦ ¿Con qué "Receta" quiere usted alimentar a su familia?

- * ¿Cómo la transmitirá en las diferentes generaciones?
- * ¿Necesita cambiar unos ingredientes o cambiar la receta por completo? ¡Usted decide!

¿Qué hay en su recetario familiar?

Piense acerca de su "Recetario Familiar", identifique los ingredientes o métodos para cocinar que ya no se usen por dificultades de espacio o tiempo.

Pruebe nuevas recetas, decida si las nuevas recetas "funcionan" para su familia.

Tenga a la mano los ingredientes para sus nuevas recetas.



Figura 3 - Ejemplo de materiales adaptados del módulo de capacitación de padres de la adaptación en Medellín (Colombia). El panel superior (página anterior) muestra la versión utilizada con las familias de habla hispana en los Estados Unidos. El panel inferior muestra la versión utilizada en la versión adaptada utilizada con familias colombianas (ver el texto para detalles de la adaptación).

El siguiente paso en este trabajo consistió en un estudio piloto a pequeña escala en el que personal de una institución preescolar recibió capacitación en el programa y se les entregó un plan adaptado para su implementación con 12 familias locales. El objetivo de este estudio piloto fue evaluar si el módulo podría ser implementado por el personal local de Colombia con fidelidad a los componentes centrales, y si las familias colombianas participarían e informarían su satisfacción con el programa. Las evaluaciones confirmaron que el personal local entregó el programa con una alta fidelidad de implementación, lo cual fue importante para demostrar que los intervencionistas socializados en la cultura colombiana podían realizarlo. Además, las familias en el estudio piloto habrían estado entusiasmadas con el programa, ya que 10 de las 12 familias asistieron al 88% de las reuniones de grupos de padres. Los resultados de una evaluación por medio de un cuestionario revelaron una alta satisfacción y uso de las estrategias propuestas, y también proporcionaron una devolución sobre la idoneidad cultural de los materiales. Con esta base, el trabajo futuro podría evaluar si la intervención adaptada conduciría a efectos similares en los resultados para los niños y niñas y sus padres en el contexto de Colombia.

Modelo de intervención escalable

El trabajo anterior demostró que la intervención original del PCMC-A podría adaptarse culturalmente a las familias hispanohablantes en dos contextos culturales diferentes. Sin embargo, una segunda pregunta con respecto a la generalización de la intervención de PCMC-A fue si podría ampliarse para su implementación dentro del programa Head Start. Es decir, en el trabajo del PCMC-A original descrito anteriormente, la intervención fue realizada exclusivamente por personal del grupo de investigación en horario vespertino, fuera del horario regular

del programa Head Start y solo para un subconjunto de estudiantes atendidos por el programa Head Start. Dada la eficacia verificada luego de la implementación del PCMC-A en este contexto (Neville et al., 2013), se buscó desarrollar un modelo de implementación escalable de la intervención, que pudiera integrarse en los servicios existentes del Head Start y fuera posible de ser implementado por el personal de Head Start para todos los estudiantes. Esta "ampliación" tenía el potencial de producir un modelo de intervención que podría ser implementado por el personal de Head Start y, por lo tanto, sería más susceptible de una implementación más amplia por parte de otros servicios de Head Start y de educación preescolar. Para lograr este objetivo, formalizamos y ampliamos nuestra asociación de colaboración con los socios locales de Head Start (se puede encontrar una descripción más detallada de este proceso en O'Neil et al., 2019).

A fin de distinguir el nuevo modelo escalable del PCMC-A, se cambió el nombre adoptando una traducción inversa de Creando Conexiones, nombre utilizado en la adaptación cultural al español (Pakulak et al., 2017). El nombre completo fue “Creando conexiones: Familias fuertes, Cerebros fuertes” (en adelante CC), y capturó los objetivos del programa de mejorar las relaciones entre los padres y sus hijos e hijas y de aumentar el grado de integración entre el aula y el hogar, al tiempo que alude a los mecanismos de la plasticidad dependiente de la experiencia (e.g., sinaptogénesis).

Debido a que el componente secundario de la intervención del PCMC-A original se realizó en grupos pequeños en un contexto de aula, en el modelo escalado se integraron estas actividades directamente en el aula. Dados los resultados mencionados anteriormente, se pretendía mantener y ampliar el énfasis en el estrés familiar. Con este objetivo, integramos un conjunto de estrategias de crianza en el aula, adaptadas para el uso

de los maestros y maestras. Estas fueron enmarcadas como estrategias de manejo en el aula para fomentar el desarrollo positivo del niño y la niña, en una secuencia estructurada para andamiar el desarrollo de las habilidades de interés. Una ventaja potencial de incorporar estas estrategias en el aula fue aumentar la coherencia en los contextos de crianza (i.e., hogar y escuela). Es decir, en la medida en que los padres implementaron algunas de las mismas estrategias que los maestros y maestras estaban usando en las aulas, esperábamos que los niños y niñas experimentaran una reducción del estrés en ambos contextos. Además, dado que los maestros fueron los primeros en introducir estas estrategias en el aula, esperábamos que los niños y niñas respondieran mejor cuando los padres comenzaran a implementarlas, ya que estarían familiarizados con las mismas. Asimismo, esperábamos que esto aumentara el éxito del uso por parte de los padres de estas estrategias sugeridas.

El CC mantuvo el formato de reunión semanal del grupo de padres empleado en PCMC-A. La modificación principal en este componente para su sustentabilidad en el contexto de Head Start fue referido a la cantidad de cuidadores a incluir en los grupos, dado que el formato de grupo pequeño de PCMC-A (es decir, un cuidador por cada 4 a 6 niños) no se consideró adecuado en una implementación masiva como la propuesta. Para esto, se modificó el formato de las reuniones de grupos de padres para incorporar hasta 30 cuidadores con una combinación de instrucciones a grupos grandes y discusiones en grupos pequeños y juegos de roles. Para adaptarse a este cambio y mejorar la sustentabilidad del modelo, las reuniones del componente de padres de CC incluyeron a varios facilitadores de Head Start que llevaron a cabo las discusiones en grupos pequeños después de la instrucción en grupos grandes realizada por uno de nuestros intervencionistas. Este modelo también permitió a los facilitadores seleccionados del

sistema Head Start de Lane County (comuna de la ciudad de Eugene, Oregon) (HSOLC) hacer la transición al rol de intervencionistas principales, mejorando así la sustentabilidad a largo plazo. El componente de padres de CC se implementó durante el invierno del año escolar para facilitar las evaluaciones de impacto. Las medidas de laboratorio se adquirieron durante un período de tres meses en el otoño, antes del inicio del módulo de intervención para padres, y nuevamente durante otro período de tres meses en la primavera.

También ampliamos la batería de evaluación con medidas provenientes de la neurociencia cognitiva y discutidos anteriormente. Dado el papel central del estrés crónico en las asociaciones entre la adversidad temprana y los sistemas cerebrales, que son importantes para la atención y la autorregulación, así como las reducciones en el estrés de crianza reportado por los padres, intentamos evaluar más directamente los efectos hipotéticos de CC en estos sistemas tanto en los niños y niñas como en los padres. Estudios recientes sugieren asociaciones con la adversidad temprana y un aspecto importante de la regulación del estrés, la función del sistema nervioso autónomo (para revisiones sobre este tema, ver Pakulak et al., 2018; Propper & Holochwest, 2013). Se ha encontrado que las medidas electrofisiológicas de la variabilidad de la frecuencia cardíaca serían un biomarcador importante de las diferencias individuales en este sistema (e.g., Hemingway et al., 2005), que se pueden adquirir simultáneamente con medidas de la función cerebral. Para medir la función cerebral de la atención selectiva en niños y niñas y padres, se emplea el paradigma que hemos utilizado con éxito previamente (e.g., Giuliano et al., 2014; Neville et al., 2013), y en adultos también se mide la función cerebral del control inhibitorio empleando una tarea de señal detenida (Berkman, Kahn, & Merchant, 2014). Junto con estas medidas de

la función cerebral tanto en niños y niñas como en padres, estamos adquiriendo simultáneamente evaluaciones electrofisiológicas de ambas ramas de la función del sistema nervioso autónomo.

Además de las medidas más precisas y teóricamente informadas de los resultados de la intervención, estas evaluaciones refinadas ya proporcionan evidencia adicional sobre la relación entre la adversidad temprana y los sistemas de regulación neurobiológicos. Un estudio que empleó datos basales (pre-intervención) de estas evaluaciones en niños y niñas ha replicado y ampliado nuestros hallazgos previos con respecto a la adversidad temprana y la atención selectiva (Giuliano et al., en prensa). Verificamos que el aumento de la exposición a los factores de riesgo socioeconómico se asoció con diferencias en la supresión de distractores en niños y niñas en edad preescolar, como en estudios previos (Stevens et al., 2009). Además, esta relación estaba mediada por la función del sistema nervioso simpático (SNS), lo que sugiere que las relaciones entre NSE y la atención selectiva podrían estar relacionadas al menos parcialmente con la activación crónica del SNS. Estos resultados destacan la importancia de medir simultáneamente las contribuciones simpáticas y parasimpáticas al comportamiento regulatorio, y también ofrecen nuevos mecanismos explicativos con implicaciones para el refinamiento de las teorías sobre la incorporación biológica de experiencias y resultados a lo largo de la vida.

El estudio descrito anteriormente forma parte de una línea sistemática de investigación en nuestro laboratorio, que estudia la relación entre la adversidad temprana y las contribuciones de la fisiología autonómica al desarrollo de mecanismos neurales de la cognición en los niños y niñas. Por lo tanto, además del potencial de la neurociencia cognitiva para informar los esfuerzos para

combatir los efectos de la pobreza en las formas descritas anteriormente, otra forma en que la neurociencia cognitiva es una herramienta valiosa es la capacidad de combinar metodologías para estudiar el funcionamiento cerebral, incorporando otros aspectos de la neurobiología que son sensibles a la adversidad temprana. Dichos enfoques multi-metodológicos podrían proporcionar una mayor especificidad, lo cual a su vez mejoraría nuestra comprensión de los mecanismos de estas relaciones, que a su vez pueden informar los ajustes en las intervenciones que buscan abordar la pobreza basados en la evidencia.

Conclusiones

Abrimos este capítulo con la pregunta sobre qué valor tiene la neurociencia cognitiva para el estudio de las relaciones entre las condiciones socioeconómicas y diferentes aspectos del desarrollo humano. Argumentamos que el uso cuidadoso de los datos de la evidencia neurocientífica podría proporcionar información valiosa sobre los mecanismos por los cuales la desigualdad se traduce en efectos biológicos, se asocia con un rango amplio y dispar de resultados en el desarrollo durante el ciclo vital (e.g., McEwen & Gianaros, 2010; Nusslock & Miller, 2016; Pakulak et al., 2018; Ursache & Noble, 2016), y sobre el potencial de guiar el diseño y la evaluación de programas de intervención. La línea de investigación interdisciplinaria descrita en este capítulo proporciona un ejemplo de tales esfuerzos, en la cual las teorías y los hallazgos que surgen de la investigación en neurociencia se aplicaron al diseño de una intervención de dos generaciones para familias en situación de pobreza. Nuestro enfoque en la atención y el lenguaje surgió en parte por la evidencia provista por la neurociencia cognitiva, al igual que nuestro abordaje de las estrategias de intervención para la familia. En particular, la investigación neurocientífica sobre el papel del estrés crónico en el

desarrollo guió tanto las decisiones iniciales del currículo como los estudios posteriores centrados en una implementación más amplia y una mejor evaluación de la intervención descripta. Es importante destacar que estos estudios incluyeron la colaboración entre personas de diferentes culturas y disciplinas, con especialistas en educación, adaptación cultural, fisiología del estrés y economía, entre otros.

Para finalizar pensamos en un conjunto de preguntas sobre los focos de investigación que deberían priorizarse en las próximas décadas, así como del valor de las interacciones y discusiones interdisciplinarias. En particular, en las próximas décadas, creemos que será la comunicación, el intercambio y la colaboración entre disciplinas, más que los nuevos hallazgos o direcciones de investigación específicos, los aspectos que deberían ser priorizados. Si bien las diferentes disciplinas generalmente usan distintas metodologías y herramientas para sus investigaciones, a menudo hay una sorprendente convergencia en las conclusiones de todos los niveles y enfoques. Un ejemplo de esto son los hallazgos sobre el papel de la fisiología del estrés y la experiencia temprana. En este sentido los aportes de los estudios de estrés y privación con modelos animales es invaluable para demostrar el papel causal de los comportamientos tempranos de crianza en los resultados infantiles, así como para identificar mecanismos neurobiológicos específicos que mediarían estos cambios. Estos hallazgos, a su vez pueden informar cómo conceptualizamos y abordamos algunas disparidades en los estudios con seres humanos. Los modelos de neurociencia que esclarecen los aspectos biológicos vinculados con el NSE, también proporcionan datos empíricos que pueden alejarse de los discursos que caracterizan a la pobreza como un fracaso individual para avanzar hacia aquellos que reconocen las complejas interacciones entre las estructuras sociales y las

características biológicas que dan forma a los resultados observados en una etapa temprana del desarrollo y a lo largo de la vida (e.g, McEwen & McEwen, 2017).

Más concretamente, parte del aumento de la comunicación entre las disciplinas generará una mayor confianza de los equipos interdisciplinarios de investigadores. Cuando hablamos solo con aquellos investigadores que tienen una perspectiva teórica y un enfoque analítico similar, nuestro trabajo puede ser bien recibido, pero también es probable que tenga un impacto más limitado. En la medida en que los estudios involucren la colaboración entre disciplinas (e.g., neurociencia, neurociencia cognitiva, psicología social y del desarrollo, genética, epidemiología, educación en ciencias de prevención e intervención, sociología, economía y políticas públicas), e integren múltiples metodologías (e.g., estrés, fisiología, salud), habrá más posibilidades de logros comunicacionales significativos. Hay varios ejemplos recientes de cómo dichas colaboraciones pueden ampliar los límites de la comunicación interdisciplinaria y la colaboración puede resultar un medio para identificar convergencias entre disciplinas (e.g., McEwen & McEwen, 2017; Perry et al., 2018¹⁵).

También está claro, especialmente en el estudio de la pobreza, que las colaboraciones deben involucrar no solo a investigadores de diferentes disciplinas, sino también a colegas de distintos contextos culturales (e.g., Attanasio et al., 2014; Neville, Pakulak, & Stevens, 2015; Pakulak et al., 2017). La importancia de este trabajo se ve subrayada por la evidencia de que existe una mayor variabilidad intercultural en el comportamiento de lo que se creía anteriormente (Henrich, Heine & Norenzayan, 2010); por lo tanto, sería ingenuo imponer hallazgos y programas de un contexto cultural a otro sin una consideración cuidadosa de las diferencias culturales. Dicha consideración también puede servir

¹⁵ Ver además el capítulo de Perry en este volumen (Nota de los Editores).

de base para un estudio más amplio de la pobreza al dilucidar supuestos mecanismos culturales diferentes mediante los cuales la pobreza podría afectar a los sistemas neurobiológicos, así como a factores de resistencia potencialmente culturalmente específicos que podrían adaptarse a otras culturas. En tal sentido, las discusiones y colaboraciones interdisciplinarias son fundamentales para el progreso del área. En tal sentido, podría plantearse que los verdaderos cambios en la ciencia provendrán de las recomendaciones que surjan de la evidencia convergente. Algo que fue claro durante las discusiones de la Escuela Internacional “*Mente, Cerebro y Educación*” (MBE) sobre “Neurociencia de la Pobreza” en Erice fue la importancia de reconocer explícitamente los diferentes niveles de análisis y enfoques, y de aprender y abarcar el trabajo de otras disciplinas. Esto representa una forma importante de reconocer la convergencia entre disciplinas y la complejidad de un problema. Al hacerlo, esperamos promover una comprensión más amplia del fenómeno en estudio, incluso cuando nuestro énfasis particular podría estar en un nivel de análisis o ser un componente específico de un problema. Al mismo tiempo, como investigadores tendremos focos y abordajes diferentes. Tratar de hacer todo a la vez es imposible, y sin un grado necesario de enfoque, un problema se podría volver completamente intratable. Sostener el valor de la humildad en la construcción del conocimiento implica que un proyecto o estudio de investigación en particular sea considerado solo una pequeña pieza del rompecabezas; y que más allá de “nuestro estudio” también debemos estar dispuestos a involucrarnos en el trabajo de otros. Este compromiso interdisciplinario puede ayudarnos a aportar más matices a nuestro propio trabajo y a nuestra comprensión de si nuestro trabajo se puede relacionar con un contexto más amplio, y en ese caso, de qué manera.

Referencias bibliográficas

- Astheimer, L.B., & Sanders, L.D. (2012). Temporally selective attention supports speech processing in 3-to 5-year-old children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 120-128.
- Attanasio, O.P., Fernández, C., Fitzsimons, E.O., Grantham-McGregor, S.M., Meghir, C., & Rubio-Codina, M. (2014). Using the infrastructure of a conditional cash transfer program to deliver a scalable integrated early child development program in colombia: Cluster randomized controlled trial. *BMJ*, 349, g5785.
- Barch, D., Pagliaccio, D., Belden, A., Harms, M., Gaffrey, M., Sylvester, C., ... Luby, J. (2016). Effect of hippocampal and amygdala connectivity on the relationship between preschool poverty and school-age depression. *American Journal of Psychiatry*, 173, 625-634.
- Barrera Jr, M., Castro, F.G., Strycker, L.A., & Toobert, D.J. (2013). Cultural adaptations of behavioral health interventions: A progress report. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 81(2), 196-205.
- Baumann, A.A., Domenech Rodríguez, M.M., Amador, N.G., Forgatch, M.S., & Parra-Cardona, J.R. (2014). Parent management training-oregon model (pmto™) in mexico city: Integrating cultural adaptation activities in an implementation model. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 21(1), 32-47.
- Berkman, E.T., Kahn, L.E., & Merchant, J.S. (2014). Training-induced changes in inhibitory control network activity. *The Journal of Neuroscience*, 34(1), 149-157.
- Blair, C., Granger, D.A., Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M.T., ... the, F.L.P.I. (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*, 82(6), 1970-1984. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01643.x
- Blair, C., & Raver, C. (2012). Child development in the context of adversity: Experiential canalization of brain and behavior. *American Psychologist*, 67, 309-318.

- Blair, C., & Raver, C.C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology*, 66, 711-731.
- Bradbury, B., Corak, M., Waldfogel, J., & Washbrook, E. (2015). *Too many children left behind: The us achievement gap in comparative perspective*. Russell Sage Foundation.
- Brito, N.H., & Noble, K.G. (2014). Socioeconomic status and structural brain development. *Frontiers in Neuroscience*, 8.
- Coch, D., Sanders, L.D., & Neville, H.J. (2005). An event-related potential study of selective auditory attention in children and adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(4), 605-622.
- Conejero, Á., Guerra, S., Abundis-Gutiérrez, A., & Rueda, M.R. (2018). Frontal theta activation associated with error detection in toddlers: Influence of familial socioeconomic status. *Developmental Science*, 21, e12494.
- D'Angiulli, A., Herdman, A., Stapells, D., & Hertzman, C. (2008). Children's event-related potentials of auditory selective attention vary with their socioeconomic status. *Neuropsychology*, 22, 293-300.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. In E. Bialystok & F. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 70-95): Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Domenech Rodríguez, M.M., & Wieling, E. (2004). Developing culturally appropriate, evidence-based treatments for interventions with ethnic minority populations. In M. Rastogi & E. Wieling (Eds.), *Voices of color: First-person accounts of ethnic minority therapists* (pp. 313-331). Sage, CA: Thousand Oaks.
- Domenech Rodríguez, M.M.D., Baumann, A.A., & Schwartz, A.L. (2011). Cultural adaptation of an evidence based intervention: From theory to practice in a latino/a community context. *American Journal of Community Psychology*, 47(1-2), 170-186.

- Dumas, J.E., Arriaga, X., Begle, A.M., & Longoria, Z. (2010). "When will your program be available in spanish?" adapting an early parenting intervention for latino families. *Cognitive and Behavioral Practice*, 17(2), 176-187.
- Evans, G.W., & Schamberg, M.A. (2009). Childhood poverty, chronic stress, and adult working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(16), 6564-6549.
- Fanning, J. (2007). *Parent training for caregivers of typically developing, economically disadvantages preschoolers: An initial study in enhancing language development, avoiding behavior problems, and regulating family stress*. (PhD Dissertation), University of Oregon, Eugene, OR.
- Farah, M., Shera, D., Savage, J., Betancourt, L., Giannetta, J., Brodsky, N., ... Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*, 1110, 166-174.
- Fernald, A., Marchman, V.A., & Weisleder, A. (2013). Ses differences in language processing skill and vocabulary are evident at 18 months. *Developmental Science*, 16(2), 234-248.
- Fisher, P., Gunnar, M.R., Chamberlain, P., & Reid, J.B. (2000). Preventive intervention for maltreated preschool children: Impact on children's behavior, neuroendocrine activity, and foster parent functioning. *Journal of American Academic Child Adolescent Psychiatry*, 39(11), 1356-1364.
- Fisher, P., & Stoolmiller, M. (2008). Intervention effects on foster parent stress: Associations with child cortisol levels. *Development and Psychopathology*, 20(03), 1003-1021.
- Fisher, P., Stoolmiller, M., Gunnar, M.R., & Burraston, B.O. (2007). Effects of a therapeutic intervention for foster preschoolers on diurnal cortisol activity. *Psychoneuroendocrinology*, 32(8-10), 892-905.
- Giuliano, R., Karns, C., Roos, L., Bell, T., Petersen, S., Skowron, E., . . . Pakulak, E. (in press). Effects of early adversity on neural mechanisms of distractor suppression are mediated by

- sympathetic nervous system activity in preschool-aged children. *Developmental Psychology*.
- Giuliano, R.J., Karns, C.M., Neville, H.J., & Hillyard, S.A. (2014). Early auditory evoked potential is modulated by selective attention and related to individual differences in visual working memory capacity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(12), 2682-2690.
- Gunnar, M.R., Brodersen, L., Nachmias, M., Buss, K., & Rigatuso, J. (1996). Stress reactivity and attachment security. *Developmental Psychobiology*, 29(3), 191-204.
- Hackman, D., & Farah, M. (2008). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Science*, 13, 65-73.
- Hackman, D., Farah, M., & Meaney, M. (2010). Socioeconomic status and the brain: Mechanistic insights from human and animal research. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 651-659.
- Hampton Wray, A., Stevens, C., Pakulak, E., Isbell, E., Bell, T., & Neville, H. (2017). Deveopment of selective attention in preschool-age children from lower socioeconomic status background. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 26, 101-111.
- Hanson, J.L., Chandra, A., Wolfe, B.L., & Pollak, S.D. (2011). Association between income and the hippocampus. *PloS One*, 6(5), e18712.
- Hart, B., & Risley, T. (1995). *Meaningful differencess in the everyday experience of young american children*. Baltimire, M: Paul H. Brookes Publishilng Co.
- Hemingway, H., Shipley, M., Brunner, E., Britton, A., Malik, M., & Marmot, M. (2005). Does autonomic function link social position to coronary risk? The whitehall ii study. *Circulation*, 111(23), 3071-3077.
- Henrich, J., Heine, S.J., & Norenzayan, A. (2010). Most people are not weird. *Nature*, 466(7302), 29-29.
- Hoff, E. (2013). Interpreting the early language trajectories of children from low-ses and language minority homes: Implications for closing achievement gaps. *Developmental Psychology*, 49(1), 4.

- Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., Cymerman, E., & Levine, S. (2002). Language input and child syntax. *Cognitive Psychology*, 45(3), 337-374.
- Isbell, E., Stevens, C., Pakulak, E., Wray, A.H., Bell, T.A., & Neville, H.J. (2017). Neuroplasticity of selective attention: Research foundations and preliminary evidence for a gene by intervention interaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201707241.
- Isbell, E., Wray, A.H., & Neville, H.J. (2016). Individual differences in neural mechanisms of selective auditory attention in preschoolers from lower socioeconomic status backgrounds: An event-related potentials study. *Developmental Science*, 19(6), 865-880.
- Jenkins, S.R., Belanger, A., Connally, M.L., Boals, A., & Durón, K.M. (2011). First-generation undergraduate students' social support, depression, and life satisfaction. *Journal of College Counseling*, 16, 129-142. doi: 10.1002/j.2161-1882.2013.00032.x
- Krishnadas, R., McLean, J., Batty, G.D., Burns, H., Deans, K.A., Ford, I., . . . Sattar, N. (2013). Socioeconomic deprivation and cortical morphology: Psychological, social, and biological determinants of ill health study. *Psychosomatic Medicine*, 75(7), 616-623.
- Lipina, S., Martelli, M., Vuelta, B., & Colombo, J. (2005). Performance on the a-not-b task of argentinian infants from unsatisfied and satisfied basic needs homes. *Interamerican Journal of Psychology*, 39, 49-60.
- Lipina, S.J., & Posner, M.I. (2012). The impact of poverty on the development of brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 238.
- Luby, J., Belden, A., Botteron, K., Marrus, N., Harms, M.P., Babb, C., . . . Barch, D. (2013). The effects of poverty on childhood brain development: The mediating effect of caregiving and stressful life events. *JAMA Pediatrics*, 167(12), 1135-1142.

- McEwen, B.S., & Gianaros, P.J. (2010). Central role of the brain in stress and adaptation: Links to socioeconomic status, health, and disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186(1), 190-222. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05331.x
- McEwen, C., & McEwen, B. (2017). Social structure, adversity, toxic stress, and intergenerational poverty: An early childhood model. *Annual Review of Sociology*, 43, 445-472.
- Meaney, M. (2010). Epigenetics and the biological definition of gene x environment interactions. *Child Development*, 81, 41-79.
- Mejia, A., Leijten, P., Lachman, J.M., & Parra-Cardona, J.R. (2016). Different strokes for different folks? Contrasting approaches to cultural adaptation of parenting interventions. *Prevention Science*, 1-10.
- Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*, 75(5), 1373-1386.
- Miller, G., Chen, E., & Parker, K. (2011). Psychological stress in childhood and susceptibility to the chronic diseases of aging: Moving toward a model of behavioral and biological mechanisms. *Psychological Bulletin*, 137, 959.
- Neville, H., Andersson, A., Bagdad, O., Bell, T., Currin, J., Fanning, J., . . . Yamada, Y. (2008). Effects of music training on brain and cognitive development in under-privileged 3- to 5-year old children: Preliminary results. In M. S. Gazzaniga, C. Ashbur & B. Rich (Eds.), *Learning, arts, and the brain* (pp. 105-116). New York, NY: Dana Press.
- Neville, H., & Lawson, D. (1987). Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task an event-related potential and behavioral study. Iii. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Research*, 405(2), 284-294.
- Neville, H., Pakulak, E., & Stevens, C. (2015). Family-based training to improve cognitive outcomes for children from lower socioeconomic status backgrounds: Emerging themes

- and challenges. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 166-170.
- Neville, H., Stevens, C., Pakulak, E., Bell, T.A., Fanning, J., Klein, S., & Isbell, E. (2013). Family-based training program improves brain function, cognition, and behavior in lower socioeconomic status preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 12138-12143.
- Noble, K., McCandliss, B., & Farah, M. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*, 10, 464-480.
- Noble, K.G., Houston, S.M., Brito, N.H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J.M., . . . Libiger, O. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience*, 18(5), 773-778.
- Noble, K.G., Houston, S.M., Kan, E., & Sowell, E.R. (2012). Neural correlates of socioeconomic status in the developing human brain. *Developmental Science*, 15(4), 516-527.
- Noble, K.G., Norman, M.F., & Farah, M.J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science*, 8(1), 74-87.
- Nusslock, R., & Miller, G.E. (2016). Early-life adversity and physical and emotional health across the lifespan: A neuroimmune network hypothesis. *Biological Psychiatry*, 80(1), 23-32.
- O'Neil, L.V., Pakulak, E., Stevens, C., Bell, T.A., Fanning, J.L., Gaston, M., Gomsrud, M., Hampton Wray, A., Holmes, K.B., Klein, S., Longoria, Z., Reynolds, M.M., Snell, K., Soto, A., & Neville, H. (2019). Creating connections between researchers and educators, *Journal of Cognition and Development*, 20:2, 110-133.
- Pakulak, E., Hampton Wray, A., Longoria, Z., Garcia Isaza, A., Stevens, C., Bell, T., . . . Attanasio, O. (2017). Cultural adaptation of a neurobiologically informed intervention in local and international contexts. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2017(158), 81-92.

- Pakulak, E., & Neville, H. (2010). Proficiency differences in syntactic processing of monolingual native speakers indexed by event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(12), 2728-2529.
- Pakulak, E., Stevens, C., & Neville, H. (2018). Neuro-, cardio-, and immunoplasticity: Effects of early adversity. *Annual Review of Psychology*, 69.
- Perkins, S.C., Finegood, E.D., & Swain, J.E. (2013). Poverty and language development: Roles of parenting and stress. *Innovations in Clinical Neuroscience*, 10(4), 10.
- Perry, R.E., Finegood, E.D., Braren, S.H., DeJoseph, M.L., Putrino, D.F., Wilson, D.A., . . . Investigators, F.L.P.K. (2018). Developing a neurobehavioral animal model of poverty: Drawing cross-species connections between environments of scarcity-adversity, parenting quality, and infant outcome. *Development and Psychopathology*, 1-20.
- Propper, C.B., & Holochwost, S.J. (2013). The influence of proximal risk on the early development of the autonomic nervous system. *Developmental Review*, 33(3), 151-167.
- Raizada, R.D.S., Richards, T.L., Meltzoff, A., & Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *NeuroImage*, 40, 1392-1401.
- Rao, H., Betancourt, L., Giannetta, J., N, B., Korczykowski, M., Avants, B., . . . Farah, M. (2010). Early prenatal care is important for hippocampal maturation: Evidence from brain morphology in humans. *NeuroImage*, 49, 1144-1150.
- Raver, C.C., Blair, C., & Willoughby, M. (2013). Poverty as a predictor of 4-year-olds' executive function: New perspectives on models of differential susceptibility. *Developmental Psychology*, 49(2), 292.
- Reid, J.B., Eddy, J.M., Fetrow, R.A., & Stoolmiller, M. (1999). Description and immediate impacts of a preventive intervention for conduct problems. *American Journal of Community Psychology*, 27(4), 483-517.

- Röder, B., Teder-Sälejärvi, W., Sterr, A., Rösler, F., Hillyard, S.A., & Neville, H.J. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*, 400(6740), 162-166.
- Sanders, L., Stevens, C., Coch, D., & Neville, H.J. (2006). Selective auditory attention in 3- to 5-year-old children: An event-related potential study. *Neuropsychologia*, 44, 2126-2138.
- Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S., & Boyce, W. (2011). Family socioeconomic status and child executive functions: The roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 120-132.
- Sheridan, M., Sarsour, K., Jutte, D., D'Esposito, M., & Boyce, W. (2012). The impact of social disparity on prefrontal function in childhood. *PLoS One*, 7, e35744.
- Sirin, S.R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417-453.
- Stevens, C., & Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(Suppl 1), S30-S48.
- Stevens, C., Fanning, J., Coch, D., Sanders, L., & Neville, H. (2008). Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: Electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children. *Brain Research* (1205), 55-69.
- Stevens, C., Fanning, J., & Neville, H. (2009). *Development and preliminary comparison of two models of preschool attention training*. Paper presented at the IES Research Conference.
- Stevens, C., Harn, B., Chard, D.J., Currin, J., Parisi, D., & Neville, H. (2013). Examining the role of attention and instruction in at-risk kindergarteners: Electrophysiological measures of selective auditory attention before and after an early literacy intervention. *Journal of Learning Disabilities*, 46(1), 73-86.

- Stevens, C., Lauinger, B., & Neville, H. (2009). Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: An event-related brain potential study. *Developmental Science*, 12(4), 634-646.
- Stevens, C., & Neville, H. (2014). Specificity of experiential effects in neurocognitive development. In M. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences v* (pp. 129-142). Cambridge, MA: MIT Press.
- Stevens, C., & Pakulak, E. (in press). The effects of socioeconomic adversity on the developing brain. In Cohen-Kadosh, K. (Ed.), *The Oxford Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Stevens, C., Sanders, L., & Neville, H. (2006). Neurophysiological evidence for selective auditory attention deficits in children with specific language impairment. *Brain Research*, 1111, 143-152.
- Ursache, A., & Noble, K.G. (2016). Neurocognitive development in socioeconomic context: Multiple mechanisms and implications for measuring socioeconomic status. *Psychophysiology*, 53(1), 71-82.

ASOCIACIONES ENTRE EL NIVEL SOCIOECONÓMICO Y EL DESARROLLO DE LA LECTURA: RESULTADOS COGNITIVOS Y MECANISMOS NEURALES

Rachel R. Romeo, Andrea M. Imhof, Parnika
Bhatia, Joanna A. Christodoulou

Introducción

Aprender a leer es uno de los logros más importantes de la primera infancia y contribuye con diferentes aspectos del desarrollo infantil en etapas posteriores del ciclo vital. Incluso antes de ingresar a la escuela, las habilidades básicas de alfabetización de los niños y niñas predicen sus trayectorias académicas posteriores (Duncan et al., 2007; La Paro & Pianta, 2000; Lloyd, 1969, 1978). Durante el aprendizaje de la lectura los niños y niñas expresan diferentes niveles de facilidad y dificultad. En Estados Unidos, entre 5% y

17% de los niños y niñas en edad escolar pueden presentar dificultades en la adquisición de la lectura (Shaywitz, 1998). Las variaciones individuales en las habilidades de lectura de los niños y niñas pueden predecirse a través de factores genéticos, del contexto familiar, académicos y sociodemográficos (para una revisión, ver Peterson & Pennington, 2015). Este capítulo se centra en el análisis de la relación entre el desarrollo de la lectura y el nivel socioeconómico (NSE), con atención tanto a los resultados cognitivos como a los mecanismos neurales involucrados. Primero, describimos el constructo NSE y su relación con el desempeño académico en general y el desarrollo de la lectura en particular. En segundo lugar, examinamos los factores ambientales que potencialmente pueden dar lugar a disparidades socioeconómicas en la lectura, como la exposición temprana al lenguaje, a la alfabetización y el acceso a libros. A continuación, exploramos el vínculo entre el NSE y las dificultades de lectura (DL), que incluyen tanto a los enfoques de intervención como a los de la respuesta a tratamientos. Finalmente, resumimos las preguntas pendientes en el área de estudio y proponemos futuras prioridades de investigación.

Nivel socioeconómico: definición y medición.

El NSE de un individuo se refiere a sus recursos sociales y económicos, y al consiguiente estatus social que surge de estos recursos (Bradley & Corwyn, 2002). El NSE es una construcción compleja, multifacética e intangible, que integra diferentes herramientas de medición que apuntan a capturar distintos aspectos. La medición objetiva del NSE generalmente combina una evaluación de tres niveles: el logro educativo en términos de nivel alcanzado o años de estudio, el ingreso y la ocupación de un individuo (Bradley & Corwyn, 2002; Duncan & Magnuson, 2012; Ensminger & Fothergill, 2003; Green, 1970; U.S. Bureau of the

Census, 1963; Blanco, 1982). Quizá la medida más conocida para medir el NSE desde esta perspectiva sea el Índice de Hollingshead, que combina una suma ponderada de puntajes de educación y ocupación de todos los integrantes adultos de los hogares (Hollingshead, 1975). Otras medidas incluyen NSE a nivel de vecindario (Minh, Muhajarine, Janus, Brownell & Guhn, 2017), relaciones entre ingresos y necesidades a satisfacer (Duncan, Brooks-Gunn & Klebanov, 1994) y análisis de componentes principales de múltiples factores (e.g., Noble, Farah, & McCandliss, 2006a; Noble, Wolmetz, Ochs, Farah, & McCandliss, 2006b). En contraste con las medidas objetivas de NSE, las evaluaciones subjetivas de la condición social miden la posición financiera y social con respecto a las personas de la misma comunidad o país (Adler, Epel, Castellazzo & Ickovics, 2000; Cundiff, Smith, Uchino & Berg, 2013). La investigación infantil se basa en los cuidadores y en el hogar para ofrecer información sobre el NSE, a través de uno o más de los enfoques mencionados.

En la práctica se suelen utilizar una o dos medidas que sirven como aproximación a un índice socioeconómico. No obstante, estos indicadores de NSE no son constructos unitarios con una simple influencia unidireccional en diferentes aspectos del desarrollo infantil. El NSE se correlaciona con diferentes factores del desarrollo que son interdependientes, como por ejemplo el estrés, la nutrición, la exposición a toxinas y violencia, el acceso y la calidad de la atención médica y los recursos educativos. En síntesis, las asociaciones entre el NSE y el desarrollo infantil se entienden mejor dentro de un contexto social, físico y ambiental más amplio.

Brechas en el desempeño académico

Las brechas en los logros académicos¹⁶ (BL) se refiere a la disparidad en el desempeño académico y/o en el logro educativo entre estudiantes de hogares con diferentes orígenes, generalmente por variabilidad en sus antecedentes étnicos o los determinantes socioeconómicos de sus condiciones de vida (Reardon, 2011). La BL ha sido de gran interés para los investigadores desde la década de 1960, cuando una revisión general de la educación estadounidense, como parte de la denominada “Guerra contra la Pobreza”¹⁷, reveló que el determinante más fuerte del éxito educativo de un niño o niña era el hogar familiar (Coleman et al., 1966). Específicamente, los estudiantes blancos y de ingresos más altos obtuvieron puntajes más altos en lectura y matemáticas, en comparación con estudiantes afro-americanos y de hogares con ingresos más bajos (Coleman et al., 1966).

Si bien la BL entre minorías étnicas se ha reducido significativamente en el último medio siglo, la brecha en el logro de ingresos al menos se ha duplicado. Ello se asocia con 1.25 desviaciones estándares más altas en las pruebas estandarizadas, en promedio, para los estudiantes más ricos en comparación con sus compañeros de hogares con NSE más bajas (Reardon, 2011). Asimismo, se han encontrado brechas similares que favorecen a los estudiantes de hogares con NSE más altos en otras medidas académicas que incluyen promedios de calificaciones (Sirin, 2005; White, 1982), tasas de finalización de la escuela secundaria (Brooks-Gunn & Duncan, 1997; Duncan & Magnuson, 2011), e

¹⁶ En inglés: *achievement gap* (Nota de los Editores).

¹⁷ Programa político del presidente norteamericano Lyndon Johnson (1963-1969), que incluía provision de educación preescolar especial para niños y niñas de hogares pobres, así como también de capacitación vocacional para los jóvenes que habían abandonado la escuela y empleos en los servicios comunitarios para los jóvenes que vivían en vecindarios pobres. (Nota de los editores).

ingreso y finalización de estudios universitarios (Bailey & Dynarski, 2011).

A pesar de sus asociaciones con los logros educativos, el impacto del NSE no es uniforme en todos los dominios. Si bien el NSE está significativamente correlacionado con la memoria episódica, y el funcionamiento ejecutivo, los mayores efectos tienden a aparecer en el nivel de desarrollo del lenguaje y en las habilidades de lectura (Farah et al., 2006; Noble, McCandliss, & Farah, 2007; Noble, Norman, & Farah, 2005). Por ejemplo, en un estudio de Noble y colegas (2007) se encontró que el NSE explicaba casi un tercio (32%) de la varianza en las habilidades de lenguaje de los alumnos de primer grado (Noble et al., 2007), casi el doble de todos los otros dominios cognitivos estudiados. Los metanálisis a lo largo de varias décadas de estudio en esta área revelan que el NSE también explica entre el 30% y el 35% de la varianza en medidas de lectura (Sirin, 2005; White, 1982).

Las disparidades socioeconómicas también son evidentes en los subdominios de las habilidades de lectura y pre-lectura. Por ejemplo, niños y niñas de hogares con NSE alto han tenido resultados más positivos en tareas con demandas de conciencia fonológica (Bowey, 1995; Lonigan, Burgess, Anthony & Barker, 1998; McDowell, Lonigan & Goldstein, 2007; Raz & Bryant, 1990); de conocimiento temprano de palabras (Hecht, Burgess, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2000; Smith & Dixon, 1995); de decodificación y lectura temprana de palabras (Hecht et al., 2000; Molfese, Modglin, & Molfese, 2003; Share, Jorm, Maclean, Matthews, & Waterman, 1983; White, 1982), de fluidez y automaticidad (Haughbrook, Hart, Schatschneider & Taylor, 2017; Stevenson, Reed, & Tighe, 2016), y de comprensión lectora (Hart, Soden, Johnson, Schatschneider, & Taylor, 2013; Hecht et al., 2000; MacDonald Wer, 2014). El NSE bajo también se asocia con una trayectoria más lenta en el desarrollo de la alfabetización

durante la escuela primaria (Hecht et al., 2000). Asimismo, en la medida en que los niños y las niñas cursan la transición entre "aprender a leer" y "leer para aprender", las disparidades en la lectura a menudo se transfieren a otras áreas académicas que se basan en el análisis y la comprensión de textos complejos (Chall, 1983; Chall, Jacobs & Baldwin, 1990).

Las brechas en el desempeño en tareas de lenguaje y alfabetización parecen comenzar muy temprano en la infancia, antes de que los niños y las niñas ingresen a la escuela primaria (Ginsborg, 2006; Lee & Burkam, 2002; Ramey & Ramey, 2004). En consecuencia, los niños y las niñas de hogares con NSE alto tienden a comenzar el jardín de infantes mejor preparados y con una base más sólida sobre la cual desarrollar habilidades de alfabetización. De hecho, las brechas en los logros continúan ampliándose a lo largo de la escuela primaria, creando un efecto denominado "Mateo" ("los ricos se hacen más ricos mientras que los pobres se vuelven más pobres") en el que los buenos lectores mejoran más rápidamente, mientras que los lectores con dificultades se quedan más atrás que sus compañeros (Chall et al., 1990; Stanovich, 1986).

Un fenómeno que contribuye con estas brechas se produce fuera del ciclo lectivo escolar tradicional. La "caída del verano" o "diapositiva del verano" se refiere a la tendencia en la cual los niños y las niñas de hogares con NSE bajos son vulnerables a la regresión académica durante los meses de verano, entre los grados de escolaridad primaria (Alexander, Entwisle & Olson, 2007; Cooper, Nye, Charlton, Lindsay & Greathouse, 1996; McCoach, O'Connell, Reis & Levitt, 2006). En algunos estudios se encontró que para el noveno grado, más de la mitad de la brecha entre ingresos y logros académicos podía explicarse por el aprendizaje diferencial de verano durante los años de escolaridad primaria

(Alexander et al., 2007), con importantes disparidades en la lectura durante el verano (Cooper et al., 1996).

Neuroimágenes y NSE

La investigación con neuroimágenes ha permitido profundizar el análisis de las asociaciones entre el desempeño académico, el NSE y la activación de redes neurales involucradas en tales desempeños. Por ejemplo, un estudio en adolescentes de 13 a 15 años de edad de diversos orígenes socioeconómicos mostró que el grosor de la materia gris cortical en los lóbulos occipital y temporal se asoció tanto con el NSE como con el desempeño en pruebas estandarizadas de lenguaje; y que las diferencias corticales en estas regiones representaron casi la mitad de la brecha en el logro de ingresos en los hogares (Mackey et al., 2015). Otro estudio realizado con niños, niñas, adolescentes y jóvenes de 4 a 22 años de edad encontró que las diferencias en el volumen cortical de la materia gris frontal y temporal explicaban hasta el 20% de las brechas en la puntuación de una prueba estandarizada de lenguaje (Hair, Hanson, Wolfe, & Pollak, 2015). Otros estudios han confirmado relaciones similares entre NSE, aspectos estructurales del cerebro y una variedad de dominios cognitivos y/o logros académicos (para revisiones, ver Brito & Noble, 2014; Farah, 2017; Johnson, Riis, & Noble, 2016).

Varios estudios han investigado los mecanismos neurales que subyacen a las disparidades socioeconómicas en las habilidades de lectura. Una herramienta de neuroimagen común es la imagen de resonancia magnética funcional (fMRI), que rastrea el flujo sanguíneo de las regiones cerebrales más activas durante la realización de una tarea cognitiva, como por ejemplo los juicios de rimas o la lectura de palabras y/o pseudopalabras. Estos estudios han encontrado asociaciones significativas entre el NSE y la activación cerebral relacionada con la conciencia fonológica en las

regiones perisilvianas izquierdas de niños y niñas de 5 años (Raizada, Richards, Meltzoff & Kuhl, 2008), así como en niños y niñas de 8 a 13 años (Demir, Prado, & Booth, 2015; Demir-Lira, Prado, & Booth, 2016). Otro estudio con niños y niñas de 6 a 9 años reveló que el NSE moduló la relación entre las habilidades de conciencia fonológica y la actividad cerebral en las regiones fusiformes y perisilvianas izquierdas durante la lectura (Noble, et al., 2006b). En particular, los niños y las niñas de hogares con NSE bajo mostraron una asociación más fuerte que sus compañeros con NSE alto, quienes mostraron una activación fusiforme más alta y puntuaciones de lectura más altas independientemente de sus puntuaciones en las tareas de conciencia fonológica (Noble, et al., 2006a; Noble, et al., 2006b). Esto sugiere que un NSE bajo multiplicaría el efecto de la baja conciencia fonológica para dar como resultado habilidades de decodificación más débiles; mientras que algunos aspectos de los contextos de desarrollo tempranos de los niños y las niñas con un NSE más alto podrían amortiguar los efectos de una habilidad fonológica baja, lo que resultaría en un mayor reclutamiento neural del área perisilviana y mejores resultados de lectura.

Estos estudios cognitivos y de neuroimágenes muestran que las brechas socioeconómicas estarían particularmente generalizadas en las habilidades de lenguaje y alfabetización; y que tales disparidades surgirían mucho antes de que los niños y las niñas ingresan a la escuela primaria. Estos hallazgos plantean preguntas sobre cómo surgen las diferencias de NSE en las habilidades lingüísticas de los niños y las niñas en los primeros años de vida; y qué aspectos específicos de los contextos de NSE altos y bajos influyen en el desarrollo lingüístico y neural. Las respuestas a estas preguntas requieren un examen más profundo de los contextos lingüísticos tempranos en el que se desarrollan los niños y las niñas.

Contribuciones de los contextos de desarrollo a las brechas socioeconómicas en la lectura

Dado que el NSE es una construcción multifactorial que abarca tanto recursos económicos como antecedentes socioculturales, es probable que diferentes aspectos de los entornos de NSE altos y bajos contribuyan de manera diferencial con el aprendizaje temprano de la lectura¹⁸. De hecho, los modelos bioecológicos de desarrollo sugieren que el NSE es un factor distal que presumiblemente afecta el desempeño neurocognitivo de los niños y las niñas a través de influencias ambientales más inmediatas (Bronfenbrenner & Ceci, 1994; Bronfenbrenner & Morris, 1998). Las dos influencias proximales que se han encontrado frecuentemente relacionadas con los resultados de la lectura son la exposición temprana de los niños y las niñas al lenguaje oral, la experiencia de alfabetización y las prácticas de lectura.

El ambiente de alfabetización en el hogar (AA) caracteriza la exposición temprana de los niños y las niñas a los recursos, interacciones y actitudes relacionadas con la alfabetización (Shapiro, 1979). El AA abarca diferentes aspectos como la disponibilidad de libros en el hogar, la frecuencia y la calidad de la lectura de cuentos a niñas y niños pequeños, los esfuerzos de los cuidadores por enseñar conceptos relacionados con la lectura (por ejemplo, el alfabeto), y el modelado de las prácticas de lectura y las actitudes hacia la alfabetización de los miembros de la familia (Payne, Whitehurst, & Angell, 1994; Sénéchal & LeFevre, 2002). Por otra parte, los AA tempranos se asocian con el desarrollo posterior de habilidades orales y escritas, incluyendo vocabulario receptivo y expresivo, comprensión auditiva y conocimiento gramatical, conciencia fonológica, conocimiento de letras, y habilidades de lectura en la escuela (Bracken & Fischel, 2008;

¹⁸ Ver el capítulo de Demir-Lira en este volumen (Nota de los Editores).

Burgess, Hecht & Lonigan, 2002; Bus, van Ijzendoorn & Pellegrini, 1995; Frijters, Barron & Brunello, 2000; Hood, Conlon & Andrews, 2008; Levy, Gong, Hessels, Evans, & Jared, 2006; Martini & Sénéchal, 2012; Payne et al., 1994; Scarborough & Dobrich, 1994; Scarborough, Dobrich & Hager, 1991; Sénéchal & LeFevre, 2002; Sénéchal, LeFevre, Hudson & Lawson, 1996; Sénéchal & LeFevre, 2014; Sénéchal, Pagan, Lever, & Ouellette, 2008; Storch & Whitehurst, 2001). El AA también puede reflejar al NSE a través de prácticas y recursos específicos del entorno doméstico. Por ejemplo, un NSE más bajo puede asociarse con un acceso reducido a los materiales de lectura en el hogar y a las bibliotecas (Feitelson & Goldstein, 1986; Neuman & Celano, 2001), o a la enseñanza menos frecuente de conceptos durante la lectura con niñas y niños pequeños (Burgess et al., 2002; Chaney, 1994; Feitelson & Goldstein, 1986; Harris & Smith, 1987; Karrass, VanDeventer, & Braungart-Rieker, 2003; Leseman & Jong, 1998; McCormick & Mason, 1986; Phillips & Lonigan, 2009).

Sin embargo, también hay una gran variabilidad respecto a las asociaciones entre diferentes factores del NSE y la lectura. Por ejemplo, puede haber familias con NSE bajos que leen a los niños y las niñas más a menudo que algunas familias con NSE altos (Chaney, 1994; Farver, Xu, Eppe & Lonigan, 2006; Senechal, 2006; Smith & Dixon, 1995; Storch & Whitehurst, 2001; Van Steensel, 2006). Esta variabilidad entre grupos permite analizar qué factores están más fuertemente vinculados al desarrollo de la lectura. Diferentes estudios han encontrado que el AA puede predecir el logro de la alfabetización de los niños y las niñas independientemente del NSE (Bracken & Fischel, 2008; Christian, Morrison, & Bryant, 1998; Gottfried, Schlackman, Gottfried & Boutin-Martinez, 2015; Payne et al., 1994; Rodriguez & Tamis-LeMonda, 2011; Smith & Dixon, 1995). Asimismo, análisis de mediación revelan que las diferencias individuales en el AA pueden

explicar parcialmente las relaciones entre el NSE y el desarrollo de la alfabetización (Chazan-Cohen et al., 2009; Foster, Lambert, Abbott-Shim, McCarty, & Franze, 2005; Hamilton, Hayiou-Thomas, Hulme, & Snowling, 2016; Kiernan & Huerta, 2008; Krishnakumar & Black, 2002). Por otra parte, tales asociaciones no son fenómenos estáticos: los estudios de intervención revelan que los programas parentales dirigidos a estimular las actividades de alfabetización en el hogar pueden tener un efecto significativo en el desarrollo de la lectura de los niños y las niñas (para una revisión, ver Sénéchal & Young, 2008).

Estudios recientes han encontrado diferencias según NSE en varios otros aspectos cualitativos de la exposición al lenguaje. Por ejemplo, un NSE alto se ha asociado con resultados más favorables en la longitud media de la expresión (Hoff, 2003; Hoff & Naigles, 2002; Hoff-Ginsberg, 1991; Rowe, 2008), y la complejidad y diversidad sintáctica (Huttenlocher, Vasilyeva, Cymerman, & Levine). La exposición al lenguaje oral es otro aspecto sobresaliente del AA que muestra disparidades según NSE incluso en etapas tempranas del desarrollo. En un estudio clásico del área, Hart y Risley (1992, 1995) siguieron a 42 niños y niñas de hogares con diversidad socioeconómica desde los 7 meses hasta los 3 años de edad y encontraron que los niños y las niñas de las familias con NSE más bajo habían estado expuestos a menos de un tercio de la cantidad de palabras por hora en comparación con los niños y las niñas de hogares con NSE más alto -lo que significó en términos cuantitativos una brecha de treinta millones de palabras a los tres años. No solo es importante la cantidad de información lingüística a la que los niños y las niñas están expuestos durante su desarrollo temprano, sino también su calidad. Los padres de hogares con NSE más altos también utilizaron vocabulario más diverso, más preguntas y respuestas, repeticiones y extensiones de las expresiones infantiles (Hart & Risley, 1995).

La combinación de estas variables cualitativas explicó más del 60% de la variación en el coeficiente intelectual de los niños y las niñas a los 3 años de edad.

Estudios más recientes han encontrado diferencias según NSE en varios otros aspectos cualitativos de la exposición al lenguaje. Un NSE más alto se ha asociado con resultados más favorables en aspectos del lenguaje como la contingencia y contigüidad (Conway et al., 2018; Goldstein, King, & West, 2003; Hirsh-Pasek et al., 2015; Hoff-Ginsberg, 1991 ; Hoff-Ginsberg, 1998; Reed, Hirsh-Pasek, & Golinkoff 2016; Smith et al., 2018; Tamis-LeMonda, Kuchirko, & Song, 2014), y las referencias descontextualizadas en las conversaciones con cuidadores (Rowe, 2012). Asimismo, se han demostrado disparidades según NSE con respecto a los intercambios conversacionales (Hirsh-Pasek et al., 2015; Romeo et al., 2018; Zimmerman et al., 2009) y a los gestos y referentes no verbales (Cartmill et al., 2013; Iverson, Capirci, Longobardi & Caselli, 1999; Pan, Rowe, Singer & Snow, 2005; Rowe & Goldin-Meadow, 2009; Rowe, Özçalışkan, & Goldin-Meadow, 2008).

Al igual que con el AA, también existen variaciones considerables en la exposición al lenguaje en diferentes contextos socioeconómicas (Gilkerson et al., 2017; Hirsh-Pasek et al., 2015; Rowe, Pan, & Ayoub, 2005; Weisleder & Fernald, 2013). La cantidad y/o la calidad de la exposición al lenguaje de los niños y las niñas pueden predecir variaciones únicas en las habilidades lingüísticas de los niños y las niñas más allá del NSE (Romeo et al., 2018; Rowe, 2012; Weisleder & Fernald, 2013), e incluso mediar las brechas de logros en las habilidades lingüísticas (Hoff, 2003; Huttenlocher et al., 2002; Romeo, Leonard, et al., 2018; Romeo, Segaran, et al., 2018; Rowe & Goldin-Meadow, 2009). Al ingresar a la escuela, estas diferencias en las habilidades tempranas del lenguaje oral a menudo persisten y se transforman en disparidades

en la adquisición de la alfabetización, lo que explicaría una proporción de las brechas en los logros en lectura, ortografía y otras habilidades cognitivas y académicas en la escuela primaria (Durham, Farkas, Hammer, Bruce Tomblin, & Catts, 2007; Marchman & Fernald, 2008; Morgan, Farkas, Hillemeier, Hammer, & Maczuga, 2015; Walker, Greenwood, Hart, & Carta, 1994).

Si bien diversos estudios han investigado asociaciones entre activación neural y NSE, comparativamente pocos han investigado los mecanismos que explicarían las influencias ambientales proximales, como la exposición a AA y al lenguaje oral, sobre el desarrollo neural. Por ejemplo, en uno de tales estudios con niños y niñas de 3 a 5 años se les preguntó a los padres acerca del acceso de sus hijos e hijas a los libros, la frecuencia de lectura compartida y la variedad de libros leídos; encontrándose que una mayor exposición a la lectura se asociaba con un aumento de la activación en áreas temporo-occipitales –relacionadas con redes neurales involucradas en el procesamiento de imágenes mentales y comprensión narrativa (Hutton et al., 2015). Un estudio similar midió la exposición al lenguaje de niños y niñas de 4 a 6 años durante el transcurso de dos días, incluida la cantidad de palabras habladas por los adultos y el número de turnos conversacionales dialógicos entre los adultos y los niños y niñas. Si bien el número total de palabras de los adultos no se asoció con variables neurales, el número de turnos conversacionales se correlacionó positivamente con la activación de redes neurales prefrontales durante la escucha de historias (Romeo et al., 2018); así como con la conectividad entre esta región y las regiones temporales posteriores izquierdas relacionadas con el procesamiento del lenguaje (Romeo, Segaran, et al., 2018). Además, se encontró que las medidas neurales estructurales y funcionales mediaron las disparidades socioeconómicas en las habilidades lingüísticas de los niños y las niñas, sugiriendo potenciales mecanismos ambientales y

neurales en las brechas de logros lingüísticos que precedieron a la alfabetización.

Relación entre el NSE y las dificultades de lectura

Las dificultades de lectura (DL) en tanto trastornos del aprendizaje en el área del lenguaje, se caracterizan por dificultades persistentes en la adquisición y en el desarrollo de la lectura (Peterson & Pennington, 2015; Shaywitz, Morris & Shaywitz, 2008). La DL sería el trastorno específico de aprendizaje más prevalente en Estados Unidos (Lerner, 1989): aproximadamente el 80% de los niños y las niñas con trastornos de aprendizaje tienen dificultades para leer (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Más allá de sus habilidades cognitivas, los niños y las niñas con DL pueden experimentar dificultades en el reconocimiento de palabras, la decodificación, la fluidez en la lectura, la comprensión lectora y diversos subdominios de la lectura (Lyon, Shaywitz & Shaywitz, 2003). Asimismo, se ha verificado que la DL tendría un alto grado de heredabilidad (Harlaar, Spinath, Dale & Plomin, 2005).

La prevalencia de las DL difiere a través del continuo del NSE. Por ejemplo, estudiantes de cuarto y octavo grado de hogares con bajos ingresos obtuvieron calificaciones "por debajo del nivel básico" en más del doble de la tasa de sus pares de hogares con ingresos más altos (U.S. Department of Education). Asimismo, a los estudiantes de hogares con bajos ingresos se les suelen diagnosticar trastornos de aprendizaje específicos en una proporción mayor (Shifrer, Muller & Callahan, 2011). En algunos estudios se ha observado que además suelen presentar un riesgo mayor de ser diagnosticados con dislexia del desarrollo (Peterson & Pennington, 2015).

Diferentes estudios han identificado interacciones entre factores genéticos y ambientales en la heredabilidad de las DL, por lo que el NSE modularía el riesgo de desarrollar dificultades de

lectura en niños y niñas que se desarrollan en tales contextos (para una revisión, ver Becker et al., 2017). En la mayoría de los casos la contribución genética sería mayor y la ambiental más baja en el extremo superior del espectro de NSE. Por el contrario, en el extremo inferior del espectro del NSE se suele verificar una mayor influencia de los factores ambientales (Friend, DeFries & Olson, 2008; Mascheretti et al., 2013). Este patrón de resultados sugiere que en entornos de NSE bajos, la exposición reducida al AA y al lenguaje oral podría intensificar una predisposición genética para el desarrollo de DL; o bien evitar que niños y niñas con bajo riesgo de heredabilidad alcancen su máximo potencial de lectura. De hecho, un nivel bajo de AA podría predecir mejor la disminución de las habilidades de lectura independientemente del riesgo familiar de dislexia (Dilnot, Hamilton, Maughan & Snowling, 2017). Desde el punto de vista neural, en niños y niñas con DL, el NSE está más fuertemente correlacionado con las redes neurales asociadas con la lectura, que con las puntuaciones de lectura en tareas estandarizadas (Romeo et al., 2017). Esta variabilidad entre contextos y activación de redes neurales que se asocia con los DL sugiere que la efectividad de los programas de intervención y los tratamientos podría variar según las diferencias en los antecedentes contextuales de los niños y las niñas.

Dada la riqueza de la literatura centrada en los factores predictivos de las intervenciones de lectura, sorprendentemente pocos estudios han investigado las diferencias socioeconómicas en la respuesta al tratamiento. De acuerdo con revisiones recientes de estudios que apuntan a predecir la respuesta de los niños y las niñas a las intervenciones de alfabetización (Barquero, Davis, & Cutting, 2014; Lam & McMaster, 2014), menos del 30% de los estudios conductuales y solo dos estudios de neuroimágenes han examinado el NSE como un factor predictivo. Estos estudios revelan resultados mixtos. Dos estudios encuentran que un NSE

mayor predice una mejor respuesta al tratamiento (Hatcher et al., 2006; Morris et al., 2012); mientras que otro encuentra que un NSE inferior predice una mejor respuesta al tratamiento – incluyendo el nivel neural– (Romeo et al., 2017). Estas diferencias podría explicarse como el resultado de diferencias fundamentales en los programas de tratamiento en sí mismos (e.g., contenido, dominio, formato, tiempo de tratamiento). Por ejemplo, los niños y las niñas de hogares con un NSE alto y con DL podrían beneficiarse más de los programas escolares con sesiones centradas en la fonología durante más tiempo; mientras que los niños y las niñas de hogares con un NSE bajo y con DL podrían responder mejor a las intervenciones intensivas a corto plazo con un enfoque ortográfico durante el período de verano. Cualquiera sea la razón, estos resultados sugieren que la eficacia de ciertos enfoques de tratamiento puede depender de la etiología de la dificultad de lectura entre varios otros factores contextuales.

El futuro de la investigación sobre NSE y lectura

Durante el último medio siglo se ha verificado un aumento significativo en la investigación sobre las brechas académicas entre estudiantes de hogares con NSE altos y bajos, encontrándose un efecto desproporcionado del NSE en el desarrollo de las habilidades de lectura de los niños y las niñas. Numerosos estudios han identificado la exposición temprana al lenguaje y a la alfabetización como dos de las influencias proximales que impulsan estas disparidades, tanto de forma independiente como en conjunto con factores de heredabilidad. La identificación de mecanismos neurales mediante los cuales los factores contextuales pueden contribuir al desarrollo académico y cognitivo también ha mejorado la comprensión de las asociaciones entre NSE y lectura. La coyuntura actual de los campos de la educación y la

neurociencia invita a explorar oportunidades potencialmente productivas para la investigación básica y traslacional.

Quizá el problema más apremiante sea el de la investigación continua sobre la heterogeneidad de las etiologías de las dificultades de lectura. Si bien existirían contribuciones tanto genéticas como ambientales a la variación en el lenguaje y en las habilidades de lectura de los niños y las niñas, está claro que los factores ambientales tienen una influencia particularmente fuerte en la vida temprana, durante períodos sensibles del desarrollo neural (Hayiou-Thomas, Dale & Plomin, 2012; Logan et al., 2013; Tierney & Nelson, 2009). Como fuera mencionado, las disparidades socioeconómicas en los entornos tempranos de lenguaje y de alfabetización sugieren que la etiología de las dificultades de lectura puede variar según los antecedentes socioeconómicos, de modo que la DL en niños y niñas de hogares con NSE bajo podría estar asociada con limitaciones en los recursos en el ambiente, mientras que la DL en niños y niñas de hogares con NSE superior podría tener una mayor base en factores de heredabilidad (Haughbrook et al., 2017). Tales diferencias etiológicas podrían dar lugar a diferentes fenotipos cognitivos y neurales de las DL, que a su vez podrían responder de manera diferente a tratamientos específicos. La neurociencia educativa está comenzando a utilizar tales técnicas en el análisis de marcadores conductuales, demográficos y neurales para predecir los resultados del tratamiento individualizado y diseñar programas más efectivos para cada niño y niña (Gabrieli, Ghosh & Whitfield-Gabrieli, 2015). En tal sentido, las investigaciones futuras deberían considerar la investigación de biomarcadores que pudieran informar a la práctica educativa y al tratamiento de DL a nivel individualizado.

Asimismo, las investigaciones futuras sobre las DL -tanto de variables neurocognitivas como de respuesta a tratamientos-

deberían investigar el NSE como una variable de interés e indagar en los participantes una amplia gama de variables demográficas. La gran mayoría de las investigaciones sobre el desarrollo de la lectura, y la mayor parte del desarrollo cognitivo en general, se ha basado en "muestras de conveniencia" de participantes que con frecuencia se inclinan hacia personas de ingresos más altos y más educadas que tienen conciencia y apreciación por la investigación, además de tiempo para participar. Estas muestras a menudo se conocen como "WEIRD"¹⁹ (Henrich, Heine, & Norenzayan, 2010), y estos hallazgos de psicología y neurociencia logrados con poblaciones restringidas están limitados en su posibilidad de ser generalizados (LeWinn, Sheridan, Keyes, Hamilton & McLaughlin, 2017; Nielsen, Haun, Kartner & Legare, 2017). Aunque adoptar enfoques de muestreo más representativos no modifique significativamente los hallazgos fundamentales de la investigación realizada sobre la lectura hasta el presente, si tiene el potencial de modificar nuestra comprensión del desarrollo de la lectura y del tratamiento de las dificultades.

Finalmente, a medida que la investigación neurocientífica de la pobreza continúa expandiéndose, los investigadores deberían considerar los problemas en la medición del NSE y sus factores relacionados. La educación de los padres y el ingreso familiar no son medidas intercambiables, no tienen un significado universal en todas las culturas, ni son el mejor índice de los factores de estrés psicosociales, o de amortiguación de las situaciones de adversidad. Las investigaciones futuras deberían expandirse más allá de estas medidas amplias y distales del contexto sociocultural, y profundizar en los factores proximales que presumiblemente

¹⁹ WEIRD es una sigla en inglés que refiere a personas con perfil occidental, alto nivel educativo, de países industrializados, ricos y con sistemas democráticos –es decir, en tanto y en cuanto los estudios de investigación solo incorporan participantes con tales perfiles, los resultados deben considerarse sesgados (Nota de los editores).

actúan directamente en el desarrollo cognitivo, incluídas la alfabetización en el hogar y la exposición al lenguaje. Al comprender mejor qué variables ambientales precisas contribuyen de manera significativa con el desarrollo del lenguaje y la alfabetización, así como a los mecanismos neurales subyacentes, el campo podrá crear intervenciones más efectivas.

Referencias bibliográficas

- Adler, N.E., Epel, E.S., Castellazzo, G., & Ickovics, J.R. (2000). Relationship of subjective and objective social status with psychological and physiological functioning: Preliminary data in healthy white women. *Health Psychology, 19*, 586-592.
- Alexander, K.L., Entwisle, D.R., & Olson, L.S. (2007). Lasting consequences of the summer learning gap. *American Sociological Review, 72*, 167-180.
- Bailey, M. J., & Dynarski, S. M. (2011). Inequality in postsecondary education. In G. J. Duncan & R. J. Murnane (Eds.), *Whither opportunity? Rising inequality, schools, and children's life chances*. New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Barquero, L.A., Davis, N., & Cutting, L.E. (2014). Neuroimaging of reading intervention: A systematic review and activation likelihood estimate meta-analysis. *PLoS ONE, 9*, e83668.
- Becker, N., Vasconcelos, M., Oliveira, V., Santos, F. C. D., Bizarro, L., Almeida, R. M. M., et al. (2017). Genetic and environmental risk factors for developmental dyslexia in children: Systematic review of the last decade. *Developmental Neuropsychology, 42*, 423-445.
- Bowey, J.A. (1995). Socioeconomic status differences in preschool phonological sensitivity and first-grade reading achievement. *Journal of Educational Psychology, 87*, 476-487.
- Bracken, S.S., & Fischel, J.E. (2008). Family reading behavior and early literacy skills in preschool children from low-income backgrounds. *Early Education and Development, 19*, 45-67.

- Bradley, R.H., & Corwyn, R.F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Reviews in Psychology*, 53, 371-399.
- Brito, N.H., & Noble, K.G. (2014). Socioeconomic status and structural brain development. *Frontiers in Neuroscience*, 8, 276.
- Bronfenbrenner, U., & Ceci, S.J. (1994). Nature-nuture reconceptualized in developmental perspective: A bioecological model. *Psychological Review*, 101, 568-586.
- Bronfenbrenner, U., & Morris, P.A. (1998). The ecology of developmental processes. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of Child Psychology* (5th ed., Vol. 1: Theoretical models of human development, pp. 993-1028). Hoboken, NJ: Wiley.
- Brooks-Gunn, J., & Duncan, G.J. (1997). The effects of poverty on children. *The Future of Children*, 7, 55-71.
- Burgess, S.R., Hecht, S.A., & Lonigan, C.J. (2002). Relations of the home literacy environment (HLE) to the development of reading-related abilities: A one-year longitudinal study. *Reading Research Quarterly*, 37, 408-426.
- Bus, A.G., van Ijzendoorn, M.H., & Pellegrini, A.D. (1995). Joint book reading makes for success in learning to read: A meta-analysis on intergenerational transmission of literacy. *Review of Educational Research*, 65, 1-21.
- Cartmill, E.A., Armstrong, B.F., Gleitman, L.R., Goldin-Meadow, S., Medina, T.N., & Trueswell, J.C. (2013). Quality of early parent input predicts child vocabulary 3 years later. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110, 11278-11283.
- Chall, J.S. (1983). *Stages of reading development*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Chall, J.S., Jacobs, V., & Baldwin, L. (1990). *The reading crisis: Why poor children fall behind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Chaney, C. (1994). Language development, metalinguistic awareness, and emergent literacy skills of 3-year-old children in relation to social class. *Applied Psycholinguistics*, 15, 371-394.

- Coleman, J.S., Campbell, E.Q., Hobson, C.J., McPartland, J., Mood, A.M., Weinfeld, F.D., et al. (1966). *Equality of educational opportunity*. Washington, D.C.: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Office of Education.
- Conway, L.J., Levickis, P.A., Smith, J., Mensah, F., Wake, M., & Reilly, S. (2018). Maternal communicative behaviours and interaction quality as predictors of language development: Findings from a community-based study of slow-to-talk toddlers. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 53, 339-354.
- Cooper, H., Nye, B., Charlton, K., Lindsay, J., & Greathouse, S. (1996). The effects of summer vacation on achievement test scores: A narrative and meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 66, 227-268.
- Cundiff, J.M., Smith, T.W., Uchino, B.N., & Berg, C.A. (2013). Subjective social status: Construct validity and associations with psychosocial vulnerability and self-rated health. *International Journal of Behavioral Medicine*, 20, 148-158.
- Demir, Ö.E., Prado, J., & Booth, J.R. (2015). Parental socioeconomic status and the neural basis of arithmetic: Differential relations to verbal and visuo-spatial representations. *Developmental Science*, 18, 799-814.
- Demir-Lira, Ö.E., Prado, J., & Booth, J.R. (2016). Neural correlates of math gains vary depending on parental socioeconomic status (SES). *Frontiers in Psychology*, 7, 892.
- Dilnot, J., Hamilton, L., Maughan, B., & Snowling, M.J. (2017). Child and environmental risk factors predicting readiness for learning in children at high risk of dyslexia. *Development and Psychopathology*, 29, 235-244.
- Duncan, G.J., Brooks-Gunn, J., & Klebanov, P.K. (1994). Economic deprivation and early childhood development. *Child Development*, 65, 296-318.
- Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43, 1428-1446.

- Duncan, G.J., & Magnuson, K. (2011). The nature and impact of early achievement skills, attention skills, and behavior problems. In G. J. Duncan & R. J. Murnane (Eds.), *Whither opportunity? Rising inequality, schools, and children's life chances* (pp. 47-70). New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Duncan, G.J., & Magnuson, K. (2012). Socioeconomic status and cognitive functioning: Moving from correlation to causation. *Wiley Interdisciplinary Review of Cognitive Science* 3, 377-386.
- Durham, R.E., Farkas, G., Hammer, C.S., Bruce Tomblin, J., & Catts, H.W. (2007). Kindergarten oral language skill: A key variable in the intergenerational transmission of socioeconomic status. *Research in Social Stratification and Mobility*, 25, 294-305.
- Ensminger, M.E., & Fothergill, K. (2003). A decade of measuring ses: What it tells us and where to go from here. In M. H. Bornstein & R. H. Bradley (Eds.), *Socioeconomic status, parenting, and child development* (pp. 13-27). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Farah, M.J. (2017). The neuroscience of socioeconomic status: Correlates, causes, and consequences. *Neuron*, 96, 56-71.
- Farah, M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., et al. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*, 1110, 166-174.
- Feitelson, D., & Goldstein, Z. (1986). Patterns of book ownership and reading to young children in israeli school-oriented and nonschool-oriented families. *Reading Teacher*, 39, 924-930.
- Friend, A., DeFries, J.C., & Olson, R.K. (2008). Parental education moderates genetic influences on reading disability. *Psychological Science*, 19, 1124-1130.
- Frijters, J.C., Barron, R.W., & Brunello, M. (2000). Direct and mediated influences of home literacy and literacy interest on prereaders' oral vocabulary and early written language skill. *Journal of Educational Psychology*, 92, 466-477.

- Gabrieli, J.D.E., Ghosh, S.S., & Whitfield-Gabrieli, S. (2015). Prediction as a humanitarian and pragmatic contribution from human cognitive neuroscience. *Neuron*, 85, 11-26.
- Gilkerson, J., Richards, J.A., Warren, S.F., Montgomery, J.K., Greenwood, C.R., Kimbrough Oller, D., et al. (2017). Mapping the early language environment using all-day recordings and automated analysis. *American Journal of Speech and Language Pathology*, 26, 248-265.
- Ginsborg, J. (2006). The effects of socio-economic status on children's language acquisition and use. In J. Clegg & J. Ginsborg (Eds.), *Language and social disadvantage: Theory into practice* (pp. 9-27). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Goldstein, M.H., King, A.P., & West, M.J. (2003). Social interaction shapes babbling: Testing parallels between birdsong and speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100, 8030-8035.
- Green, L.W. (1970). Manual for scoring socioeconomic status for research on health behavior. *Public Health Reports*, 85, 815-827.
- Harlaar, N., Spinath, F.M., Dale, P.S., & Plomin, R. (2005). Genetic influences on early word recognition abilities and disabilities: A study of 7-year-old twins. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 373-384.
- Harris, M.M., & Smith, N.J. (1987). Literacy assessment of chapter 1 and non-chapter 1 homes. *Reading Improvement*, 24, 137-142.
- Hart, B., & Risley, T. (1992). American parenting of language-learning children: Persisting differences in family-child interactions observed in natural home environments. *Developmental Psychology*, 28, 1096-1105.
- Hart, B., & Risley, T. (1995). *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Baltimore, MD: Paul H. Brookes.
- Hart, S.A., Soden, B., Johnson, W., Schatschneider, C., & Taylor, J. (2013). Expanding the environment: Gene $\times$ school-level

- SES interaction on reading comprehension. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 54, 1047-1055.
- Hatcher, P. J., Hulme, C., Miles, J. N., Carroll, J. M., Hatcher, J., Gibbs, S., et al. (2006). Efficacy of small group reading intervention for beginning readers with reading-delay: A randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 820-827.
- Haughbrook, R., Hart, S.A., Schatschneider, C., & Taylor, J. (2017). Genetic and environmental influences on early literacy skills across school grade contexts. *Developmental Science*, 20, 1-12.
- Hayiou-Thomas, M.E., Dale, P.S., & Plomin, R. (2012). The etiology of variation in language skills changes with development: A longitudinal twin study of language from 2 to 12 years. *Developmental Science*, 15, 233-249.
- Hecht, S.A., Burgess, S.R., Torgesen, J.K., Wagner, R.K., & Rashotte, C.A. (2000). Explaining social class differences in growth of reading skills from beginning kindergarten through fourth-grade: The role of phonological awareness, rate of access, and print knowledge. *Reading & Writing*, 12, 99-127.
- Henrich, J., Heine, S.J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 61-83.
- Hirsh-Pasek, K., Adamson, L.B., Bakeman, R., Owen, M.T., Golinkoff, R.M., Pace, A., et al. (2015). The contribution of early communication quality to low-income children's language success. *Psychological Science*, 26, 1071-1083.
- Hoff, E. (2003). The specificity of environmental influence: Socioeconomic status affects early vocabulary development via maternal speech. *Child Development*, 74, 1368-1378.
- Hoff, E., & Naigles, L. (2002). How children use input to acquire a lexicon. *Child Development*, 73, 418-433.
- Hoff-Ginsberg, E. (1991). Mother-child conversations in different social classes and communicative settings. *Child Development*, 62, 782-796.

- Hoff-Ginsberg, E. (1998). The relation of birth order and socioeconomic status to children's language experience and language development. *Applied Psycholinguistics*, 19, 603-629.
- Hollingshead, A.B. (1975). *The four-factor index of social status*. Unpublished manuscript. Yale University. New Haven, CT.
- Hood, M., Conlon, E., & Andrews, G. (2008). Preschool home literacy practices and children's literacy development: A longitudinal analysis. *Journal of Educational Psychology*, 100, 252-271.
- Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., Cymerman, E., & Levine, S. (2002). Language input and child syntax. *Cognitive Psychology*, 45, 337-374.
- Hutton, J.S., Horowitz-Kraus, T., Mendelsohn, A.L., DeWitt, T., Holland, S.K., & Consortium, C. M. A. (2015). Home reading environment and brain activation in preschool children listening to stories. *Pediatrics*, 136, 466-478.
- Iverson, J. M., Capirci, O., Longobardi, E., & Cristina Caselli, M. (1999). Gesturing in mother-child interactions. *Cognitive Development*, 14, 57-75.
- Johnson, S.B., Riis, J.L., & Noble, K.G. (2016). State of the art review: Poverty and the developing brain. *Pediatrics*, 137, e20153075.
- Karrass, J., VanDeventer, M.C., & Braungart-Rieker, J.M. (2003). Predicting shared parent-child book reading in infancy. *Journal of Family Psychology*, 17, 134-146.
- La Paro, K.M., & Pianta, R.C. (2000). Predicting children's competence in the early school years: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 70, 443-484.
- Lam, E.A., & McMaster, K.L. (2014). Predictors of responsiveness to early literacy intervention: A 10-year update. *Learning Disabilities Quarterly*, 37, 134-147.
- Lee, V.E., & Burkam, D.T. (2002). *Inequality at the starting gate: Social background differences in achievement as children begin school*. Washington, D.C.: Economic Policy Institute.

- Lerner, J. (1989). Educational interventions in learning disabilities. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 28, 326-331.
- Leseman, P.P.M., & Jong, P.F. (1998). Home literacy: Opportunity, instruction, cooperation and social-emotional quality predicting early reading achievement. *Reading Research Quarterly*, 33, 294-318.
- Levy, B.A., Gong, Z., Hessels, S., Evans, M.A., & Jared, D. (2006). Understanding print: Early reading development and the contributions of home literacy experiences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 63-93.
- LeWinn, K.Z., Sheridan, M.A., Keyes, K.M., Hamilton, A., & McLaughlin, K.A. (2017). Sample composition alters associations between age and brain structure. *Nature Communications*, 8, 874.
- Lloyd, D. N. (1969). *Reading achievement and its relationship to academic performance: Reading deficiency in elementary school and relationships to secondary school performance*: Personal and Social Organization Section, Mental Health Study Center, National Institute of Mental Health.
- Lloyd, D.N. (1978). Prediction of school failure from third-grade data. *Educational and Psychological Measurement*, 38, 1193-1200.
- Logan, J.A.R., Hart, S.A., Cutting, L., Deater-Deckard, K., Schatschneider, C., & Petrill, S. (2013). Reading development in young children: Genetic and environmental influences. *Child development*, 84, 10.1111/cdev.12104.
- Lonigan, C.J., Burgess, S.R., Anthony, J.L., & Barker, T.A. (1998). Development of phonological sensitivity in 2- to 5-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 90, 294-311.
- Lyon, G.R., Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B.A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53, 1-14.
- MacDonald Wer, B.M. (2014). *Comparison of reading development across socioeconomic status in the United States*. (Unpublished dissertation), University of Denver.

- Mackey, A.P., Finn, A.S., Leonard, J.A., Jacoby-Senghor, D.S., West, M.R., Gabrieli, C. F., et al. (2015). Neuroanatomical correlates of the income-achievement gap. *Psychological Science*, 26, 925-933.
- Marchman, V.A., & Fernald, A. (2008). Speed of word recognition and vocabulary knowledge in infancy predict cognitive and language outcomes in later childhood. *Developmental Science*, 11, F9-F16.
- Martini, F., & Sénéchal, M. (2012). Learning literacy skills at home: Parent teaching, expectations, and child interest. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 44, 210-221.
- Mascheretti, S., Bureau, A., Battaglia, M., Simone, D., Quadrelli, E., Croteau, J., et al. (2013). An assessment of gene-by-environment interactions in developmental dyslexia-related phenotypes. *Genes Brain Behav*, 12, 47-55.
- McCoach, D.B., O'Connell, A.A., Reis, S.M., & Levitt, H.A. (2006). Growing readers: A hierarchical linear model of children's reading growth during the first 2 years of school. *Journal of Educational Psychology*, 98, 14-28.
- McCormick, C.E., & Mason, J.M. (1986). Intervention procedures for increasing preschool children's interest in and knowledge about reading. In W. H. Teale & E. Sulzby (Eds.), *Emergent literacy: Writing and reading*. (pp. 90-115). Norwood, NJ: Ablex.
- McDowell, K.D., Lonigan, C.J., & Goldstein, H. (2007). Relations among socioeconomic status, age, and predictors of phonological awareness. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 50, 1079-1092.
- Minh, A., Muhajarine, N., Janus, M., Brownell, M., & Guhn, M. (2017). A review of neighborhood effects and early child development: How, where, and for whom, do neighborhoods matter? *Health & Place*, 46, 155-174.
- Molfese, V.J., Modglin, A., & Molfese, D.L. (2003). The role of environment in the development of reading skills: A longitudinal study of preschool and school-age measures. *Journal of Learning Disabilities*, 36, 59-67.

- Morgan, P.L., Farkas, G., Hillemeier, M.M., Hammer, C. S., & Maczuga, S. (2015). 24-month-old children with larger oral vocabularies display greater academic and behavioral functioning at kindergarten entry. *Child Development, 86*, 1351-1370.
- Morris, R.D., Lovett, M.W., Wolf, M., Sevcik, R.A., Steinbach, K.A., Frijters, J. C., et al. (2012). Multiple-component remediation for developmental reading disabilities: Iq, socioeconomic status, and race as factors in remedial outcome. *Journal of Learning Disabilities, 45*, 99-127.
- Naigles, L.R., & Hoff-Ginsberg, E. (1998). Why are some verbs learned before other verbs? Effects of input frequency and structure on children's early verb use. *Journal of Child Language, 25*, 95-120.
- Neuman, S.B., & Celano, D. (2001). Access to print in low-income and middle-income communities: An ecological study of four neighborhoods. *Reading Research Quarterly, 36*, 8-26.
- Nielsen, M., Haun, D., Kartner, J., & Legare, C.H. (2017). The persistent sampling bias in developmental psychology: A call to action. *Journal of Experimental Child Psychology, 162*, 31-38.
- Noble, K.G., Farah, M.J., & McCandliss, B.D. (2006a). Socioeconomic background modulates cognition-achievement relationships in reading. *Cognitive Development, 21*, 349-368.
- Noble, K.G., McCandliss, B.D., & Farah, M.J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science, 10*, 464-480.
- Noble, K.G., Norman, M.F., & Farah, M.J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science, 8*, 74-87.
- Noble, K.G., Wolmetz, M.E., Ochs, L.G., Farah, M.J., & McCandliss, B.D. (2006b). Brain-behavior relationships in reading acquisition are modulated by socioeconomic factors. *Developmental Science, 9*, 642-654.

- Pan, B.A., Rowe, M.L., Singer, J.D., & Snow, C.E. (2005). Maternal correlates of growth in toddler vocabulary production in low-income families. *Child Development*, 76, 763-782.
- Payne, A.C., Whitehurst, G.J., & Angell, A.L. (1994). The role of home literacy environment in the development of language ability in preschool children from low-income families. *Early Childhood Research Quarterly*, 9, 427-440.
- Peterson, R.L., & Pennington, B.F. (2015). Developmental dyslexia. *Annu Rev Clin Psychol*, 11, 283-307.
- Phillips, B.M., & Lonigan, C.J. (2009). Variations in the home literacy environment of preschool children: A cluster analytic approach. *Scientific Studies of Reading*, 13, 146-174.
- Raizada, R.D., Richards, T.L., Meltzoff, A., & Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *NeuroImage*, 40, 1392-1401.
- Ramey, C.T., & Ramey, S.L. (2004). Early learning and school readiness: Can early intervention make a difference? *Merrill-Palmer Quarterly*, 50, 471-491.
- Raz, I.S., & Bryant, P. (1990). Social background, phonological awareness and children's reading. *British Journal of Developmental Psychology*, 8, 209-225.
- Reardon, S.F. (2011). The widening academic achievement gap between the rich and the poor: New evidence and possible explanations. In G. J. Duncan & R. J. Murnane (Eds.), *Whither opportunity? Rising inequality, schools, and children's life chances*. New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Reed, J., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R.M. (2016). Meeting children where they are: Adaptive contingency builds early communication skills. In P. Witt (Ed.), *Communication and learning*. Berlin: De Gruyter Mouton.
- Romeo, R.R., Christodoulou, J.A., Halverson, K.K., Murtagh, J., Cyr, A.B., Schimmel, C., et al. (2017). Socioeconomic status and reading disability: Neuroanatomy and plasticity in response to intervention. *Cerebral Cortex*, 28, 2297-2312.

- Romeo, R.R., Leonard, J.A., Robinson, S.T., West, M.R., Mackey, A.P., Rowe, M.L., et al. (2018). Beyond the “30 million word gap:” Children’s conversational exposure is associated with language-related brain function. *Psychological Science*, 29, 700-710.
- Romeo, R.R., Segaran, J., Leonard, J.A., Robinson, S.T., West, M.R., Yendiki, A., et al. (2018). Language exposure relates to structural neural connectivity in childhood. *Journal of Neuroscience*, 38, 7870-7877.
- Rowe, M.L. (2008). Child-directed speech: Relation to socioeconomic status, knowledge of child development and child vocabulary skill. *Journal of Child Language*, 35, 185-205.
- Rowe, M.L. (2012). A longitudinal investigation of the role of quantity and quality of child-directed speech in vocabulary development. *Child Development*, 83, 1762-1774.
- Rowe, M.L., & Goldin-Meadow, S. (2009). Differences in early gesture explain SES disparities in child vocabulary size at school entry. *Science*, 323, 951-953.
- Rowe, M.L., Özçalışkan, S., & Goldin-Meadow, S. (2008). Learning words by hand: Gesture's role in predicting vocabulary development. *First Language*, 28, 182-199.
- Rowe, M.L., Pan, B.A., & Ayoub, C. (2005). Predictors of variation in maternal talk to children: A longitudinal study of low-income families. *Parenting Science Practice*, 5, 285-310.
- Scarborough, H.S., & Dobrich, W. (1994). On the efficacy of reading to preschoolers. *Developmental Review*, 14, 245-302.
- Scarborough, H.S., Dobrich, W., & Hager, M. (1991). Preschool literacy experience and later reading achievement. *Journal of Learning Disabilities*, 24, 508-511.
- Sénéchal, M., & LeFevre, J. (2002). Parental involvement in the development of children’s reading skill: A five-year longitudinal study. *Child Development*, 73, 445-460.
- Sénéchal, M., LeFevre, J.A., Hudson, E., & Lawson, E.P. (1996). Knowledge of storybooks as a predictor of young children's vocabulary. *Journal of Educational Psychology*, 88, 520-536.

- Sénéchal, M., & LeFevre, J.A. (2014). Continuity and change in the home literacy environment as predictors of growth in vocabulary and reading. *Child Development*, 85, 1552-1568.
- Sénéchal, M., Pagan, S., Lever, R., & Ouellette, G.P. (2008). Relations among the frequency of shared reading and 4-year-old children's vocabulary, morphological and syntax comprehension, and narrative skills. *Early Education and Development*, 19, 27-44.
- Sénéchal, M., & Young, L. (2008). The effect of family literacy interventions on children's acquisition of reading from kindergarten to grade 3: A meta-analytic review. *Review of Educational Research*, 78, 880-907.
- Shapiro, J. (1979). *Investigating the home environment for its impact on children's reading*. Paper presented at the International Reading Association, Atlanta, GA.
- Share, D.L., Jorm, A.F., Maclean, R., Matthews, R., & Waterman, B. (1983). Early reading achievement, oral language ability, and a child's home background. *Australian Psychologist*, 18, 75-87.
- Shaywitz, S.E. (1998). Dyslexia. *The New England Journal of Medicine*, 338, 307-312.
- Shaywitz, S.E., Morris, R., & Shaywitz, B.A. (2008). The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annual Review of Psychology*, 59, 451-475.
- Shifrer, D., Muller, C., & Callahan, R. (2011). Disproportionality and learning disabilities: Parsing apart race, socioeconomic status, and language. *Journal of Learning Disabilities*, 44, 246-257.
- Sirin, S.R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75, 417-453.
- Smith, J., Levickis, P., Eadie, T., Bretherton, L., Conway, L., & Goldfeld, S. (2018). Associations between maternal behaviors at 1 year and child language at 2 years in a cohort of women experiencing adversity. *Infancy*, 23, 74-102.

- Smith, S.S., & Dixon, R.G. (1995). Literacy concepts of low- and middle-class four-year-olds entering preschool. *The Journal of Educational Research*, 88, 243-253.
- Stanovich, K.E. (1986). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*, 21, 360-407.
- Stevenson, N.A., Reed, D.K., & Tighe, E.L. (2016). Examining potential bias in screening measures for middle school students by special education and low socioeconomic status subgroups. *Psychology in the Schools*, 53, 533-547.
- Storch, S.A., & Whitehurst, G.J. (2001). The role of family and home in the literacy development of children from low-income backgrounds. *New Directions for Child & Adolescent Development*, 2001, 53-72.
- Tamis-LeMonda, C.S., Kuchirko, Y., & Song, L. (2014). Why is infant language learning facilitated by parental responsiveness? *Current Directions in Psychological Science*, 23, 121-126.
- Tierney, A.L., & Nelson, C.A. (2009). Brain development and the role of experience in the early years. *Zero to three*, 30, 9-13.
- U.S. Bureau of the Census. (1963). *Methodology and scores of socioeconomic status: Working paper no. 15*. Washington, D.C.
- U.S. Department of Education. Institute of Education Sciences, National Center for Education Statistics, National Assessment of Educational Progress (NAEP), 1998-2017 Reading Assessments.
- Walker, D., Greenwood, C., Hart, B., & Carta, J. (1994). Prediction of school outcomes based on early language production and socioeconomic factors. *Child Development*, 65, 606-621.
- Weisleder, A., & Fernald, A. (2013). Talking to children matters: Early language experience strengthens processing and builds vocabulary. *Psychological Science*, 24, 2143-2152.
- White, K.R. (1982). The relation between socioeconomic status and academic achievement. *Psychological Bulletin*, 91, 461-481.

Zimmerman, F.J., Gilkerson, J., Richards, J.A., Christakis, D.A., Xu, D., Gray, S., et al. (2009). Teaching by listening: The importance of adult-child conversations to language development. *Pediatrics*, 124, 342-349.

8

POBREZA Y NEURODESARROLLO EN LA PRIMERA INFANCIA: ESTRATEGIAS PARA PROMOVER LA EQUIDAD DE OPORTUNIDADES EN EL DESARROLLO COGNITIVO Y EMOCIONAL

Alejandra Carboni, Hernán Delgado, Verónica Nin

Introducción

Diferentes investigaciones han puesto en evidencia que el ambiente modula el desarrollo, y que en particular el desarrollo neurocognitivo se encuentra fuertemente asociado al contexto socio-económico (Brito & Noble, 2014; Pavlakis et al., 2015). Sin embargo, este fenómeno es complejo y se encuentra en permanente revisión por sus implicancias epistemológicas, puesto que la manera en que se definen conceptos como nivel socio-económico (NSE), inequidad social o pobreza, determina la forma

en que se investigan sus asociaciones con el desarrollo, así como las estrategias que se implementan para mitigar sus efectos (Hermida et al., 2010). El NSE es una medida que intenta capturar el estatus promedio y posición social, caracterizada habitualmente por la combinación de índices como el nivel educativo, tipo de educación, ingreso familiar per-cápita y perfil de consumo, entre otros (Krieger, Williams, & Moss, 1997).

Generalmente, las investigaciones sobre pobreza y desarrollo en la infancia han demostrado la modulación del neurodesarrollo por distintos factores biológicos y socioculturales. No obstante, dependiendo del momento vital en que éstos actúen, el tiempo de exposición, si están asociados con otros factores y la susceptibilidad del individuo, sus efectos serán diferentes. Tradicionalmente predominan los abordajes que toman en cuenta paradigmas psicométricos y educativos, y los efectos más comúnmente asociados a las condiciones de vulnerabilidad social han sido: la disminución del cociente intelectual, la mayor incidencia de trastornos de aprendizaje, demoras en el desarrollo, y la disminución en el presentismo escolar y en los años de escolarización finalizados (Lipina et al., 2004). En su mayoría, estos estudios han estado basados en medidas de inteligencia general. Si bien ello permite que se identifiquen variables de desempeño cognitivo como la comprensión verbal, la memoria a corto y largo plazo, el razonamiento, y la velocidad de procesamiento entre otras, no son necesariamente representativas de la naturaleza multifactorial de los comportamientos inteligentes (Sternberg & Kaufman, 1998). Asimismo, tienen poca sensibilidad para modular diferencias de orden étnico y cultural (Bronfenbrenner & Ceci, 1994; Sternberg, 1999).

Una aproximación que intenta superar estos obstáculos es el paradigma de Funciones Ejecutivas (FEs), el cual permite discriminar procesos cognitivos básicos que serían menos

dependientes del contexto cultural (Fagan III, 2000; Rogoff & Chavajay, 1995). Las investigaciones basadas en este paradigma han mostrado una fuerte asociación con el contexto socio-económico. En este sentido, los resultados de los estudios han permitido identificar que los niños y las niñas pertenecientes a hogares con NSE bajo pueden tener en promedio un desempeño más descendido en tareas que evalúan estos procesos en comparación con los niños y niñas de hogares con NSE medio o alto (Farah et al., 2006; Lipina et al., 2005; Noble, Norman, & Farah, 2005).

Las FEs comprenden al conjunto de habilidades involucradas en el control y coordinación de la información al servicio de acciones dirigidas a objetivos específicos, así como de aspectos vinculados a la autorregulación (Miller & Cohen, 2001). A pesar de la existencia de varios modelos teóricos, existe consenso en clasificarlas como FEs *básicas* y *superiores* (Diamond & Ling, 2016). Según este modelo, las FEs *básicas* serían el control inhibitorio, la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo; mientras que las *superiores* (que se desarrollan a partir de las primeras) serían la planificación, la resolución de problemas y el razonamiento. A este modelo puede sumarse otro que agrupa estas funciones en *frías* y *calientes* (Zelazo, Qu, & Kesek, 2010), incluyendo las últimas a la autorregulación, la inteligencia social y la toma de decisiones en contextos emocional o motivacionalmente relevantes (Figura 1).

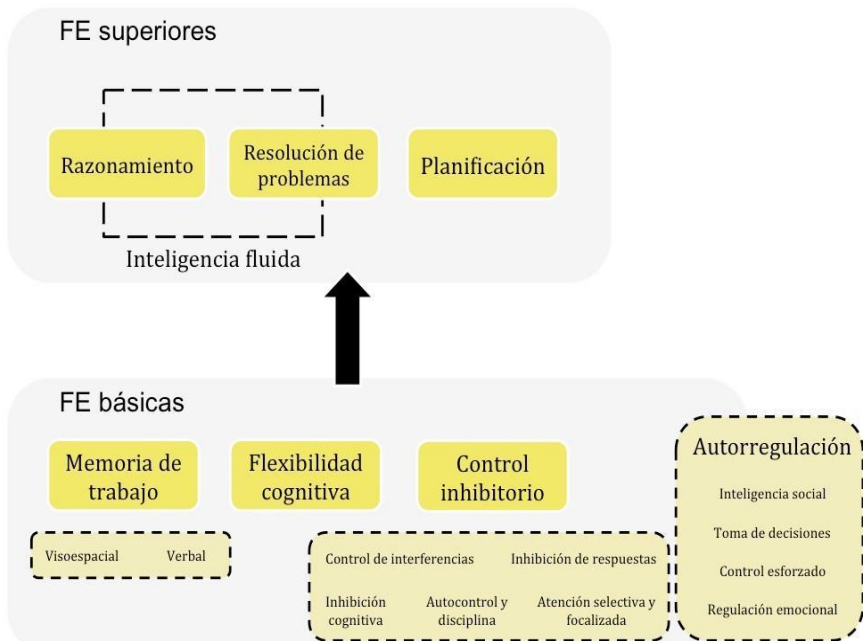


Figura 1 - Esquema de los dominios cognitivos involucrados en la definición de FEs. Los subprocesos y habilidades mentales estrechamente relacionadas al control inhibitorio aparecen englobados en un recuadro punteado. El concepto de autorregulación se solapa en gran parte con el de control inhibitorio, pero suele usarse en relación a aspectos de regulación emocional y en contextos sociales, y se asocia con los conceptos que aparecen englobados en el recuadro de la derecha (Tomado y adaptado de Diamond, 2016).

El desarrollo de las FEs durante la primera infancia establece el cimiento básico para el desarrollo de funciones cognitivas superiores durante el resto del curso de vida (Garon, Bryson, & Smith, 2008). La evidencia científica sugiere que la situación de pobreza genera un estado de vulnerabilidad para el desarrollo neurocognitivo, afectando principalmente el desarrollo de la corteza prefrontal (CPF) (Sheridan et al., 2012), fuertemente asociada a las FEs. Un aspecto a destacar de estas funciones es su vinculación con la capacidad de autocontrol, tanto cognitivo como

emocional. Los años preescolares se caracterizan por un aumento paulatino en la capacidad de auto-modulación de la conducta, en concordancia con un gran desarrollo de la CPF y de la conectividad entre distintas zonas dentro de ésta. Se distinguen tres regiones prefrontales: la región ventromedial, la orbitofrontal y la dorsolateral. Esta última presenta mayor conectividad con otras regiones corticales y se vincula con el desarrollo de la metacognición. En contraste, las áreas mediales tienen mayor conectividad con regiones subcorticales, en particular con el sistema límbico, relacionado con funciones de control emocional y social (Spencer-Smith & Anderson, 2009).

El desarrollo cerebral se caracteriza por no ser lineal, sino que atraviesa fases de sobre-crecimiento y podas. Tampoco ocurre de forma simultánea en todo el cerebro, siendo las regiones prefrontales dorsolaterales las últimas en madurar. Durante su desarrollo, son influenciadas por factores tanto genéticos como ambientales (Tsujimoto, 2008). De hecho, las experiencias tempranas son críticas en el neurodesarrollo y se ha demostrado que el NSE influye principalmente en el desarrollo de regiones cerebrales que subyacen al control ejecutivo. Por ejemplo, el desarrollo de las regiones prefrontales vinculadas a las FEs en niños y niñas de contexto vulnerable es menor que en niños y niñas de contexto medio o alto (Noble et al., 2015). Por otra parte, la incidencia de la pobreza en el desarrollo temprano también ha sido vinculada a la regulación emocional, aunque la investigación de los mecanismos neurales involucrados en esta asociación es relativamente reciente (Kim et al., 2013).

En relación al desempeño escolar, diversos estudios han presentado evidencia de que el desarrollo de las FEs es un predictor significativo del comportamiento en el aula, la preparación para la escolarización y el logro académico (Blair & Razza, 2007; Brock et al., 2009) con mayor probabilidad que

medidas clásicas como el cociente intelectual (IQ), y el nivel lector o de habilidades matemáticas (Diamond et al., 2007; Razza, Martin, & Brooks-Gunn, 2012). También, se ha sugerido que la adaptación al ambiente escolar se encuentra vinculada principalmente a la autorregulación y no tanto al conocimiento de contenidos curriculares (Rimm-Kaufman, Pianta, & Cox, 2000); así como también que el control inhibitorio se asocia con el comportamiento prosocial, la regulación emocional, la capacidad de trabajo en equipo, y que su desarrollo previene la aparición de conductas disruptivas (Bierman et al., 2009; Brock et al., 2009; Ferrier, Bassett, & Denham, 2014).

Primera infancia: ventana a la oportunidad

En el contexto de este capítulo nos referimos a la primera infancia como al período comprendido entre la fase prenatal y la transición con la escolaridad primaria, constituyendo esta una fase de suma importancia para el desarrollo integral de todo individuo (Anderson et al., 2003). Desde una perspectiva neurobiológica, el elevado nivel de plasticidad que presenta el cerebro de niños y niñas posiciona al desarrollo de la primera infancia como a un eje trascendental de las políticas de desarrollo humano (Shonkoff et al., 2000). En tal sentido, esta etapa es considerada una ventana de oportunidades para el diseño de intervenciones capaces de reducir el impacto de eventuales alteraciones que se manifiestan en este período y que pueden persistir durante el ciclo vital. Asimismo, es considerada una etapa donde las acciones para enmendar las consecuencias de las desigualdades estructurales de nuestra sociedad alcanzarían beneficios que justifican sus costos (Heckman, Stixrud, & Urzua, 2006).

En términos del desarrollo cognitivo y emocional, la primera infancia también puede ser considerada como un período sensible para el desarrollo de las FEs y las estructuras cerebrales que las

sostienen. Mientras que las regiones sensoriales primarias maduran principalmente en los primeros momentos de la vida, el desarrollo madurativo alrededor del primer año afecta en forma destacada a la CPF. Por ejemplo, las espinas dendríticas de las neuronas piramidales de la capa III se desarrollan hasta alcanzar el nivel adulto promoviendo el desarrollo de circuitos locales y de conexiones recíprocas con otras áreas cerebrales, lo cual es acompañado con un aumento del metabolismo en regiones frontales entre los 8 y 12 meses de vida (Koenderink, Uylings, & Mrzljak, 1994). Sumado a ello, a nivel conductual comienzan a observarse indicios de procesamiento ejecutivos relacionados con procesos de memoria de trabajo y control inhibitorio. Por ejemplo, en la tarea “A no B” se esconde un objeto frente a los ojos del niño o niña primero en un lugar “A” y luego en otro lugar distinto “B”, con el fin de explorar la emergencia y el desarrollo de la retención de información durante el intervalo de demora (i.e., memoria de trabajo) y el control inhibitorio para no perseverar en el lugar de búsqueda “A”. A nivel neural, la mejora en la ejecución de este tipo de tareas se ha vinculado a la conectividad entre regiones frontales y parietales (Fox & Bell, 1990).

Entre los 2 años y 5 años de edad el consumo metabólico cerebral aumenta hasta ser 2.5 veces mayor que en el adulto debido a las demandas energéticas del desarrollo. En este período, el crecimiento sináptico y la arborización dendrítica se encuentran en su mayor expansión (Casey et al., 2005). Cognitivamente se producen mejoras en los procesos ejecutivos de memoria de trabajo y control inhibitorio. Alrededor de los 4 años comienza a emerger el procesamiento asociado con la flexibilidad cognitiva, asociado con la capacidad de alternancia de reglas y de adaptación creativa al entorno (Hernández, Carboni, & Capilla, 2012). Sobre estas FEs básicas se desarrollarán, como se mencionó

anteriormente, las FEs superiores junto con los procesos de regulación emocional.

Las trayectorias de desarrollo neural y cognitivo durante la primera infancia dependen de interacciones bidireccionales entre aspectos biológicos y ambientales. En este sentido, el hogar y los centros de cuidado infantil y educación inicial, enmarcados en redes socioculturales más amplias, brindan experiencias altamente relevantes para el desarrollo neural y cognitivo. Los estilos parentales (Hughes, Devine, & Wang, 2017), la estimulación cognitiva (Walker et al., 2005), y el NSE (Noble, McCandliss, & Farah, 2007) serían algunas de las principales variables que influyen el neurodesarrollo en estos primeros años.

Los efectos de la pobreza durante este período de desarrollo también han sido ampliamente descritos. Por ejemplo, los niños y niñas de hogares con NSE más bajo tienden a cometer más errores de perseveración y tener menos respuestas correctas consecutivas en la tarea “A no B”, en comparación con pares de contextos más favorables (Lipina et al., 2005). Asimismo, se ha encontrado que los niños y niñas de hogares con NSE más bajo tienen en promedio un desarrollo menor de las estructuras cerebrales que actúan como sostén a las Fes en términos de superficie cortical (Noble et al., 2015) y presentan más probabilidad de tener un patrón electroencefalográfico diferencial, en relación a los niños y niñas de hogares con NSE medio y alto (Otero, 1997; Otero et al., 2003; Stevens, Lauinger, & Neville, 2009). Los niños y las niñas que crecen en hogares en situaciones de vulnerabilidad tienen más probabilidad de estar expuestos a situaciones de estrés por privaciones, a carencias nutricionales, a agentes tóxicos y a carencias de recursos educativos que afectan su maduración cerebral (Noble, McCandliss, & Farah, 2007; Hackman, Farah, & Meaney, 2010). En tal contexto, la primera infancia es una ventana ideal para brindar experiencias que enriquezcan los contextos de

desarrollo y generen un ambiente óptimo de estimulación que promueva oportunidades de desarrollo cognitivo-emocional.

Intervenciones

Las investigaciones en neurociencia cognitiva han puesto en evidencia que las FEs mejoran con la práctica y la experiencia, y que esta práctica produciría modificaciones en las redes neurales subyacentes a esos procesos (Posner & Raichle, 1994). Por lo tanto, una intervención temprana sistematizada y específica que estimule estas funciones podría ser una herramienta que contribuya con la reducción de los efectos de la disparidad socio-económica y eventualmente para equiparar oportunidades de desarrollo cognitivo (Flook et al., 2010; Karbach & Kray, 2009; Lakes & Hoyt, 2004).

En la última década se han diseñado diversas intervenciones dirigidas a estimular el desarrollo del control ejecutivo de niños y niñas pequeños, con miras a promover mejoras en el desempeño académico y la inclusión social (Diamond & Lee, 2011; Burger, 2010; Lipina & Colombo, 2009). Mientras que algunas intervenciones están basadas en el uso de dispositivos electrónicos, como computadoras personales y tabletas, otras se apoyan en interacciones entre maestras y maestros con los niños y niñas (Diamond et al., 2007; Segretin et al., 2014). Los resultados de tales estudios sugieren que las intervenciones que apuntan al desarrollo de las FEs en contextos de interacción social, promoverían o motivarían estrategias de autocontrol en los niños y las niñas (Diamond & Lee, 2011).

Una experiencia uruguaya

La desigualdad, uno de los principales padecimientos de las sociedades latinoamericanas, tiene costos considerables: incrementa los niveles de pobreza y disminuye el impacto que

puede tener el desarrollo económico en su reducción. Pese a que Uruguay es uno de los países de América Latina con menor índice de desigualdad, la incidencia de la pobreza continúa siendo alarmante. Según el Instituto Nacional de Estadística, la estimación de personas por debajo de la línea de pobreza se ubica en 9,7 por ciento. No obstante, la situación merece particular atención si se considera la distribución según grupos de edad, debido a que la incidencia es considerablemente mayor en las generaciones más jóvenes. Es el caso de los niños y niñas menores de 6 años que transitan la primera infancia, cuyo nivel de pobreza alcanza el 20,4 por ciento (INE, 2014).

En el año 2016, un equipo de investigadores uruguayos del Centro de Investigación Básico en Psicología (CIBPSI), de la Universidad de la República, en colaboración con un grupo de investigadores argentinos de la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Torcuato di Tella y la Unidad de Neurobiología Aplicada, iniciaron un proyecto de investigación enfocado en el estudio del desarrollo cognitivo en primera infancia en contextos de vulnerabilidad social financiados por los fondos de Inclusión Social de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC, Udelar). Este proyecto tuvo tres objetivos: (1) evaluar el impacto del contexto socio-económico en el desarrollo de las FE; (2) implementar un programa de intervención cognitiva; y (3) evaluar la efectividad del programa.

La realización de esta investigación fue posible gracias a los recursos técnicos que brinda en nuestro país la plataforma CEIBAL²⁰, que es la versión nacional del programa “*One Laptop per child*”²¹ que se encuentra implementado al 100 por ciento y mediante el cual se entrega una computadora o tableta a cada niño y niña del sistema público de enseñanza en Uruguay, y se brinda

²⁰www.ceibal.edu.uy

²¹ <http://one.laptop.org/>

conectividad a internet en todos los centros educativos. Esta posibilidad permitió la adaptación de la plataforma digital de estimulación cognitiva Matemarote (Goldin et al., 2013, 2014; Lopez-Rosenfeld et al., 2013) para los niños y niñas de nivel inicial, a los efectos de ser utilizada a través de los dispositivos de CEIBAL para la evaluación y estimulación cognitiva.

Se trabajó durante el año 2016 en un total de 4 centros de Educación Inicial públicos de Montevideo durante 10 a 11 semanas. Se seleccionaron centros categorizados como Quintil 1 (i.e., NSE bajo) y Quintil 5 (i.e., NSE alto) por el Monitor Educativo de La Administración Nacional de Educación Pública (ANEP 2012). El equipo de trabajo estuvo conformado por 12 evaluadores (psicólogos o estudiantes de psicología avanzados) y dos coordinadores de campo (estudiantes de doctorado), que permitió generar una tasa aproximada de 3 o 4 niños y niñas por adulto²².

Diseño de investigación

Se implementó un diseño experimental en el cual se propusieron tres fases: (1) evaluación del desempeño cognitivo de cada niño y

²² Todos los procedimientos involucrados en el proyecto se adecuaron a los principios éticos establecidos en relación con el cuidado y el respeto de los derechos de los niños y las niñas, los cuales fueron evaluados y aprobados por el comité de Ética de Facultad de Psicología (UdelaR). Ello implica la implementación de consentimiento informados para padres previa descripción de los aspectos generales de la investigación, información sobre el uso y la confidencialidad de los datos, las características de las tareas experimentales, la duración del proyecto e información de contacto. Una vez que los padres recibieron la información, se realizaron reuniones en cada centro de educación donde se respondieron dudas y se volvió a explicar el proyecto. Sólo participaron de la investigación los niños y las niñas cuyos padres firmaron el consentimiento. De manera adicional, se explicó a cada niño y niña en qué consistía la investigación en términos comprensibles para su edad, y se les preguntó explícitamente si deseaban participar. Solo participaron los niños y niñas que así lo expresaron.

niña (tarea realizada en la primera semana); (2) asignación aleatoria de cada niño y niña al grupo de intervención (actividades: plataforma Matemarote) o al grupo control (actividades: juegos digitales con baja demanda de FEs), e implementación de actividades tres veces por semana durante dos meses; y (3) se trabajó evaluación del impacto de la intervención (Figura 2).



Figura 2 - Diseño experimental. Las escuelas fueron seleccionadas de acuerdo al índice de contexto sociocultural (CSC), utilizado por el Monitor educativo de primaria en el relevamiento de características socioculturales de las escuelas públicas, (ANEP, 2012). El color amarillo representa el Quintil 1 y el azul el Quintil 5.

Los instrumentos utilizados para realizar las evaluaciones pre y post-intervención fueron los siguientes:

(a) *Medida de la inteligencia general*: Test de Inteligencia No Verbal (Brown, Sherbenou, & Johnsen, 1982), diseñado para evaluar procesamiento fluido del niño y la niña. Se trata de una prueba de 45 matrices que mide la capacidad para resolver problemas de razonamiento con estímulos visuales abstractos que van aumentando en dificultad. Los niños y niñas deben elegir entre

diferentes opciones la que completa de mejor manera la secuencia lógica.

(b) *Medida de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva*: Tarea tipo flor-corazón adaptada para preescolares (Diamond et al., 2007). La tarea consiste en pulsar uno de dos botones de acuerdo con la figura que aparezca en pantalla y su ubicación. En cada juego, hay dos figuras y dos ubicaciones posibles. La tarea completa incluye tres fases a través de las cuales cambian las condiciones de presentación del tipo de estímulos, aumentando progresivamente la dificultad de las demandas de control inhibitorio. La última fase, además, agrega el componente de flexibilidad cognitiva. De manera específica, las tres fases son: (1) fase congruente, que consiste en la presentación de doce ensayos en los que sólo aparece una figura (e.g., corazón) y la consigna es presionar el botón del mismo lado en que la misma aparece; (2) fase incongruente, en la que se presentan doce ensayos en los que aparece una figura diferente a la de la fase previa (e.g., flor), y cuya consigna es presionar el botón del lado opuesto al que aparece; y (3) fase mixta, que es la condición en la que se combinan estímulos congruentes e incongruentes. Esta última fase consiste en veinticuatro ensayos en los que puede aparecer una u otra figura y la consigna es presionar el botón del lado opuesto -si aparece la flor- o el del mismo lado -si aparece el corazón-.

(c) *Medida de planificación*: Adaptación de una tarea tipo Torre de Londres (Shallice, 1982) que evalúa procesos de planificación de acciones y representaciones, y de memoria de trabajo espacial, que contribuyen a la conformación de una estrategia para el logro de un plan. Dada una configuración inicial de un orden de bolitas, los niños y niñas deben alcanzar otra configuración del modelo final en una cantidad limitada de movimientos y respetando las siguientes reglas: sólo pueden mover una bolita a la vez y nunca

pueden tener más de una bolita en movimiento. El juego va aumentando progresivamente su nivel de dificultad.

(d) *Medida de memoria de trabajo visuo-espacial*: Adaptación de la tarea Bloques de Corsi (Corsi, 1972) que evalúa procesos de memoria de trabajo visuo-espacial. En esta tarea los niños y niñas tienen que reproducir una secuencia de estímulos (luces que se encienden secuencialmente en una matriz). A medida que avanzan los ensayos, el número de elementos a retener y reproducir aumenta y su complejidad espacial también.

(e) *Medida de Rotación Visual*: Adaptación de la tarea “Fantasmas” (Frick, Hansen, & Newcombe, 2013) desarrollada para evaluar las habilidades de rotación mental. En esta tarea los niños y niñas deben seleccionar entre un par de figuras asimétricas (fantasmitas) que se presentan en distintas orientaciones, aquella que se ajusta a la forma que se muestra en negro en la parte superior de la pantalla (i.e., modelo).

Juegos de estimulación cognitiva

Para la fase de estimulación cognitiva se seleccionaron y adaptaron para niños y niñas de nivel 5 de educación inicial los siguientes juegos (Figura 3).

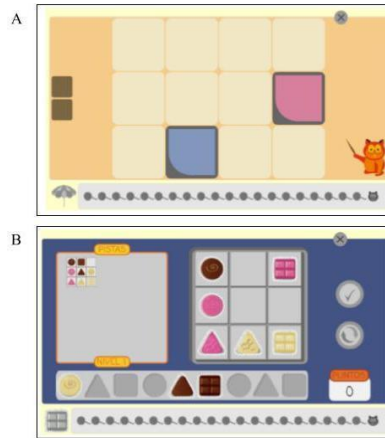


Figura 3 - Captura de pantalla de dos de los juegos de estimulación que integran la plataforma Matemarote: (A) "Memomarote"; (B) "Fábrica de Chocolates".

(a) *Avioncitos (control inhibitorio y flexibilidad cognitiva)*: Este juego fue diseñado para la estimulación del control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva. El niño o la niña deben responder lo más rápido posible dentro de un tiempo asignado, en qué dirección vuela un avión en la condición congruente (cuando el avión aparece de color amarillo) y en la condición incongruente (cuando el avión aparece de color rojo). Esta última condición presenta mayor dificultad dado que requiere suprimir una respuesta automática (mismo lado) para ofrecer una respuesta no dominante (el otro lado), y en consecuencia requiere de mayor demanda. Es decir, que se involucran principalmente procesos de control inhibitorio. Posteriormente los aviones aparecerán intercalados, rojos y amarillos, para lo cual el niño o la niña deberán alternar entre las reglas que aplican a cada color (con el avión amarillo se debe señalar hacia dónde vuela el avión, con el rojo se debe señalar el lado contrario). Esta condición demanda procesos de flexibilidad cognitiva dado que es necesario cambiar de regla entre ensayos y aplicar la correspondiente para lograr el objetivo en cada

ensayo y con ello ganar más puntos. Al final del juego los estímulos se vuelven más complejos ya que los aviones pueden aparecer invertidos (“dados vuelta”) y en ese caso hay que aplicar la regla opuesta a la aprendida, lo cual implica demandas de aprendizaje inverso. Se agregan además otros elementos distractores en la pantalla que aumentan las demandas de inhibición de la información irrelevante y los tiempos de respuesta asignados se vuelven más cortos.

(b) *Memomarote (memoria de trabajo)*: Este juego se basa en una tarea de señalamiento auto-ordenado (Petrides & Milner, 1982). En cada pantalla se muestra un conjunto de elementos, una vez seleccionado alguno de ellos, los estímulos desaparecen y vuelven a reubicarse. La ubicación de cada elemento varía aleatoriamente cada vez que se selecciona uno nuevo y los niños y niñas deben señalar un elemento diferente cada vez sin repetir los que hayan seleccionado previamente. El avance en cada jugada requiere que el niño y la niña ejecuten una secuencia de respuestas, la recuerden y monitoreen su desempeño. En los niveles iniciales, con pocos elementos, los niños y niñas pueden intentar recordar qué elementos ya seleccionaron o cuáles les falta seleccionar, pero a medida que el juego avanza y la dificultad aumenta (más elementos para recordar), los niños y niñas deben desarrollar otra estrategia (e.g. ordenar o agrupar). La cantidad de elementos a recordar va aumentando de acuerdo al desempeño del niño y de la niña.

(c) *Fábrica de chocolates (razonamiento lógico)*: Adaptado del juego de caja Chocolate Fix® de Think Fun Inc®, cada pantalla muestra un tablero de 3x3 posiciones en el que faltan algunas piezas. El niño y la niña deben colocar las piezas faltantes de acuerdo a sus atributos y a las pistas que se brindan. En los niveles más sencillos, el número de piezas a colocar es bajo y la información contenida en las pistas es alta. A medida que el juego avanza, la dificultad se incrementa ya sea porque aumenta el número de fichas a colocar,

disminuye la información brindada para solucionar el problema, se incorporan pistas parciales (que indican solo el color o la forma de la pieza) o una combinación de estos elementos.

Resultados

Asociación del contexto socio-económico con el desempeño en funciones ejecutivas.

Los resultados que se presentan en este capítulo son preliminares y están basados en los datos recolectados con la muestra de niños y niñas del año 2016, que corresponde a 4 centros de educación inicial con un total aproximado de 100 niños y niñas de 5 años de edad. Los datos sugieren que el contexto socio-económico se encuentra fuertemente asociado al desarrollo cognitivo. Como se observa en la Figura 4, los desempeños en las tareas de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación e inteligencia fluida son los que presentan diferencias significativas cuando se compara el desempeño de los niños y niñas que asisten a escuelas de Quintil 1 (NSE más bajo) con los de aquellos que concurren a escuelas del Quintil 5 (NSE más alto). El desempeño de los niños de las escuelas de contexto más vulnerable está significativamente más descendido.

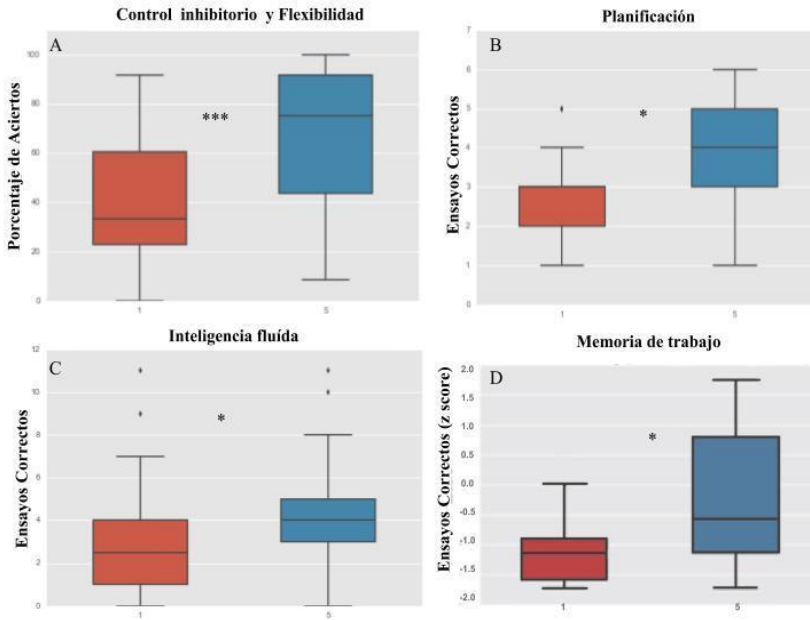


Figura 4 - Diferencias en el desempeño en tareas de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación, inteligencia fluida y memoria de trabajo según quintil. *Nota:* * p-valores < 0.01; *** p-valores < 0.001.

Asimismo, la asociación entre el NSE del hogar y el desempeño cognitivo también fue estadísticamente significativa (Figura 5).

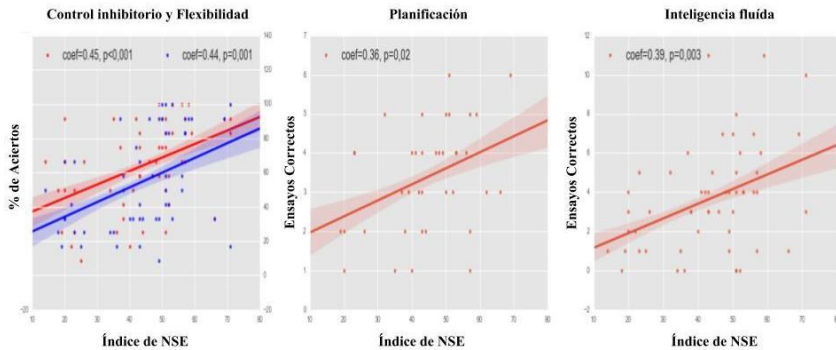


Figura 5 - Resultados de la asociación entre el NSE del hogar y el desempeño en tareas con demandas de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva, planificación e inteligencia fluida. El color rojo en la primera figura indica el bloque incongruente (control inhibitorio) y el azul el bloque mixto (flexibilidad cognitiva).

De manera específica, cuánto más alto es el índice de NSE mejor es el desempeño en las tareas que evalúan control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, planificación e inteligencia fluida. No obstante, no se verificaron asociaciones entre el NSE del hogar y el desempeño en la tarea de memoria de trabajo, ni entre el NSE y el desempeño en rotación mental (Figura 6) -para esta última habilidad mental tampoco se observaron diferencias significativas por quintil.

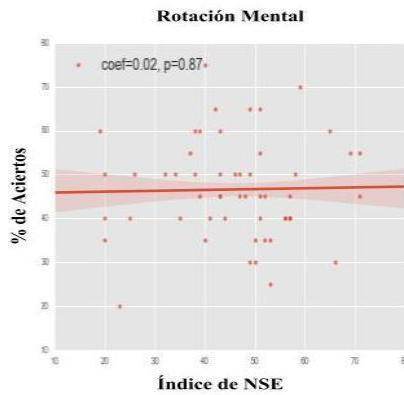


Figura 6. Ausencia de asociación entre el NSE del hogar y el desempeño en las tareas de rotación mental.

Efectos de la intervención sobre el desempeño en FEs

En relación a los resultados de la implementación del programa de estimulación cognitiva, los resultados preliminares indican que los niños y las niñas que pertenecen al contexto más vulnerable (Quintil 1) tuvieron un desempeño significativamente mayor en las tareas con demandas de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva luego de las 8 semanas de juego con la plataforma Matemarote. Específicamente, lo que se verificó es que mejoraron más aquellos niños y niñas que en la fase previa a la intervención tuvieron desempeños más bajos, es decir aquellos que asistían a escuelas del Quintil 1 (Figura 7).

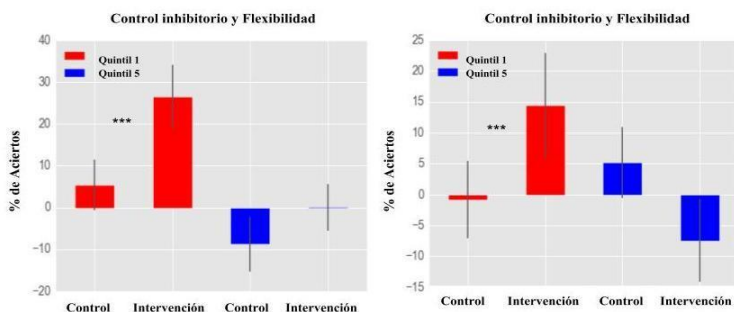


Figura 7 - Efecto de la implementación de los juegos de estimulación cognitiva en el desempeño de tareas con demandas de control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. *Nota.* * p-valores < 0.01; *** p-valores < 0.001.

Conclusiones finales y perspectivas futuras

Un aspecto central del desarrollo cognitivo en la primera infancia es la maduración de un conjunto de habilidades mentales conocidas como *FEs*, que conforman una familia compleja de procesos cognitivos de alto nivel que contribuyen con la regulación de la conducta y las emociones, la concentración, la manipulación y posterior uso de la información percibida, y el ajuste de las acciones para alcanzar metas específicas. Como fue mencionado, el desarrollo de las *FEs* es sensible al entorno (Hackman, Farah, & Meaney, 2010), y lejos de ser estático puede modificarse con la práctica (Diamond & Ling, 2016). Sin embargo, los efectos de la estimulación cognitiva son aún motivo de debate. Por ejemplo, no hay consenso sobre el impacto que tendría en otros dominios cognitivos (transferencia), o si los posibles beneficios se mantienen a largo plazo (Diamond & Ling, 2016).

Este trabajo tuvo como objetivo contribuir al entendimiento de la asociación entre pobreza y neurodesarrollo, y generar estrategias a partir de datos locales que apunten a equiparar las oportunidades de desarrollo cognitivo. Los datos analizados hasta

el momento y presentados en este capítulo apoyan la hipótesis de que el contexto modula las trayectorias de desarrollo (i.e., asociación entre NSE y desempeño cognitivo). Sin embargo, los resultados no son similares para todos los procesos cognitivos evaluados, ni guardan la misma relación con el NSE del hogar y el contexto socio-cultural de la escuela. Por ejemplo, se verificaron diferencias significativas entre los niños y niñas que asistían a centros de educación inicial de los Quintiles 1 y 5 en el desempeño en tareas con demandas de control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, planificación e inteligencia fluida, pero no en la de rotación mental. Este resultado coincide con los de estudios previos que señalan a las FEs como procesos cognitivos que se encuentran más asociados en su desarrollo al contexto socio-económico (Sheridan et al., 2012; Sarsour et al., 2011). Sumado a ello, se observó en el desempeño en la tarea de memoria de trabajo un efecto diferencial entre el contexto educativo y el hogar. Este resultado abre la interesante posibilidad de pensar los contextos escuela y hogar, escenarios centrales para el desarrollo infantil, no tengan las mismas asociaciones con aspectos del desarrollo de las FEs.

Como mencionamos, se trata de resultados preliminares basados en la caracterización del contexto de desarrollo a través de un índice de NSE del hogar, lo cual constituye un recorte de realidades más complejas. Para superar parcialmente esta limitación, nuestros datos incluyen otras dimensiones que se incorporarán al análisis final de la muestra: una aproximación al NSE desde la perspectiva de las necesidades básicas insatisfechas, elementos sobre la estimulación que reciben los niños y niñas en el hogar, y datos de la actividad cerebral espontánea de cada niño y niña. Esperamos que el conjunto de estos datos aporte al entendimiento de la complejidad de la interacción entre contexto y neurodesarrollo.

Nuestro trabajo indica además que es posible incidir positivamente en el desempeño en tareas que requieran FEs a través de la implementación de intervenciones orientadas a estimularlas. Si bien los resultados son aún preliminares, apoyan la noción de que la incorporación de actividades que promuevan el uso sistemático y sostenido de habilidades cognitivas es una estrategia para promover el desarrollo, particularmente en aquellos niños y niñas que no cuentan con una gama amplia de oportunidades de estimulación en sus contextos de desarrollo. Con ello también esperamos contribuir a una corriente crítica de la descripción de las consecuencias de la pobreza sobre el neurodesarrollo en términos negativos, superando un lenguaje basado en déficits y carencias. Desde esta posición se considera que los niños y niñas que crecen en contextos vulnerables presentan un neurodesarrollo que está sintonizado con las contingencias específicas de su entorno, permitiendo una adaptación funcional en el corto plazo, aunque pueda ser potencialmente perjudicial en el largo plazo y en otros ambientes, en particular el escolar (Blair & Raver, 2012).

Agradecimientos. *Este trabajo fue posible gracias a la colaboración del equipo de Mate Vladisaukas con quienes trabajamos intensamente para adaptar la plataforma y los juegos a los dispositivos del Plan Ceibal. Con ellos también hemos discutido los resultados preliminares aquí presentados. Este trabajo fue financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (Fondos de Inclusión Social, CSIC 2014) y el Fondo ANII FSED (FSED-2-2015-1-109861).*

Referencias bibliográficas

Anderson, L.M., Shinn, C., Fullilove, M.T., Scrimshaw, S.C., Fielding, J.E., ... & Task “Force on Community Preventive Services (2003). The effectiveness of early childhood

- development programs: A systematic review". *American Journal of Preventive Medicine*, 24, 32–46.
- ANEP (2012). "Relevamiento de contexto socio-cultural de las escuelas de educación primaria 2010". Montevideo: Instituto Nacional de Estadísticas.
- Bierman, K.L., Torres, M.M., Domitrovich, C.E., Welsh, J.A., & Gest, S.D. (2009). "Behavioral and cognitive readiness for school: Cross-domain associations for children attending Head Start". *Social Development*, 18, 305–23.
- Blair, C., & Raver, C.C. (2012). "Child development in the context of adversity: Experiential canalization of brain and behavior". *American Psychologist*, 67, 309–318.
- Blair, C., & Razza, R.P. (2007). "Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten". *Child Development*, 78, 647–663.
- Brito, N.H., & Noble, K. (2014). "Socioeconomic status and structural brain development". *Frontiers in Neuroscience*, 8, 276.
- Brock, L.L., Rimm-Kaufman, S.E., Nathanson, L., & Grimm, K.J. (2009). "The contributions of 'hot' and 'cool' executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten". *Early Childhood Research Quarterly*, 24, 337–349.
- Bronfenbrenner, U., & Ceci, S.J. (1994). "Nature-nurture reconceptualized in developmental perspective: A bioecological model". *Psychological Review*, 101, 568–586.
- Brown, L., Sherbenou, R.J., & Johnsen, S.K. (1982). "Toni, test of non-verbal intelligence: A language-free measure of cognitive ability". Austin, TX: Pro-ed.
- Burger,² An international review of the effects of early interventions for children from different social backgrounds". *Early Childhood Research Quarterly*, 25, 140–65.
- Casey, B.J., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). "Imaging the developing brain: What have we learned about

- cognitive development?” *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 104–110.
- Corsi, P. (1972). “*Memory and the medial temporal region of the brain*”. Unpublished doctoral dissertation. Montreal, QB: McGill University.
- Diamond, A., Barnett, S.W., Thomas, J., & Munro, S. (2007). “Preschool program improves cognitive control”. *Science*, 318, 1387-1388.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). “Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old”. *Science*, 333, 959–964.
- Diamond, A., & Ling, D.S. (2016). “Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not”. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48.
- Fagan III, J.F. (2000). “A theory of intelligence as processing: Implications for society”. *Psychology, Public Policy, and Law*, 6, 168-179.
- Farah, M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J.M., et al. (2006). “Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development”. *Brain Research*, 1110, 166–74.
- Ferrier, D.E., Bassett, H.H., & Denham, S.A. (2014). “Relations between executive function and emotionality in preschoolers: Exploring a transitive cognition–emotion linkage”. *Frontiers in Psychology*, 5, 487.
- Flook, L., Smalley, S.L., Kitil, M.J., Galla, B.M., Kaiser-Greenland, S., Locke, J., et al. (2010). “Effects of mindful awareness practices on executive functions in elementary school children”. *Journal of Applied School Psychology*, 26, 70–95.
- Fox, N.A., & Bell, M.A. (1990). “Electrophysiological indices of frontal lobe development.” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 677–704.

- Frick, A., Hansen, M.H., & Newcombe, N.S. (2013). "Development of mental rotation in 3-to 5-year-old children". *Cognitive Development*, 28, 386–99.
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith I.M. (2008). "Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework". *Psychological Bulletin*, 134, 31-60.
- Goldin, A.P., Hermida, M.J., Shalom, D.E., Elias Costa, M., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M.S. et al. (2014). "Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111, 6443-6448.
- Goldin, A.P., Segretin, M.S., Hermida, M.J., Paz, L., Lipina, S.J., & Sigman, M. (2013). "Training planning and working memory in third graders". *Mind, Brain, and Education* 7, 136–146.
- Hackman, D.A., Farah, M.J., & Meaney, M.J. (2010). "Socioeconomic status and the brain: Mechanistic insights from human and animal research." *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 651-659.
- Heckman, J.J., Stixrud, J., & Urzua, S. (2006). "The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior." *Journal of Labor Economics* 24, 411–82.
- Hermida, M.J., Segretin, M.S., Lipina, S.J., Benarós, S., & Colombo, J.A. (2010). "Abordajes neurocognitivos en el estudio de la pobreza infantil: Consideraciones conceptuales y metodológicas." *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 10, 205-225.
- Hernández, E.P., Carboni, P., & Capilla, A. (2012). "Desarrollo anatómico y funcional de la corteza prefrontal". En *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas* (J.T. Ustárrroz, A.G. Molina, M.R. Lago, A. Ardilla, Eds). Barcelona: Viguera, pp.175–96.
- Hughes, C., Devine, R.T., & Wang, Z. (2017). "Does parental mind-mindedness account for cross-cultural differences in preschoolers' theory of mind?". *Child Development*, 89, 1296-1310.

- INE (2014). "Estimación de la pobreza por el método del ingreso, año 2013". Montevideo: Instituto Nacional de Estadística.
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). "How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training." *Developmental Science*, 12, 978–990.
- Kim, P., Evans, G.W., Angstadt, M., Ho, S.S., Sripada, C.S., Swain, J.E., et al. (2013). "Effects of childhood poverty and chronic stress on emotion regulatory brain function in adulthood". *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110, 18442–18447.
- Koenderink, M.J., Uylings, H.B.M, & Mrzljak, L. (1994). "Postnatal maturation of the layer III pyramidal neurons in the human prefrontal cortex: A quantitative Golgi analysis". *Brain Research*, 653, 173–182.
- Krieger, N., Williams, D.R., & Moss, N.E. (1997). "Measuring social class in us public health research: Concepts, methodologies, and guidelines". *Annual Review of Public Health*, 18, 341–378.
- Lakes, K.D., & Hoyt, W.T. (2004). "Promoting self-regulation through school-based martial arts training." *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25, 283–302.
- Lipina, S.J., Martelli, M.I., Vuelta, B.L., Injoque-Ricle, I., & Colombo, J.A. (2004). "Pobreza y desempeño ejecutivo en alumnos preescolares de la ciudad de Buenos Aires (República Argentina)". *Interdisciplinaria*, 21, 153–193.
- Lipina, S.J., & Colombo, J.A. (2009). *Poverty and brain development during childhood: An approach from cognitive psychology and neuroscience*. Washington DC: American Psychological Association.
- Lipina, S.J., Martelli, M.I., Vuelta, B.L., & Colombo J.A. (2005). "Performance on the A-not-B task of Argentinean infants from Unsatisfied and Satisfied Basic Needs homes". *Interamerican Journal of Psychology*, 39, 49–60.
- Lopez-Rosenfeld, M., Goldin, A.P., Lipina, S.J., Sigman, M., & Fernández Sleza, D. (2013). "Mate Marote: A flexible

- automated framework for large-scale educational interventions”. *Computers & Education*, 68, 307–313.
- Miller, E.K., & Cohen, J.D. (2001). “An integrative theory of prefrontal cortex function”. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
- Noble, K.G., Houston, S. M., Brito, N.H., Bartsch, H., Kan, E. Kuperman, J.M., et al. (2015). “Family income, parental education and brain structure in children and adolescents”. *Nature Neuroscience*, 18, 773–779.
- Noble, K.G., McCandliss, B.D., & Farah, M.J. (2007). “Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities”. *Developmental Science*, 10, 464–480.
- Noble, K.G., Norman, M.F., & Farah, M.J. (2005). “Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children”. *Developmental Science*, 8, 74–87.
- Otero, G.A., Pliego-Rivero, F.B., Fernández, T., & Ricardo J.E.E.G. (2003). “EEG development in children with sociocultural disadvantages: A follow-up study”. *Clinical Neurophysiology*, 114, 1918–1925.
- Otero, G.A. (1997). “Poverty, cultural disadvantage and brain development: A study of preschool children in Mexico”. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 102, 512–516.
- Pavlaklis, A.E., Noble, K.G., Steven, S., Pavlaklis, G., Ali, N., & Frank, Y. (2015). “Brain imaging and electrophysiology biomarkers: Is there a role in poverty and education outcome research?”. *Pediatric Neurology*, 52, 383–388.
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). “Deficits on subject-ordered tasks after frontal and temporal lobe lesions in man” *Neuropsychologia*, 20, 249–262.
- Posner, M.I., & Raichle, M.E. (1994). *Images of mind*. Washington DC: American Psychological Association.
- Razza, R.A., Martin, A., & Brooks-Gunn, J. (2012). “The implications of early attentional regulation for school success among low-income children”. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 33, 311–319.

- Rimm-Kaufman, S.E., Pianta, R.C., & Cox, M.J. (2000). "Teachers' judgments of problems in the transition to kindergarten". *Early Childhood Research Quarterly*, 15, 147–66.
- Rogoff, B., & Chavajay, P. (1995). "What's become of research on the cultural basis of cognitive development?". *American Psychologist*, 50, 859-877.
- Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S., & Boyce, W.T. (2011). "Family socioeconomic status and child executive functions: The roles of language, home environment, and single parenthood". *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 120–132.
- Segretin, M.S., Lipina, S.J., Hermida, M.J., Sheffield, T.D., Nelson, J.M., & Espy, K.A. (2014). "Predictors of cognitive enhancement after training in preschoolers from diverse socioeconomic backgrounds". *Frontiers in Psychology*, 5, 205.
- Shallice, T. (1982). "Specific impairments of planning". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 298, 199–209.
- Sheridan, M.A., Sarsour, K., Jutte, D., D'Esposito, M., & Boyce, W.T. (2012). "The impact of social disparity on prefrontal function in childhood". *PloS One*, 7, e35744.
- Shonkoff, J.P., Phillips, D.A., National Research Council, et al. (2000). "The developing brain". Washington DC: National Academy Press.
- Spencer-Smith, M., & Anderson, V. (2009). "Healthy and abnormal development of the prefrontal cortex." *Developmental Neuropsychology*, 12, 279–297.
- Sternberg, R.J. (1999). "The theory of successful intelligence". *Review of General Psychology*, 3, 292-316.
- Sternberg, R.J., & Kaufman, J.C. (1998). "Human Abilities". *Annual Review of Psychology* 49, 479–502.
- Stevens, C., Lauinger, B., & Neville, H. (2009). "Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: An event-related brain potential study". *Developmental Science*, 12, 634–646.

- Tsujimoto, S. (2008). "The prefrontal cortex: Functional neural development during early childhood". *The Neuroscientist*, 14, 345–358.
- Walker, S.P., Chang, S.M., Powell, C.A., & Grantham-McGregor, S.M. (2005). "Effects of early childhood psychosocial stimulation and nutritional supplementation on cognition and education in growth-stunted Jamaican children: Prospective cohort study". *The Lancet*, 366, 1804–1807.
- Zelazo, P. D., Qu, L., & Kesek, A. C. (2010). Hot executive function: Emotion and the development of cognitive control. In *Human brain development. Child development at the intersection of emotion and cognition* (S.D. Calkins, M.A. Bell, Eds.). Washington, DC: American Psychological Association, pp. 97-111.

TERCERA PARTE

Fronteras interdisciplinarias

9

OPTIMIZACION DEL ESTUDIO DE LOS MECANISMOS DE IMPACTO DE ABORDAJES INTERESPECÍFICOS EN EL ESTUDIO DE LA POBREZA INFANTIL

Rosemarie E. Perry

Introducción

La pobreza es un problema mundial que incluso prevalece entre las sociedades ricas. Por ejemplo, solo en los Estados Unidos el 13% de la población vive por debajo de la línea de pobreza federal (Semega, Fontenot & Kollar, 2017), que actualmente corresponde a un ingreso de USD 25.100 para una familia de cuatro integrantes (U.S. Department of Health and Human Services, 2018). Las tasas de incidencia son aún más altas para los niños y las niñas, de modo tal que uno de cada cinco niños y niñas nacen en hogares con condiciones de pobreza (Jiang, Granja & Koball, 2017). La exposición a la pobreza en la vida temprana se asocia con un

mayor riesgo de presentar disparidades en múltiples aspectos de la vida, que incluyen a la salud física y mental (Birnie et al., 2011; Cohen, Janicki-Deverts, Chen, & Matthews, 2010; Wadsworth, Evans, Grant, Carter & Duffy, 2016; Yoshikawa, Aber, & Beardslee, 2012), la expectativa de vida (Chetty et al., 2016), las habilidades socioemocionales y cognitivas (Blair & Raver, 2016; Hackman & Farah, 2009; Noble, McCandliss, & Farah, 2007; Raizada & Kishiyama, 2010), e incluso el desarrollo cerebral (Lipina & Posner, 2012). Estas disparidades pueden persistir a lo largo del desarrollo, independientemente de los cambios que puedan producirse en el estado socioeconómico (Adler & Rehkopf, 2008; Poulton et al., 2002). Por lo tanto, reducir la pobreza y sus efectos es un asunto de importancia para la salud pública y el desarrollo humano, y uno de los principales objetivos de diversos gobiernos y organizaciones internacionales.

Asimismo, comprender y remediar los efectos de la pobreza continúa siendo un objetivo común de economistas, sociólogos, epidemiólogos, psicólogos y neurocientíficos. Sin embargo, desentramar los efectos causales de la pobreza en el desarrollo es un desafío que persiste debido a que la pobreza es un fenómeno multidimensional (Evans, 2004; Krieger, Williams & Moss, 1997). De hecho, no existe acuerdo respecto a la definición de la pobreza. En consecuencia, los indicadores de pobreza han incluido diferentes variables que contemplan diferentes niveles como el hogar (e.g., ingreso familiar, caos/hacinamiento, dificultades materiales, inseguridad alimentaria, inestabilidad familiar, educación de los padres, calidad de la crianza); la comunidad (e.g., violencia de la comunidad, seguridad del vecindario, acceso a la atención médica y/o educación); la organización social (e.g., desigualdad social); y el ecológico (e.g., contaminación del aire y del agua). Se suma a tal complejidad que los niños y las niñas que crecen en condiciones de pobreza experimentan una exposición

más frecuente y acumulativa a diferentes adversidades, motivo por el cual tienen un mayor riesgo de presentar alteraciones en su desarrollo incluso más allá de la misma pobreza (Amso & Lynn, 2017; Green et al., 2010). Es decir, las adversidades inducidas por el estrés tienen un impacto negativo en el desarrollo infantil, independientemente de la situación socioeconómica. Esto implica que no solo la exposición a las adversidades relacionadas con la pobreza, sino también las ventajas que acompañan a la riqueza, podrían impulsar las disparidades en el desarrollo a través del gradiente socioeconómico (Amso & Lynn, 2017). A pesar de tales complejidades, es claro que se requiere una mejor comprensión de los componentes del nivel socioeconómico -que tendrían un mayor impacto en el desarrollo infantil- a fin de desarrollar intervenciones basadas en la evidencia, e implementar políticas para las familias que viven en riesgo social por pobreza. Dicha investigación es especialmente necesaria dado que actualmente existe carencia de intervenciones específicas a través de las cuales mejorar el nivel socioeconómico general; mientras que sí se verifica la implementación de políticas dirigidas a componentes específicos como el ingreso. Sin embargo, existe una clara necesidad de técnicas más rigurosas y enfoques novedosos para diferenciar la complejidad de la pobreza y los mecanismos que subyacen a sus efectos adversos en el desarrollo. En este sentido, en el presente capítulo exploramos la utilidad de un programa de investigación que considere estudios inter-específicos²³ para la evaluación de mecanismos involucrados en las asociaciones entre pobreza y desarrollo infantil.

²³ *Interespecífico* proviene del vocablo en inglés *inter-species* (Nota de los editores).

Análisis de mecanismos en los estudios de la pobreza

Cuando se trata de comprender mecanismos -o en otros términos proporcionar el "cómo" la pobreza se asocia con algún aspecto del desarrollo infantil-, los investigadores que realizan estudios con seres humanos enfrentan barreras fundamentales para la investigación. Esto se debe al simple hecho de que un "mecanismo" implica indagar acerca de "causas". En consecuencia, se debe tener la posibilidad de controlar y manipular las variables de interés para evaluar cómo una variable independiente (e.g., el indicador de pobreza) afecta de manera causal a otra variable dependiente (e.g., un aspecto del desarrollo cognitivo) (Hedström & Ylikoski, 2010; Machamer, Darden & Craver, 2000). Por lo general, el control experimental necesario para determinar las relaciones de causa y efecto se logra a través de un procedimiento denominado asignación aleatoria, en la que los participantes se asignan aleatoriamente a al menos uno de dos grupos: experimental y control. La asignación aleatoria asegura que cada participante tenga la misma oportunidad de ser asignado a cualquiera de los dos grupos, lo que aumenta la probabilidad de que éstos sean iguales al comienzo de un experimento y reduce la posibilidad de que los resultados observados sean explicados por otros factores que no se relacionen con el tratamiento de interés. Si bien hay pocos casos en la historia en los cuales los eventos naturales hayan producido una asignación aleatoria dentro o fuera de las condiciones de pobreza (Costello, Compton, Keeler & Angold, 2003; Rutter, 2003), en general los investigadores que realizan sus estudios con seres humanos están limitados cuando se trata de evaluar directamente los mecanismos relacionados con la pobreza, fundamentalmente debido a las restricciones éticas para asignar personas que sufren adversidad a condiciones en las que no se satisfagan sus necesidades y derechos.

Sin duda, la investigación con seres humanos ha brindado una amplia visión de los mecanismos potenciales mediante los cuales la pobreza podría influir en el desarrollo infantil, al identificar asociaciones significativas e inferir la causalidad entre variables de interés mediante el uso de métodos estadísticos sofisticados de modelado. Sin embargo, los investigadores no pueden asignar de manera aleatoria a las familias dentro o fuera de las condiciones de pobreza. De este modo, los investigadores se ven limitados a la recopilación de datos observacionales y correlacionales que, si bien no proporcionan una evaluación directa de las relaciones de causa-efecto entre la pobreza y los resultados del desarrollo, darían cuenta de la gran complejidad de la condición humana de pobreza (e.g., factores culturales y psicosociales). En otras palabras, la investigación con seres humanos tiene la ventaja de brindar una alta validez externa, lo que significa que los resultados pueden generalizarse más fácilmente a situaciones y personas externas al estudio en sí. Sin embargo, es mucho más difícil para la investigación con seres humanos establecer mecanismos causales mediante la exclusión o control de las variables de confusión.

Asimismo, la investigación con seres humanos enfrenta desafíos técnicos y de eficiencia al evaluar el desarrollo cerebral y el comportamiento a lo largo de la vida. A pesar del desarrollo de herramientas de registro e imágenes neurales sofisticadas, los investigadores no pueden evaluar directamente los mecanismos neurales mediante los cuales la pobreza podría conducir a resultados de desarrollo alterados (Perry et al., 2018). Además, debido a la expectativa de vida extendida de los seres humanos, los investigadores enfrentan desafíos de eficiencia en los estudios longitudinales del desarrollo.

En conjunto, las limitaciones que enfrentan las investigaciones con seres humanos enfatizan la necesidad de

nuevos enfoques que permitan abordajes de exploración de los mecanismos del impacto de la pobreza en el desarrollo. La aplicación de un enfoque centrado en los mecanismos sería de importancia por múltiples razones, entre las cuales resulta central la posibilidad de identificar de manera eficiente las condiciones bajo las cuales la adversidad relacionada con la pobreza puede o no afectar los aspectos del desarrollo que sean de interés. La comprensión de estas condiciones es, en última instancia, necesaria para informar estrategias que promuevan cambios efectivos y basados en la evidencia a través de intervenciones y/o de la implementación de políticas (Wight, Wimbush, Jepson & Doi, 2016). Por otra parte, la comprensión de los mecanismos subyacentes permitiría complementar acciones pensadas en función con el contexto, lo que haría posible diseñar y ensayar diferentes vías de intervención individualizadas (Findlay & Thagard, 2012). La comprensión de este tipo de mecanismos ha conducido históricamente a pensar e implementar soluciones innovadoras para abordar problemas complejos, como por ejemplo en el caso del tratamiento de la fenilcetonuria (PKU) (Diamond & Amso, 2008), las úlceras pépticas (Graham, 1993), y el melanoma (Kudchadkar, Gonzalez, & Lewis, 2013). Por último, comprender a fondo los mecanismos por los cuales operan las intervenciones podría evitar daños o contratiempos involuntarios como resultado de la misma intervención, como también se ha observado en el campo de la medicina (e.g., la crisis de resistencia a los antibióticos que se ha atribuido al uso excesivo y el uso indebido de los mismos) (Ventola, 2015).

A medida que los investigadores buscan superar las limitaciones inherentes a los estudios de la pobreza y el desarrollo humano -y adoptan enfoques de investigación centrados en los mecanismos-, la integración de modelos animales es una solución intermedia plausible (Perry et al., 2018). La investigación con

animales proporciona a los investigadores un alto nivel de control ambiental y la capacidad de manipular variables, lo que permite realizar estudios controlados de las relaciones de causa y efecto entre las variables de interés. Además, las técnicas neurocientíficas avanzadas, que en la actualidad son comúnmente empleadas en la investigación con animales, permiten a los investigadores ir más allá de la identificación de los correlatos neurales relacionados con la privación material y social y el desarrollo, al permitir la exploración de mecanismos mediante los cuales tales adversidades actúan sobre el desarrollo. Es importante destacar que la comprensión de los mecanismos neurobiológicos permitiría obtener medidas altamente sensibles que podrían emplearse para identificar impactos de la adversidad relacionada con la pobreza en el desarrollo cerebral, la creación y evaluación de impacto de intervenciones. Además, los modelos animales, y en particular los modelos de roedores, brindan a los investigadores una opción más eficiente para los estudios longitudinales y multi-generacionales debido a la rápida maduración de estas especies, la menor expectativa de vida y la capacidad de reproducirse rápidamente. Si bien los modelos animales no pueden abarcar la complejidad de los comportamientos humanos ni la condición humana de la pobreza, los animales siguen siendo en parte genética (Gibbs et al., 2004) y biológicamente similares a los seres humanos, incluso respecto al cerebro (Buzsaki, Logothetis & Singer, 2013).

En general, las limitaciones de los estudios sobre la pobreza y el desarrollo con seres humanos pueden pensarse como las fortalezas de la investigación con animales, y viceversa: la investigación con animales se enfrenta a ventajas en términos de alto control experimental y, por lo tanto, alta validez interna; pero desventajas cuando se trata de la validez externa. Se necesitan muchos más pasos para establecer si los hallazgos de modelos animales se pueden generalizar a las poblaciones humanas.

Teniendo en consideración las fortalezas y limitaciones de la investigación tanto con seres humanos como en modelos animales cuando se trata de estudiar la pobreza y el desarrollo infantil, hemos desarrollado un programa de investigación que promueve el uso colaborativo e integrador de los estudios con seres humanos y con modelos animales. Tal programa se inserta dentro de un marco de traslación bidireccional para el estudio del desarrollo, cuyo objetivo principal es avanzar de manera eficiente y significativa en la investigación traslacional (Perry et al., 2018) (Figura 1).

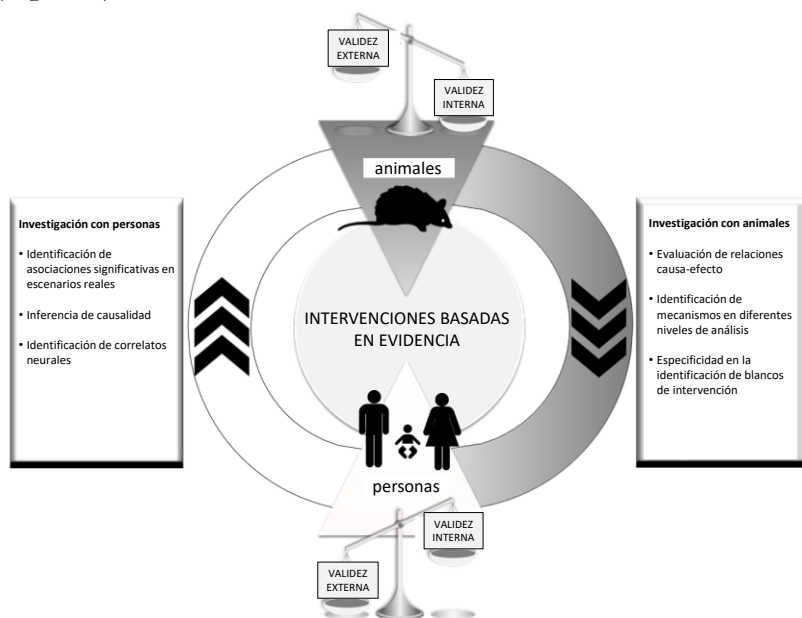


Figura 1 - Modelo de investigación de mecanismos en estudios inter-específicos. Un enfoque integrador de la investigación inter-específico proporcionaría soluciones a las limitaciones actuales que enfrentan los investigadores en el área de pobreza. Si bien los estudios en seres humanos brindan resultados importantes y significativos en contextos ecológicos (alta validez externa), no pueden establecer los mecanismos causales por los cuales la pobreza impacta al desarrollo infantil (menor validez interna). Los estudios con modelos animales tienen la ventaja de una alta validez interna y, por lo tanto, pueden poner

a prueba hipótesis causales e identificar los mecanismos por los cuales la pobreza influiría en el desarrollo. Sin embargo, dada su menor validez externa, los estudios con animales se basan en estudios con seres humanos para aumentar la relevancia traslacional del diseño y los hallazgos de un estudio. A su vez, los estudios con animales pueden proporcionar un enfoque basado en mecanismos para los estudios con seres humanos, lo que permitiría la identificación de eventuales blancos de intervención. Este flujo iterativo y bidireccional, en conjunto con el refinamiento de los hallazgos entre estudios con seres humanos y animales, podría aumentar la velocidad con la que se crean y escalan las intervenciones basadas en la evidencia, así como su eficacia y especificidad.

Al realizar investigaciones concurrentes inter-específicas sobre la adversidad relacionada con la pobreza y sus efectos en el desarrollo, sería posible implementar un abordaje de estudio de los mecanismos al tiempo que se maximiza su validez interna y externa. Además, el uso de un enfoque de investigación traslacional, bidireccional e inter-especies, proporcionaría una solución innovadora a las limitaciones actuales que enfrentan los investigadores del desarrollo. La implementación de modelos animales permite a los investigadores que trabajan con seres humanos ir más allá de la evaluación de correlaciones, para poder analizar mecanismos de causalidad considerando múltiples niveles de análisis (e.g., neurobiológico, conductual), así como también implementar diseños longitudinales con mayor eficiencia. Además, los modelos animales brindan a los investigadores la capacidad de modelar y estudiar los efectos de distintos dominios o aspectos de la pobreza de manera independiente (e.g., la escasez de los recursos, el hacinamiento en el hogar o la exposición a agentes contaminantes) (Evans, 2004). En forma inversa, la inclusión de la investigación con seres humanos permite a los investigadores que trabajan con modelos animales abarcar la complejidad de los comportamientos humanos y la condición multifactorial de la

pobreza, a fin de maximizar la validez ecológica y el eventual potencial de traslación de los estudios.

También es importante tener en consideración que el flujo bidireccional y el refinamiento continuo de los hallazgos entre los estudios con seres humanos y con modelos animales podría mejorar la rapidez y la sensibilidad con que se crean y escalan las intervenciones (Figura 1). Los estudios con seres humanos proporcionan resultados importantes y significativos en contextos naturales o ecológicos. A su vez, los estudios con modelos animales brindan la posibilidad de llevar a cabo observaciones en el contexto del laboratorio para evaluar hipótesis causales. Asimismo, podrían proporcionar perspectivas novedosas a los estudios con seres humanos, tales como la identificación de aspectos especialmente importantes para el estudio de los efectos de la pobreza en el desarrollo infantil; o la identificación de redes neurales particularmente sensibles a los efectos de la adversidad relacionada con la pobreza. Este enfoque bidireccional e iterativo inter-específico tiene el potencial de avanzar en esta área de investigación con sorprendente rapidez. Tal ha sido el caso en el campo de las ciencias médicas, en el cual una fuerte interfaz entre la investigación con seres humanos y con animales ha dado lugar a numerosos avances. Por ejemplo, la investigación traslacional inter-específica ha contribuido con el desarrollo de tratamientos para el VIH/SIDA (Deeks et al., 2012), o el cáncer (Sagiv-Barfi et al., 2018), así como también de vacunas (Plotkin, 2014). Un enfoque de este tipo (i.e., inter-específico) tiene el potencial de brindar avances similares en las ciencias sociales, incluyendo el campo de estudio del desarrollo infantil.

Estudio de la adversidad asociada a la pobreza en un modelo con roedores

Perry y colaboradores (2018) publicaron un artículo que utiliza un enfoque inter-específica para el estudio de la adversidad relacionada con la pobreza y el desarrollo infantil (Perry et al., 2018). En ese trabajo, se presentaron los resultados de un modelo de privación en roedores, junto con los hallazgos del *Family Life Project*²⁴ (Proyecto de Vida Familiar, PVF), un estudio longitudinal prospectivo que involucró a 1292 familias que vivían, predominantemente, por debajo de la línea de pobreza federal (Vernon-Feagans & Cox, 2013). Usando un enfoque de análisis inter-específico, los autores analizaron si la adversidad relacionada con la pobreza se asocia con el desarrollo de bebés muy pequeños de manera similar en humanos y en roedores; y si las prácticas de crianza son un mecanismo potencial por el cual la pobreza influye al desarrollo. Este artículo fue el primero en intentar validar un modelo de adversidad relacionada con la pobreza en roedores, a partir de hallazgos de estudios de pobreza y desarrollo en seres humanos.

A fin de incluir en el modelo con roedores un único aspecto de la condición humana de pobreza, los autores adoptaron un enfoque de dominio específico mediante la creación de condiciones de privación (i.e., adversidad por escasez). En condiciones de escasez, una rata adulta hembra y sus crías jóvenes recibieron material insuficiente para anidar dentro de una jaula. Estos materiales, que en este caso eran virutas de madera, normalmente los utiliza la rata adulta hembra para construir un nido para sus crías, que sirve como centro de cuidado y una base segura para las mismas. Si bien otros laboratorios han utilizado un modelo similar de escasez de recursos en roedores (Walker et al.,

²⁴ <https://flp.fpg.unc.edu/> (Referencia de los Editores).

2017), su aplicación ha sido principalmente para el estudio del estrés o del abuso en etapas tempranas de la vida, y no de la adversidad relacionada con la escasez material.

En el estudio de Perry y colaboradores (2018) madres y crías de roedores fueron asignadas al azar a condiciones de escasez o control. En las condiciones de control, se proporcionaron los materiales suficientes de virutas de madera, de modo que las ratas tenían los recursos disponibles para la construcción de un nido. Después de 5 días de exposición a la escasez, en contraste con las condiciones de crianza del grupo de control, las crías de ambos grupos fueron evaluadas para analizar la existencia de diferencias en el desarrollo, utilizando indicadores específicos de desarrollo socioemocional y cognitivo. Estas evaluaciones implicaban respuestas de la cría al olor y a las señales somato-sensoriales, ya que las crías nacen ciegas y sordas y siguen siéndolo hasta alrededor del día 15 después del nacimiento, cuando comienzan a madurar los sistemas auditivo y visual (Ehret, 1976; Weber & Olsson, 2008). Específicamente, se utilizaron olores y señales somato-sensoriales de la madre, ya que las crías dependen de estas señales para sobrevivir durante tal etapa temprana de la vida (Hill & Almlí, 1981; Hofer, Shair & Singh, 1976).

La asignación aleatoria a la condición de escasez se asoció con impactos negativos en el desarrollo de las crías en comparación con las de la condición de control. De manera específica, las crías de la condición de escasez mostraron una preferencia reducida al olor materno en sus respuestas de aproximación en una prueba de laberinto “Y”, en comparación con las crías del grupo de control. Asimismo, mostraron un mayor tiempo de latencia para unirse al pezón de la madre y una reducción general en el tiempo que pasaron unidas a la madre en una prueba de inserción del pezón guiada por el olor materno. Por último, la presencia materna, que generalmente regula la

reactividad de las crías en momentos de ansiedad (Hofer, 1996), no redujo las llamadas que se interpretan como de aflicción (vocalizaciones ultrasónicas de 30-60 kHz) en las crías del grupo de escasez.

Estas disparidades en los indicadores tempranos del desarrollo inducidas por la privación fueron enfatizadas por los hallazgos neurobiológicos en las crías del grupo de escasez. A través del uso de la técnica de auto-radiografía ^{14}C -2-deoxiglucosa se evaluó la conectividad entre diferentes redes neurales durante la presentación de olores maternos. Mientras que los cerebros de las crías del grupo de control se asoció con una respuesta simple y organizada de la red neural que involucra la conexión entre la amígdala y el hipocampo, en las ratas criadas en la condición de escasez se verificó una red de conectividad más extensa entre la corteza olfatoria y las áreas del sistema límbico en respuesta al olor materno, además de una conectividad funcional particularmente significativa entre la corteza piriforme anterior y la corteza prefrontal. Estos hallazgos sugieren que la exposición temprana a la privación se asoció con cambios significativos en el funcionamiento neural cuyo potencial impacto a largo plazo debe continuar siendo estudiado (Di Martino et al., 2013; Scheinost et al., 2016). En forma específica, es necesario realizar más investigaciones para dilucidar los mecanismos neurales mediante los cuales la conectividad alterada podría tener consecuencias en el desarrollo como resultado de la exposición a adversidades relacionadas con la pobreza.

Los resultados de este experimento también demostraron que la manipulación de la disponibilidad de recursos en las jaulas influyó directamente en la calidad del cuidado de los roedores. Específicamente, la asignación a condiciones de escasez causó una reducción de los comportamientos maternos de cuidado (Rilling & Young, 2014), en relación con los comportamientos maternos del

grupo de control, en términos de una disminución del tiempo que pasaban en el nido con sus crías y amamantándolas. Además, las condiciones de privación se asociaron con un aumento de los comportamientos de cuidado negativos (Drury, Sanchez, & Gonzalez, 2016), como por ejemplo transportar de manera brusca a sus crías (e.g., cargándolas desde la extremidad posterior), pisándolas y dispersándolas por toda la jaula.

Cuando se consideraron los resultados de este estudio en roedores en relación con los hallazgos del PVF, se encontraron algunas similitudes generales en cuanto a las relaciones entre la adversidad relacionada con la pobreza, la crianza de los hijos e hijas y el desarrollo infantil. De manera específica, los resultados del PVF indicaron que la exposición a adversidad por pobreza se asoció negativamente con comportamientos de crianza sensibles (i.e., a mayor adversidad menos comportamientos de cuidado), y positivamente con los comportamientos de crianza negativos (i.e., a mayor adversidad, mayor cantidad de comportamientos de crianza negativos). Asimismo, las prácticas de crianza resultaron ser un mediador significativo de la asociación entre la pobreza y el desarrollo afectivo y cognitivo infantil (Perry et al., 2018). Por lo tanto, en conjunto, estos hallazgos proporcionan evidencia de que la adversidad relacionada con la pobreza afectaría múltiples aspectos del desarrollo infantil, incluso durante la infancia temprana. Además, estos hallazgos sugieren un proceso similar en el modo en que la pobreza podría influir en el desarrollo infantil, a través de comportamientos parentales alterados. Estas similitudes proveen de validez traslacional a este modelo de adversidad por escasez en roedores, que podría seguir aplicándose para identificar otros eventuales mecanismos (considerándose múltiples niveles de análisis) por los cuales la pobreza influye en el desarrollo.

Desafíos y limitaciones

Si bien el uso de un abordaje inter-específico en el estudio de mecanismos aumentaría el potencial de traslación de la investigación de la pobreza y el desarrollo, la generalización del uso de este enfoque requiere superar barreras disciplinarias, logísticas y científicas. En primer lugar, la mayoría de los investigadores tienen experiencia en técnicas de investigación con seres humanos o con animales, pero no con ambos. La capacitación interdisciplinaria, si fuera posible, requeriría un aumento sustancial de tiempo y esfuerzo, lo cual no siempre es deseable ni factible dada la falta de oferta de este tipo de programas. Por lo tanto, los programas de investigación con diferentes especies serían más factibles de concretarse a través de colaboraciones multidisciplinarias en las cuales investigadores de diferentes disciplinas, trabajaran en conjunto con un objetivo común. Asimismo, el éxito de las colaboraciones multidisciplinarias se basa en superar los límites o barreras institucionales y científicas (Cummings & Kiesler, 2005). A pesar de estos desafíos y limitaciones, existen algunos métodos sencillos que permitirían fomentar la investigación de los mecanismos en estudios realizados con diferentes especies. Por ejemplo, a nivel institucional una estrategia potencialmente productiva es la de proporcionar instalaciones que promuevan reuniones y fomenten la comunicación entre investigadores con diferentes conocimientos -lo cual se ha demostrado que incrementa la ocurrencia de colaboraciones (Balland, 2012)-. A nivel logístico, esto sugiere la importancia de localizar a los laboratorios que trabajan en áreas de investigación comunes (e.g., investigadores de estudios básicos y aplicados) en zonas edilicias cercanas. En el mismo sentido, la ubicación centralizada de la cafetería también podría aumentar las posibilidades de colaboración multidisciplinaria. Además, se podría intentar superar las barreras en la comunicación multidisciplinaria a través de la

creación de capacitaciones interdisciplinarias específicas, y la inclusión de jornadas, seminarios y talleres entre diferentes institutos o laboratorios (Bruun, Hukkinen, Huutoniemi & Thompson Klein, 2005; Kraut, Galegher & Egido, 1987).

La construcción de puentes entre disciplinas también se puede lograr a través de reuniones y conferencias multidisciplinarias nacionales e internacionales. La XII reunión de la Escuela Internacional "*Mente, Cerebro y Educación*" (MBE) sobre "Neurociencia de la Pobreza", que tuvo lugar en el Centro de la Cultura Científica Ettore de Majorana en Erice, Sicilia, es un ejemplo de ello. Aquí, investigadores y expertos de diferentes áreas se reunieron durante una semana para discutir investigaciones de vanguardia e innovar en la creación de soluciones para superar las barreras actuales relacionadas con el estudio neurocientífico de la pobreza. Esto se logró a través de presentaciones académicas, distribución y discusión de los manuscritos publicados y no publicados de los participantes, mesas redondas y, quizás lo más importante, el vínculo social entre los participantes de diferentes disciplinas. Las discusiones entre los participantes revelaron rápidamente que la integración de teorías y métodos de diferentes disciplinas en una nueva perspectiva es un desafío en sí mismo. Resulta claro, en consecuencia, que para integrar con éxito un abordaje inter-específico para el estudio de mecanismos en el estudio de la pobreza, se deben superar algunas barreras científicas (Bruun et al., 2005). Por ejemplo, las soluciones innovadoras que podrían surgir desde un enfoque multidisciplinario podrían verse obstaculizadas debido a la falta de familiaridad que los científicos tienden a tener con otras disciplinas, lo cual funciona como una "barrera de conocimiento". Además, con frecuencia existen barreras culturales cuando se consideran diferentes disciplinas, como la cultura del lugar de trabajo y el uso de terminología especializada, que deben conciliarse para lograr colaboraciones

exitosas. De manera similar, las diferencias en las técnicas y enfoques que son comunes en diferentes disciplinas, pueden conducir a barreras metodológicas. También pueden surgir barreras psicológicas cuando los investigadores son desafiados a ver sus propias creencias y puntos de vista desde una nueva perspectiva, o incluso cuando se los desafía a cambiar sus actitudes y conceptualizaciones. Finalmente, deben ser consideradas las barreras de recepción, que pueden surgir cuando los investigadores no comprenden o no aceptan el valor que otras disciplinas o enfoques alternativos pueden proporcionar.

En la escuela MBE sobre "Neurociencia de la pobreza", las barreras de conocimiento fueron desafiadas a través de la socialización y la transmisión de conocimiento entre los participantes. Estos discutieron la necesidad de un lenguaje común en la investigación de la pobreza y disminuyeron el uso de terminología o jerga especializada en publicaciones y presentaciones. El uso de un lenguaje accesible permitiría a los investigadores identificar vínculos entre disciplinas y aumentar las oportunidades para la colaboración multidisciplinaria, así como también beneficiaría los esfuerzos de funcionarios, políticos, y del público en general. Por otra parte, en la escuela MBE se presentaron y analizaron diversos enfoques metodológicos, lo cual permitió comprender cómo se podrían integrar mejor las metodologías. Por ejemplo, ir más allá de informar el nivel estadístico de significación e incorporar el reporte del tamaño del efecto proporcionaría un lenguaje común para la interpretación de los resultados, independientemente del enfoque metodológico y analítico utilizado. Los participantes de la escuela MBE tuvieron el desafío de pensar en sus problemas de investigación desde nuevas perspectivas, en un entorno seguro y productivo, que incentivó la recepción de información de disciplinas y enfoques alternativos. Si bien muchos de los participantes no estaban familiarizados con los

enfoques de investigación de los mecanismos causales en el estudio de la pobreza al inicio de la escuela, pronto incorporaron elementos para estimar su valor y potencial para innovar y acelerar la construcción de conocimiento básico y eventualmente aplicado.

En resumen, promover el uso de un enfoque de mecanismos en estudios traslacionales requiere superar barreras disciplinares, institucionales y científicas sustanciales. Sin embargo, hay medios por los cuales ello puede ser logrado (Klein & Newell, 1997). Si bien los cambios generados a nivel institucional podrían promover el desarrollo de investigaciones inter-específicas efectivas, los cambios a nivel de los investigadores ayudarían a orientar aún más el proceso. La asistencia y difusión de los resultados de investigaciones en conferencias y cursos multidisciplinarios permitirían la transferencia de conocimientos y la posibilidad de forjar relaciones de trabajo multidisciplinario. Tal tipo de articulación permitiría romper barreras en la investigación de los mecanismos. Si estos esfuerzos se traducen en programas multidisciplinarios de investigación, o en un aumento de la investigación que se basa en disciplinas fuera del área de experticia del investigador, se aumentaría la probabilidad de que conduzcan a investigaciones innovadoras sobre la pobreza y el desarrollo.

Conclusiones y direcciones futuras

Creer en la pobreza se asocia con un mayor riesgo de disparidades en el desarrollo cognitivo y socioemocional, la salud física y mental, y los logros a lo largo de la vida (Adler & Rehkopf, 2008; Bradley & Corwyn, 2002). Si bien los enfoques de investigación de la psicológica, la sociológica y la epidemiológica brindan información valiosa sobre la pobreza y su impacto, la integración de los estudios neurocientíficos que utilizan modelos animales contribuiría con la evaluación de las relaciones de causa y efecto entre la pobreza y el desarrollo. Si bien el campo de investigación

del desarrollo desde el enfoque inter-específico es incipiente, los ejemplos mencionados en párrafos previos demuestran su viabilidad y alto potencial de impacto (Casey et al., 2010; Cohen et al., 2013; Diamond & Amso, 2008; Pattwell et al., 2012; Perry et al., 2018; Warneken, Hare, Melis, Hanus, & Tomasello, 2007). En consecuencia, investigaciones futuras sobre la pobreza y su impacto en el desarrollo deberían considerar la incorporación del estudio de los mecanismos causales a través de modelos animales, o incorporar directamente la investigación de los mecanismos mediante el uso de un abordaje traslacional. De manera ideal, los modelos animales permitirían abordar un aspecto de la pobreza por vez (e.g., la escasez de los recursos, la exposición a la contaminación, la nutrición, etc.), para contribuir con la distinción de los aspectos específicos de los contextos empobrecidos que tienen un mayor impacto en el desarrollo infantil. Además, la comprensión de estos mecanismos permitirá el diseño de intervenciones más específicas para la prevención y modificación de los efectos de la pobreza. Asimismo, los modelos animales podrían usarse para diferenciar el impacto en el desarrollo temprano de las experiencias, tanto de adversidad como de enriquecimiento, dado que son dominios diferentes a considerar cuando se evalúa el impacto del nivel socioeconómico en todo su gradiente (Amso & Lynn, 2017). Por último, el uso de modelos animales sería vital para dilucidar los mecanismos neurobiológicos por los cuales la pobreza puede influir en el desarrollo.

Con el objetivo de maximizar el impacto traslacional de los estudios, las investigaciones futuras deberían implementar un enfoque integrador y bidireccional inter-específico. Sin embargo, existen considerables limitaciones para establecer este tipo de investigación interdisciplinaria (Klein & Newell, 1997), cuya superación implicará un mayor esfuerzo de las instituciones y de los propios investigadores. En este sentido, la reunión de

investigadores que estudian problemas comunes, como se logró en la escuela MBE “Neuroscience of Poverty”, facilitaría el camino para elaborar futuros programas de investigación interdisciplinarios y/o colaboraciones multidisciplinarias. En última instancia, los datos de estudios inter-específicos podrían facilitar, e incluso mejorar, el proceso mediante el cual se utiliza la investigación para mejorar la vida de los niños y niñas en riesgo por pobreza.

Referencias bibliográficas

- Adler, N. E., & Rehkopf, D. H. (2008). US disparities in health: descriptions, causes, and mechanisms. *Annual Review of Public Health, 29*, 235-252.
- Amso, D., & Lynn, A. (2017). Distinctive Mechanisms of Adversity and Socioeconomic Inequality in Child Development: A Review and Recommendations for Evidence-Based Policy. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences, 4*, 139-146.
- Balland, P. A. (2012). Proximity and the evolution of collaboration networks: evidence from research and development projects within the global navigation satellite system (GNSS) industry. *Regional Studies, 46*, 741-756.
- Birnie, K., Cooper, R., Martin, R. M., Kuh, D., Sayer, A. A., Alvarado, B. E., . . . Cooper, C. (2011). Childhood socioeconomic position and objectively measured physical capability levels in adulthood: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One, 6*, e15564.
- Blair, C., & Raver, C. C. (2016). Poverty, stress, and brain development: New directions for prevention and intervention. *Academic Pediatrics, 16*, S30-S36.
- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology, 53*, 371-399.
- Bruun, H., Hukkinen, J. I., Huutoniemi, K. I., & Thompson Klein, J. (2005). *Promoting interdisciplinary research*. Academy of Finland.

- Buzsaki, G., Logothetis, N., & Singer, W. (2013). Scaling brain size, keeping timing: evolutionary preservation of brain rhythms. *Neuron*, 80, 751-764.
- Casey, B. J., Jones, R. M., Levita, L., Libby, V., Pattwell, S. S., Ruberry, E. J., . . . Somerville, L. H. (2010). The storm and stress of adolescence: insights from human imaging and mouse genetics. *Developmental Psychobiology*, 52, 225-235.
- Chetty, R., Stepner, M., Abraham, S., Lin, S., Scuderi, B., Turner, N., . . . Cutler, D. (2016). The association between income and life expectancy in the United States, 2001-2014. *JAMA*, 315, 1750-1766..
- Cohen, M. M., Jing, D., Yang, R. R., Tottenham, N., Lee, F. S., & Casey, B. (2013). Early-life stress has persistent effects on amygdala function and development in mice and humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 18274-18278.
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Chen, E., & Matthews, K. A. (2010). Childhood socioeconomic status and adult health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186, 37-55.
- Costello, E. J., Compton, S. N., Keeler, G., & Angold, A. (2003). Relationships between poverty and psychopathology: A natural experiment. *JAMA*, 290, 2023-2029.
- Cummings, J. N., & Kiesler, S. (2005). Collaborative research across disciplinary and organizational boundaries. *Social Studies of Science*, 35, 703-722.
- Di Martino, A., Zuo, X.-N., Kelly, C., Grzadzinski, R., Mennes, M., Schvarcz, A., . . . Milham, M. P. (2013). Shared and distinct intrinsic functional network centrality in autism and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*, 74, 623-632.
- Diamond, A., & Amso, D. (2008). Contributions of Neuroscience to Our Understanding of Cognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 136-141.
- Drury, S. S., Sanchez, M. M., & Gonzalez, A. (2016). When mothering goes awry: challenges and opportunities for utilizing evidence across rodent, nonhuman primate and

- human studies to better define the biological consequences of negative early caregiving. *Hormones and Behavior*, 77, 182-192.
- Ehret, G. (1976). Development of absolute auditory thresholds in the house mouse (*Mus musculus*). *Journal of the American Audiology Society*, 1, 179-184.
- Evans, G. W. (2004). The environment of childhood poverty. *American Psychologist*, 59, 77-92.
- Findlay, S. D., & Thagard, P. (2012). How parts make up wholes. *Frontiers in Physiology*, 3, 455.
- Gibbs, R. A., Weinstock, G. M., Metzker, M. L., Muzny, D. M., Sodergren, E. J., Scherer, S., . . . Rat Genome Sequencing Project, C. (2004). Genome sequence of the Brown Norway rat yields insights into mammalian evolution. *Nature*, 428, 493-521.
- Graham, D. Y. (1993). Treatment of peptic ulcers caused by *Helicobacter pylori*. *The New England Journal of Medicine*, 328, 349-350.
- Green, J. G., McLaughlin, K. A., Berglund, P. A., Gruber, M. J., Sampson, N. A., Zaslavsky, A. M., & Kessler, R. C. (2010). Childhood adversities and adult psychiatric disorders in the national comorbidity survey replication I: associations with first onset of DSM-IV disorders. *Archives of General Psychiatry*, 67, 113-123.
- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65-73.
- Hedström, P., & Ylikoski, P. (2010). Causal mechanisms in the social sciences. *Annual Review of Sociology*, 36, 49-67.
- Hill, D. L., & Almli, C. R. (1981). Olfactory bulbectomy in infant rats: survival, growth and ingestive behaviors. *Physiology & Behavior*, 27, 811-817.
- Hofer, M. A. (1996). Multiple regulators of ultrasonic vocalization in the infant rat. *Psychoneuroendocrinology*, 21, 203-217.

- Hofer, M. A., Shair, H., & Singh, P. (1976). Evidence that maternal ventral skin substances promote suckling in infant rats. *Physiology & Behavior*, 17, 131-136.
- Deeks, S. G., Autran, B., Berkhout, B., Benkirane, M., Cairns, S., Chomont, N., ... & Lafeuillade, A. (2012). Towards an HIV cure: a global scientific strategy. *Nature Reviews Immunology*, 12, 607-614.
- Jiang, Y., Granja, M. R., & Koball, H. (2017). Basic Facts about Low-Income Children: Children under 18 Years, 2015. Fact Sheet. *National Center for Children in Poverty*.
- Klein, J. T., & Newell, W. H. (1997). Advancing interdisciplinary studies. Chapter 19 in *Handbook of the undergraduate curriculum: A comprehensive guide to purposes, structures, practices, and change* (J.T. Klein, W.H. Newel Eds). San Francisco: Jossey-Bass, pp. 393-415.
- Kraut, R. E., Galegher, J., & Egidio, C. (1987). Relationships and tasks in scientific research collaboration. *Human-Computer Interaction*, 3, 31-58.
- Krieger, N., Williams, D. R., & Moss, N. E. (1997). Measuring social class in US public health research: concepts, methodologies, and guidelines. *Annual Review of Public Health*, 18, 341-378.
- Kudchadkar, R. R., Gonzalez, R., & Lewis, K. (2013). New targeted therapies in melanoma. *Cancer Control*, 20, 282-288.
- Lipina, S. J., & Posner, M. I. (2012). The impact of poverty on the development of brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 238.
- Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science*, 67, 1-25.
- Noble, K. G., McCandliss, B. D., & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science*, 10, 464-480.
- Pattwell, S. S., Duhoux, S., Hartley, C. A., Johnson, D. C., Jing, D., Elliott, M. D., . . . Yang, R. R. (2012). Altered fear learning

- across development in both mouse and human. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 16318-16323.
- Perry, R. E., Finegood, E. D., Braren, S. H., DeJoseph, M. L., Putrino, D. F., Wilson, D. A., . . . Family Life Project Key, I. (2018). Developing a neurobehavioral animal model of poverty: Drawing cross-species connections between environments of scarcity-adversity, parenting quality, and infant outcome. *Development and Psychopathology*, 1-20. doi:10.1017/S095457941800007X.
- Plotkin, S. (2014). History of vaccination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 12283-12287.
- Poulton, R., Caspi, A., Milne, B. J., Thomson, W. M., Taylor, A., Sears, M. R., & Moffitt, T. E. (2002). Association between children's experience of socioeconomic disadvantage and adult health: a life-course study. *The Lancet*, 360, 1640-1645.
- Raizada, R. D., & Kishiyama, M. M. (2010). Effects of socioeconomic status on brain development, and how cognitive neuroscience may contribute to leveling the playing field. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 3.
- Rilling, J. K., & Young, L. J. (2014). The biology of mammalian parenting and its effect on offspring social development. *Science*, 345, 771-776.
- Rutter, M. (2003). Poverty and child mental health: natural experiments and social causation. *JAMA*, 290, 2063-2064.
- Sagiv-Barfi, I., Czerwinski, D. K., Levy, S., Alam, I. S., Mayer, A. T., Gambhir, S. S., & Levy, R. (2018). Eradication of spontaneous malignancy by local immunotherapy. *Science Translational Medicine*, 10, aar4488.
- Scheinost, D., Sinha, R., Cross, S. N., Kwon, S. H., Sze, G., Constable, R. T., & Ment, L. R. (2016). Does prenatal stress alter the developing connectome? *Pediatric Research*, 81, 214-226.
- Semega, J. L., Fontenot, K. R., & Kollar, M. A. (2017). Income and Poverty in the United States: 2016. *Current Population Reports*, 10-11.

- U.S. Department of Health and Human Services (2018). *Annual update of the HHS Poverty Guidelines*. Federal Register.
- Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacy and therapeutics*, 40, 277-283.
- Vernon-Feagans, L., & Cox, M. (2013). The Family Life Project: An epidemiological and developmental study of young children living in poor rural communities: I. Poverty, rurality, parenting, and risk: An introduction. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 78, 1-23.
- Wadsworth, M. E., Evans, G. W., Grant, K., Carter, J. S., & Duffy, S. (2016). Poverty and the development of psychopathology. *Developmental Psychopathology*. <https://doi.org/10.1002/9781119125556.devpsy404>
- Walker, C. D., Bath, K. G., Joels, M., Korosi, A., Larauche, M., Lucassen, P. J., . . . Baram, T. Z. (2017). Chronic early life stress induced by limited bedding and nesting (LBN) material in rodents: critical considerations of methodology, outcomes and translational potential. *Stress*, 20, 421-448.
- Warneken, F., Hare, B., Melis, A. P., Hanus, D., & Tomasello, M. (2007). Spontaneous altruism by chimpanzees and young children. *PLoS Biology*, 5, e184.
- Weber, E. M., & Olsson, I. A. S. (2008). Maternal behaviour in *Mus musculus* sp.: an ethological review. *Applied Animal Behaviour Science*, 114, 1-22.
- Wight, D., Wimbush, E., Jepson, R., & Doi, L. (2016). Six steps in quality intervention development (6SQuID). *Journal of Epidemiology and Community Health*, 70, 520-525.
- Yoshikawa, H., Aber, J. L., & Beardslee, W. R. (2012). The effects of poverty on the mental, emotional, and behavioral health of children and youth: implications for prevention. *American Psychologist*, 67, 272-284.

**USO DE MODELOS
COMPUTACIONALES PARA
INVESTIGAR MECANISMOS DE
ASOCIACIÓN ENTRE NIVEL
SOCIOECONÓMICO, DESARROLLO
CEREBRAL Y COGNITIVO**

Michael S. C. Thomas

Introducción

La pobreza es sobre todo un fenómeno que afecta en forma negativa la vida de las personas. Y la desigualdad, uno de sus principales impulsores, es un problema de origen social. Los neurocientíficos cognitivos se han interesado cada vez más en cómo se desarrollan en la pobreza tanto el cerebro de los niños y niñas como su cognición. No obstante, cabe hacerle la pregunta de si es útil reducir a las personas a cerebros. Si la pobreza es el resultado de la organización de las estructuras sociales un abordaje

neurocientífico del problema podría resultar ser una mera distracción (Farah, 2017).

Hay al menos tres razones por las que un enfoque de estudio de la pobreza desde la neurociencia cognitiva acerca podría ser productivo. Primero, como veremos, se ha encontrado que el nivel socioeconómico (NSE), medido típicamente por una combinación de ingreso familiar, ocupación y educación parentales, se correlaciona con las diferencias en la estructura y la función cerebral, la capacidad cognitiva y el logro educativo. Sin embargo, muchos factores co-ocurren con un NSE bajo (e.g., Hackman et al., 2015). Las madres pueden estar más estresadas, tener dietas más pobres y más exposición a las drogas durante el embarazo; las niñas y los niños pueden ser criados en ambientes menos cuidados, más contaminados y peligrosos; puede haber menos apoyo social o comunitario, escuelas con pocos recursos pedagógicos y menos actitudes de apoyo a la educación; y los niños y niñas pueden tener menos recursos y oportunidades para la estimulación cognitiva y el aprendizaje. Es posible que no todos estos factores sean igualmente responsables de producir resultados a nivel de la salud, la cognición y la educación. Si se identificaran mecanismos neurobiológicos de los efectos del NSE, quizá esto podría ayudar a orientar en forma complementaria a otros conocimientos la forma de diseñar e implementar intervenciones para aliviar los efectos posteriores de la pobreza. Estas intervenciones podrían ofrecer soluciones a corto plazo, al tiempo que se procure lograr el objetivo social a largo plazo de reducir la pobreza.

En segundo lugar, la evidencia de que la pobreza afecta al cerebro de manera mensurable es un mensaje poderoso para los responsables políticos. Una imagen del cerebro vale más que mil palabras. Sin embargo, los datos sobre el cerebro representan una espada de doble filo, ya que los responsables de la formulación de políticas pueden pensar que los efectos observados en la estructura

y función del cerebro son inmutables. No lo son, porque sabemos que el cerebro es plástico y que las intervenciones conductuales pueden producir mejoras cognitivas. Un estudio de los mecanismos neurales también debe, por lo tanto, enfatizar este mensaje y buscar identificar vías para remediar los impactos observados.

En tercer lugar, el trabajo en educación, las ciencias sociales y cognitivas ha generado una gran cantidad de datos empíricos sobre el desarrollo infantil que se correlacionan con el NSE. Frecuentemente, estos datos correlacionales están sujetos a malentendidos e interpretaciones erróneas si no se comprenden los mecanismos subyacentes. Los siguientes son tres ejemplos de datos empíricos e interpretaciones posibles:

- (1) Las brechas en el cociente intelectual (CI) de niños y niñas que viven en hogares con diferentes niveles de NSE son evidentes desde la infancia y se amplían a través de la niñez y la adolescencia (von Stumm & Plomin, 2015). Esto significaría que algún proceso debe empeorar en la infancia para hacer que las brechas se amplíen.
- (2) Con la edad, el desempeño cognitivo de niños y niñas de hogares pobres que inicialmente era alto, se ve cada vez más influenciado negativamente por factores ambientales asociados al NSE (Feinstein, 2003). A partir de datos como estos, los responsables de la formulación de políticas han llegado a la conclusión de que el potencial temprano se pierde debido a factores ambientales como el cuidado infantil o la educación inicial deficientes, o la falta de acceso a servicios de salud (HM Government, 2003).
- (3) Una forma de medir la movilidad social es evaluar si los niños y las niñas alcanzan un nivel educativo más alto que el de sus padres. En esta medida, sin embargo, al menos la mitad de la variabilidad se puede vincular con factores genéticos (Ayorech

et al., 2017). Esto significaría que factores genéticos podrían limitar los grados de libertad de la movilidad que podría ser influenciada por intervenciones ambientales. Ahora bien, ¿cuál es el rol de los genes en el caso de los niños y las niñas que pueden escapar de la pobreza a través de la educación?

Este capítulo describe una metodología dentro de la neurociencia cognitiva orientada a investigar los mecanismos que subyacen a los efectos del NSE en el cerebro y la cognición: los modelos neurocomputacionales de múltiples niveles de desarrollo cognitivo. El modelo presentado aquí se aplicó a cada uno de los efectos empíricos que se mencionaron en párrafos precedentes; y contribuyó a generar interpretaciones alternativas de cada conjunto de datos empíricos (Thomas, Forrester & Ronald, 2013; Thomas et al., en preparación; Thomas & Meaburn, en preparación).

Asociaciones entre NSE, desarrollo cerebral y cognitivo

Comenzaremos con una breve descripción de la literatura empírica existente. Sabemos que las diferencias en el NSE tienen claras asociaciones con el desarrollo cognitivo (Farah et al., 2006). Estas asociaciones no son uniformes en todas las áreas de la cognición. Hackman y Farah (2009) consideraron estas asociaciones diferenciales en términos de sistemas neurocognitivos definidos en forma anatómica y relativamente independientes. Se observaron los efectos más significativos del NSE en el sistema de lenguaje (regiones perisilvianas izquierdas) y en el sistema ejecutivo [regiones prefrontales, descompuestas en los sistemas de memoria de trabajo (prefrontal lateral), control cognitivo (cingulado anterior) y procesamiento de recompensas (prefrontal ventromedial)]. En el estudio de Farah y colaboradores (2006), el NSE explicó el 32% de la varianza en la medida de

comportamiento compuesto del lenguaje, el 6% en el de control cognitivo y el 6% en el de memoria de trabajo.

Asimismo, se han observado efectos del NSE en medidas de la estructura del cerebro utilizando imágenes de resonancia magnética (MRI). Por ejemplo, Noble y colegas (2015) informaron los efectos de los niveles de ingresos familiares en la superficie cortical en una muestra transversal de 1099 de niños y niñas y adolescentes entre los 3 y 20 años de edad de Estados Unidos. La relación entre NSE y superficie cortical no fue lineal, con los efectos más significativos observados en las familias de ingresos más bajos. Las diferencias en los ingresos en los niveles más altos se asociaron con cambios más pequeños en la superficie cortical. Sin embargo, el NSE solo explicó unos pocos puntos porcentuales de la varianza y se verificó una gran variación en las medidas de la estructura del cerebro no explicadas por el NSE. En particular, los efectos más significativos del NSE en la estructura cerebral se encontraron en regiones asociadas con el lenguaje, la lectura, las funciones ejecutivas y las habilidades espaciales –todo ello compatible con la evidencia a nivel del comportamiento comunicada previamente por Farah y colaboradores (2006).

También se ha encontrado que el NSE tendría un impacto en el desarrollo neural en edades mucho más tempranas. Betancourt y colegas (2016) examinaron la relación entre diferentes medidas de NSE (i.e., ingreso y educación materna) en una muestra de niñas afro-americanas de 5 semanas de edad. Observaron que un menor NSE se asoció con volúmenes más pequeños de sustancia gris cortical y subcortical, lo que sugiere el involucramiento de aspectos neurobiológicos producto de la adversidad muy temprana en el desarrollo neural.

El vínculo entre la estructura y la función del cerebro es indirecto y aún no se comprende del todo bien. Sin embargo, los investigadores han observado diferencias en la función cerebral

asociada con el NSE tanto con la resonancia magnética funcional (fMRI) como con la electrofisiología (EEG). Por ejemplo, utilizando imágenes obtenidas con técnicas de fMRI, Raizada y colegas (2008) encontraron que las habilidades de lenguaje observadas en niños y niñas de 5 años de edad con antecedentes de NSE más bajos estaban asociadas con una especialización funcional hemisférica reducida en el giro frontal inferior izquierdo -un marcador de la maduración funcional de los sistemas lingüísticos-. Al utilizar técnicas de EEG con una muestra de niños y niñas de 3 a 8 años, Stevens, Lauinger y Neville (2009) demostraron una reducción de los componentes neurales de atención selectiva en niños y niñas de familias con niveles educativos maternos bajos. En una tarea de procesamiento auditivo en la que los niños y niñas tenían que asistir de forma selectiva a una de las dos historias narrativas presentadas simultáneamente, las diferencias en el procesamiento neural que caracterizaban a los niños y niñas con bajo NSE se relacionaban específicamente con una capacidad reducida para filtrar información irrelevante.

Estos pocos ejemplos ilustran los métodos generales de una literatura neurocientífica en rápido crecimiento (para revisiones más amplias, véase Farah, 2017; Pavlakis et al., 2015). Es importante destacar que los neurocientíficos cognitivos aún no comprenden los mecanismos causales de estos efectos cognitivos y neurales, sobre todo porque la medida de NSE representa una causa distal y no aísla las causas proximales que influyen en el desarrollo cognitivo y cerebral. Algunas diferencias asociadas con un bajo NSE podrían representar déficits, como por ejemplo en casos extremos de desnutrición materna prenatal o exposición a estrés crónico postnatal. Otras diferencias podrían representar adaptaciones. Por ejemplo, una atención selectiva poco eficiente podría reflejar una mayor vigilancia apropiada para un entorno más

peligroso; o bien la impulsividad podría reflejar la maximización de las recompensas a corto plazo porque las de largo plazo serían poco confiables.

Hackman, Farah y Meaney (2010) clasificaron los potenciales mecanismos causales en tres grupos en base a la investigación con modelos experimentales con animales y la investigación con seres humanos: (1) los que operarían prenatalmente en el desarrollo fetal; (2) los que afectarían la crianza postnatal; y (3) los que afectarían la estimulación cognitiva postnatal. Los modelos explicativos tienden a distinguir lo que se pierde de las familias con NSE bajo (e.g., recursos, buena nutrición, oportunidades de aprendizaje), de lo que se agrega (e.g., estrés, toxinas, experiencias de adversidad infantil) (Sheridan & McLaughlin, 2016). Es probable que las explicaciones causales sean de una complejidad tal que cada grupo de mecanismos o su combinación podrían ser responsables de los impactos de maneras diferentes según el sistema neural que afecten. Asimismo, la combinación de factores puede depender de las características individuales y contextuales de la población específica en estudio.

En este contexto de efectos ambientales potencialmente remediabiles, también sabemos que en las sociedades occidentales al menos una parte de la variabilidad neural, cognitiva y educativa, puede predecirse por factores genéticos –lo cual sugiere que algunos de tales aspectos podrían ser heredables (Plomin et al., 2016). El término hereditario a menudo se malinterpreta para relacionarlo con resultados necesarios o fijos bajo el supuesto de que los genes de los niños y niñas no son modificables. No obstante, esta interpretación es incorrecta. En diferentes entornos, los efectos genéticos pueden aumentar o disminuir: los efectos genéticos observados no son inevitables ni deterministas. Muestran lo que es, no lo que puede ser. En tal sentido, podemos tomar medidas de heredabilidad como resúmenes estadísticos del presente: dada la

gama actual de entornos familiares y educativos en los que se cría a los niños y niñas y sus posibilidades de exploración del mundo, la heredabilidad es una estadística que capta la cantidad de varianza que se predice actualmente por similitud genética.

Ha habido una avalancha de nuevos hallazgos con respecto al desarrollo, el NSE y la genética comportamental. Por ejemplo, diferentes estudios han informado que los logros educativos son "altamente" heredables, con hasta un 60% de explicación de la varianza en el desempeño académico en niños y niñas de 16 años explicados por la similitud genética (Krapohl et al., 2014). Estos efectos genéticos parecen generales en todos los dominios, en lugar de ser solo específicos para diferentes materias académicas (Rimfeld et al., 2015). Por otra parte, las medidas directas de la variación del ADN han señalado regiones del genoma asociadas con el desempeño académico. No obstante, ello involucra medidas educativas generales (e.g., años de escolaridad completados) y niveles bajos de varianza explicada (e.g., 11-13%; Lee et al., 2018). En particular, se ha informado que las variaciones según NSE se alinean parcialmente con la variación genética (e.g., Trzaskowski et al., 2014). En el caso de la movilidad social –en la que el NSE de un individuo puede diferir del de sus padres como en el caso del nivel educativo–, por una parte se ha reportado que poco menos de la mitad de la varianza estaría relacionada con la variación genética (Ayorech et al., 2017), y por otra que las medidas directas de variación del ADN podrían explicar alrededor del 3% de la varianza en la movilidad educativa ascendente (Belsky et al., 2018).

La evidencia del rol de la variación genética en su asociación con el desarrollo cognitivo y los logros académicos, así como de las posibles correlaciones entre la variación genética y los gradientes de NSE, impulsa el debate entre las causas de la relación social y la selección social como potenciales hipótesis explicativas (Farah, 2017). Bajo una explicación de causalidad social, los efectos del

NSE y su persistencia a través de las generaciones estarían impulsados por los entornos en que se crían los niños y las niñas. Bajo una perspectiva de selección social, las diferencias relacionadas con el NSE a nivel neural y cognitivo estarían más influenciadas por control genético, con la estratificación de la población de genotipos de acuerdo con el NSE.

Nuestra preocupación aquí no son los méritos competitivos de estas perspectivas, sino simplemente el desafío planteado por los datos respectivos sobre los roles de los factores ambientales y genéticos en el desarrollo cerebral y cognitivo. ¿Cómo se pueden reconciliar estos cuerpos de datos empíricos en una explicación causal coherente? Dada la complejidad y la naturaleza multifacética tanto del desarrollo cerebral como del desarrollo cognitivo, ¿cómo podemos comenzar a formular y probar explicaciones que compiten entre sí por las vías por las que operan los efectos del NSE y sus implicaciones para la intervención? Incluso bajo la perspectiva de una potencial causación social, uno debe aceptar el rol de la variación genética para contribuir con las diferencias en los resultados del desarrollo cerebral y cognitivo. Incluso, bajo una perspectiva de selección social, uno debe aceptar que las diferencias en las experiencias influirán en el desarrollo.

Modelado neurocomputacional

Un método utilizado en la neurociencia cognitiva para formular y probar perspectivas causales es el modelado computacional. Los modelos pueden formularse a diferentes niveles de descripción: neuronas individuales, circuitos de neuronas, sistemas neurales completos e incluso sistemas cognitivos (Thomas, Forrester & Ronald, 2016). Los modelos se pueden construir para simular las características de las propiedades estáticas de un sistema en un momento dado en el tiempo; o se pueden construir para capturar cambio durante el desarrollo —en tales casos, las trayectorias se

simulan a medida que se modifican con el tiempo (Elman et al., 1996; Mareschal & Thomas, 2007).

¿Cómo podríamos construir un modelo computacional multinivel para explicar los efectos del NSE sobre el desarrollo cerebral y cognitivo, en base a los hallazgos descriptos en este campo de estudio? En primer lugar, debemos estipular un mecanismo de desarrollo neutralmente restringido que adquiera un comportamiento objetivo a través de la interacción con un entorno de aprendizaje estructurado. En otras palabras, debemos estipular cómo el crecimiento de ese mecanismo de desarrollo y las interacciones con el entorno de aprendizaje estructurado podrían alterarse como consecuencia de las variaciones en el NSE. Y por otra parte, también debemos estipular cómo la variación genética podría alterar las propiedades del mecanismo de desarrollo, por ejemplo, en términos de cómo crece, opera y responde a la estimulación. Thomas, Forrester y Ronald (2013) comenzaron esta línea de investigación construyendo un modelo de red neuronal artificial para explorar los efectos de la variación en el NSE sobre la adquisición del lenguaje, centrándose en el dominio específico de la morfología de inflexión (es decir, alterando los sonidos de las palabras para cambiar su significado, como en la formación del tiempo pasado de un verbo). El modelo fue capaz de simular cómo se modificaron las habilidades lingüísticas de los niños y niñas en el gradiente de NSE, así como de generar predicciones comprobables sobre los resultados lingüísticos de los niños y niñas (Thomas & Knowland, 2014; Thomas, 2018). Thomas, Forrester y Ronald (2016) y Thomas (2016) mostraron cómo el mismo modelo, tratado de manera más abstracta, podría extenderse a un formato de múltiples niveles para incorporar un nivel genético de descripción, e índices de estructura cerebral y comportamiento. En las siguientes secciones, ilustramos cómo se puede aplicar este modelo para considerar los efectos del NSE en el desarrollo

cerebral y cognitivo (Thomas et al., en preparación; Thomas & Meaburn, en preparación).

Supuestos y simplificaciones del modelo

En el modelo propuesto, el desarrollo cognitivo se produce a través de la interacción de un mecanismo dependiente de la experiencia en un entorno de aprendizaje estructurado (Figura 1). El mecanismo es una red neuronal artificial, que incorpora restricciones computacionales del procesamiento neural (Elman et al., 1996). Estas restricciones están dadas por: una red de unidades de procesamiento integradas no lineales, representaciones de conocimiento distribuidas, aprendizaje asociativo por error que altera las fortalezas de la conectividad de la red y los umbrales de la unidad, y el desarrollo de la red (incluidas las fases de crecimiento y poda sináptica). El entorno de aprendizaje estructurado se extrae del campo del desarrollo del lenguaje. Se supone que la estructura de procesamiento único se encuentra dentro de una arquitectura cognitiva más amplia, pero en este modelo no se pretende que se corresponda con ninguna región cerebral específica.

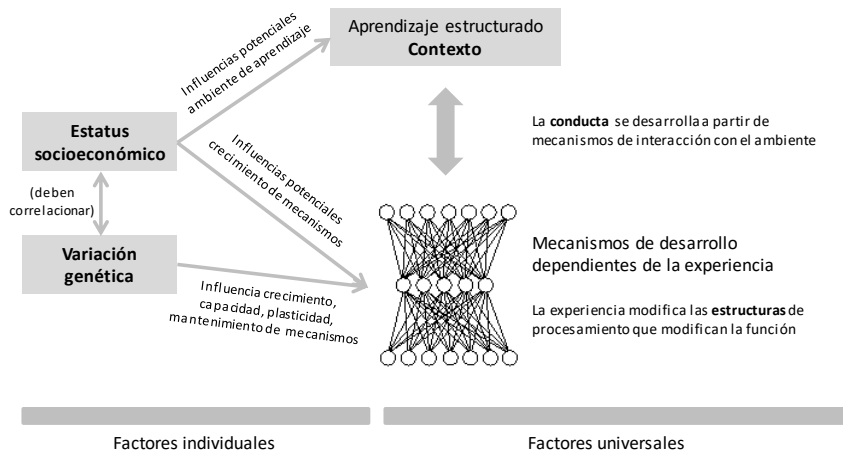


Figura 1 – Estructura del modelo computacional que simula los efectos del NSE sobre el desarrollo cerebral y cognitivo. Un mecanismo de desarrollo dependiente de la experiencia (red neuronal artificial) interactúa con un ambiente de aprendizaje estructurado para adquirir una conducta cognitiva. El modelo incluye diferentes niveles: genético, estructura cerebral (unidades y conexiones), conducta y ambiente. Los factores individuales (NSE, variación genética) son considerados respecto a cómo modulan los factores universales del desarrollo cognitivo.

El mecanismo aprende las asignaciones de entrada y salida que conducen al comportamiento relevante a su dominio. La precisión de las asignaciones de entrada y salida se utiliza como una medida del rendimiento del comportamiento. Las propiedades estructurales de la red neuronal artificial, incluido el número total de conexiones y la fuerza total de las conexiones excitatorias e inhibitorias, se utilizan como análogos de las medidas de la estructura del cerebro, como el grosor cortical, el área de la superficie cortical, y el volumen de sustancia gris y blanca (Thomas, 2016).

Los factores correspondientes a las diferencias individuales, como el NSE y la variación genética, no se consideran de forma aislada sino en términos de cómo modulan los mecanismos

universales que sustentan el desarrollo en todos los niños y niñas. En este sentido, el modelo interpreta las diferencias individuales como operativas dentro de un marco de desarrollo (Karmiloff-Smith, 1998). Hay varias opciones disponibles para implementar el efecto del NSE: como una modulación del nivel de estimulación disponible en el entorno de aprendizaje (Thomas, Forrester & Ronald, 2013); como una modulación del crecimiento de la red y sus propiedades de procesamiento; o ambos aspectos operando de manera correlacionada (Thomas et al., en preparación). Cada red representa a un niño o niña en desarrollo en un entorno familiar. A cada familia se le asigna un valor entre 0 y 1 para representar su NSE, que luego se utiliza para modular el entorno de aprendizaje o la estructura de la red.

Se supone que la variación genética opera al influir en las propiedades neurocomputacionales del mecanismo de procesamiento, en términos de su capacidad, plasticidad y ruido del procesamiento (estos son parte de un conjunto mayor de parámetros, como se muestra en la Tabla 1). Debido a que la evidencia de los estudios de genética comportamental sugiere que la variación genética común equivale a un gran número de pequeños efectos en una amplia gama de propiedades neuronales, la variación genética se implementa a través de un esquema de codificación poligénica: un genoma artificial contiene conjuntos de genes que influyen la variación de una propiedad neurocomputacional (e.g., 14 propiedades, cada una influenciada por 8 a 10 genes). La combinación de pequeñas variaciones en un gran conjunto de propiedades produce redes de propiedades de aprendizaje con una distribución normal (Thomas, Forrester & Ronald, 2016). La combinación de niños y niñas simulados con diferentes habilidades de aprendizaje, interactuando con ambientes con distintos niveles de estimulación, produce una población de niños y niñas con diferentes trayectorias de desarrollo tanto en el

comportamiento como en la estructura del cerebro. En cualquier punto del desarrollo, se pueden tomar secciones transversales del comportamiento o la estructura cerebral, así como también las correlaciones derivadas del NSE o la variación genética.

Tabla 1 – Nivel de simulación ambiental y parámetros computacionales como predictores del cambio del modelo durante el desarrollo, medido según el cambio individual del desempeño en función a la posición en la población.

Predictores del cambio en el desarrollo según la posición en la población contra el Tiempo 1							
Parametro	Rol de la red neural	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Posición final vs. posición SES
Ajuste del modelo (R^2)		0.181*	0.312*	0.368*	0.379*	0.384*	0.466*
SES	Ambiente	0.158*	0.274*	0.332*	0.337*	0.333*	-0.361*
Unidades oculares	Capacidad	-0.069+	-0.089*	-0.079*	-0.07*	-0.053+	0.356*
Arquitectura	Capacidad	-0.185*	-0.212*	-0.171*	-0.142*	-0.129*	0.297*
Escasez	Capacidad	0.028	0.037	0.036	0.032	0.036	0.016
Inicio de poda	Capacidad	0.044	0.074*	0.077*	0.074*	0.067*	0.061*
Probabilidad de poda	Capacidad	0.021	0.017	0.004	-0.002	-0.006	-0.007
Umbral	Capacidad	0.033	0.013	0.006	0.023	0.025	-0.002
Algoritmo de aprendizaje	Capacidad / Plasticidad	-0.064+	-0.074*	-0.107*	-0.119*	-0.138*	0.172*
Tasa de aprendizaje	Plasticidad	-0.148*	-0.159*	-0.177*	-0.186*	-0.199*	-0.004
Momentum	Plasticidad	-0.077*	-0.091*	-0.109*	-0.108*	-0.105*	-0.089*
Peso de la varianza	Plasticidad	0.006	0.004	0.033	0.043	0.052+	-0.1*
Función de la unidad de activación	Plasticidad / Señal	-0.107*	-0.147*	-0.178*	-0.184*	-0.188*	-0.053+
Ruido	Señal	0.019	0.036	0.069*	0.101*	0.116*	-0.143*
Umbral de respuesta	Señal	-0.223*	-0.292*	-0.304*	-0.308*	-0.309*	0.11*
Caída del peso	Señal	-0.004	-0.015	-0.011	-0.003	-0.003	-0.015

+ p < 0.05 * p < .01

Nota. Los puntajes muestran los coeficientes beta estandarizados de un modelo de regresión lineal. Los parámetros computacionales están codificados de acuerdo a su rol de procesamiento. Tanto la simulación ambiental como los parámetros de red explican la varianza en el cambio de posición (el ambiental está marcado en negrita). La columna del extremo derecho indica los predictores del cambio en la movilidad social. Tiempo 1=25 exposiciones a entrenamiento; Tiempo 2=50; Tiempo 3=100; Tiempo 4=250; Tiempo 5=500; Tiempo 6=1000.SES equivale a NSE.

Diseño de la simulación

Se entrenó a una red simple en un conjunto específico de mapas de entrada y salida. En este caso las entradas correspondían a representaciones fonológicas de los verbos y las salidas eran formas inflexas de los verbos en inglés. El desarrollo de la vida útil correspondió a 1000 exposiciones de la red al entrenamiento, que

comprendía un máximo de 500 asignaciones de entrada y salida. Se simuló el desarrollo de 1000 niños y niñas. Los genomas se iniciaron aleatoriamente para producir una variación genética en la capacidad de aprendizaje en toda la población. Se crearon pares de redes "gemelas" que compartían el mismo genoma (idéntico) o compartían el 50% de los genes en promedio (fraternal), con las parejas gemelas criadas en la misma familia. Este diseño permitió el uso de correlaciones gemelas para calcular los niveles de heredabilidad. Se estipuló que el NSE variara ampliamente entre familias para captar los efectos potenciales de la pobreza. En las simulaciones descritas aquí, el NSE se implementó como modulación del nivel de estimulación en el entorno de aprendizaje, y se permitió que variara entre 0 y 1. Una familia con un valor de 0.6 generaría 60% de entrenamiento posible (ver Thomas, 2016, para obtener más detalles, incluida la especificación de las propiedades neurocomputacionales y la calibración de su rango).

Simulación 1: Efectos del NSE sobre el cociente intelectual (CI) a lo largo del desarrollo

Thomas y colegas (en preparación) consideraron en primer lugar las trayectorias evolutivas del comportamiento. Para ello, dividieron a la población en tres grupos: (1) aquellos en el cuartil superior del NSE (i.e., grupos de entrenamiento con >75% de experiencias disponibles); (2) aquellos en los dos cuartiles medios; y (3) aquellos en el cuartil más bajo (<25% de las experiencias disponibles). La Figura 2a muestra las trayectorias de crecimiento latente del CI de los niños y niñas de los grupos con NSE bajos, medios y altos en base a los datos empíricos generados por von Stumm y Plomin (2015) –lo cual representa a unos 15.000 niños y niñas del Reino Unido seguidos desde la infancia hasta la adolescencia. Los resultados muestran que las trayectorias son divergentes y que la brecha del NSE se ensancha con la edad. La

Figura 2b muestra datos simulados de las puntuaciones de CI en el modelo, donde éste se calculó de acuerdo con la distribución de la población en cada punto de medición [puntuación de CI = (rendimiento individual - media de la población) / desviación estándar de la población X 15) + 100]. La Figura 2c muestra las trayectorias de desarrollo del desempeño sin la transformación a puntajes de CI. La simulación es capaz de captar los niveles iniciales más bajos de rendimiento en la edad más temprana, así como la divergencia de las trayectorias a lo largo del desarrollo.

A partir de esta simulación, se podría plantear que las condiciones que producen las diferencias del NSE en el desarrollo cognitivo empeorarían con el tiempo produciendo la divergencia observada. Las simulaciones reprodujeron el patrón divergente con un efecto del NSE consistente a lo largo del tiempo. En el modelo, la divergencia ocurrió debido a la aparición de trayectorias de desarrollo no lineales. No obstante, el aumento de las brechas entre los grupos de NSE no implica necesariamente que empeoren los factores causales del NSE.

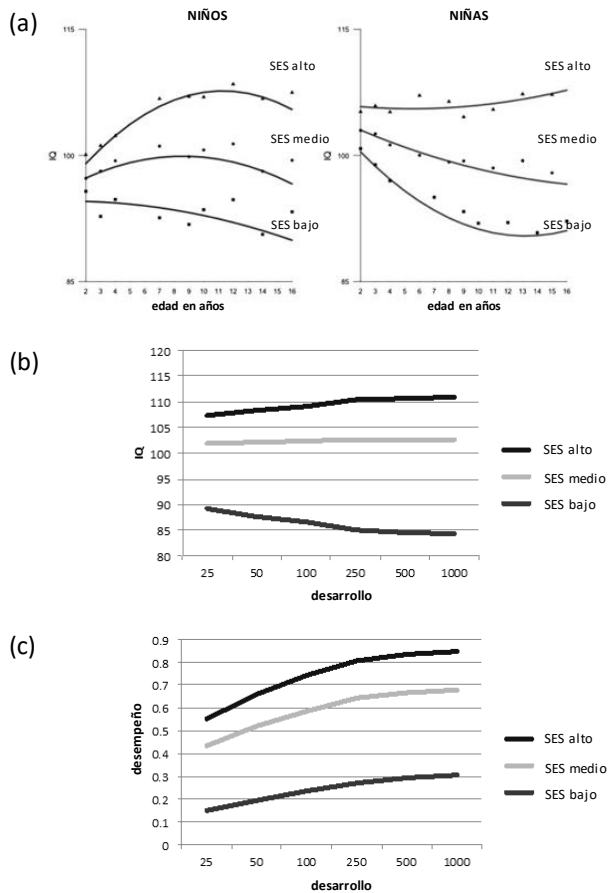


Figura 2 – (a) Datos longitudinales de una muestra de gemelos ($n=14,853$ niños) del Reino Unido que muestran los cambios en el CI desde la infancia hasta la adolescencia según sexo y NSE (reproducido con permiso de von Stumm & Plomin, 2015) (NSE alto ≥ 1 desvío estándar (DS) sobre la media de NSE; NSE bajo ≤ 1 DS por debajo de la media de NSE; NSE medio ≤ 1 DS sobre la media de NSE y ≥ 1 DS por debajo de la media de NSE). (b) Datos simulados que muestran los cambios en el CI durante el desarrollo en los que el NSE es capturado por las diferencias en la estimulación cognitiva (NSE alto=cuartil superior; NSE medio=dos cuartiles intermedios; NSE bajo=cuartil inferior). (c) Desempeño medio equivalente en una tarea (proporción de correctos) para grupos NSE simulados. Nota: SES equivale a NSE.

Simulación 2: NSE y efectos del desarrollo en el orden de clasificación de la población.

Thomas y Meaburn (en preparación) utilizaron el mismo modelo para simular el análisis informado por Feinstein (2003). Los datos empíricos de la Encuesta de Cohorte de Nacimientos de 1970 se vuelven a trazar en la Figura 3. Alrededor de 1,300 niños y niñas del Reino Unido se clasificaron según su nivel de desempeño cognitivo alto (cuartil superior) y bajo (cuartil inferior) a los 22 meses; y luego se siguieron longitudinalmente hasta los 10 años de edad. Los subgrupos de NSE alto (24% superior) y bajo (13% inferior) fueron seguidos por separado. Los niños y niñas están representados por el orden de clasificación de la población promedio de su grupo, donde 100 es desempeño alto y 1 es desempeño bajo. En algún lugar entre los 5 y los 10 años de edad, los niños y niñas con desempeño cognitivo alto y NSE bajo iniciales se ubicaron por debajo del rango de niños y niñas con desempeño cognitivo bajo y NSE alto (Figura 3). Tras la publicación de estos datos, los resultados fueron criticados por dos motivos. Primero, porque no representaban un efecto real sino una regresión a la media de puntajes inicialmente extremos (i.e., error de medición) (Jerrim & Vignoles, 2013). Segundo, porque el hallazgo más impactante del cruce de los grupos de desempeño alto/NSE bajo y desempeño bajo/NSE alto entre los 5 y 10 años, fue difícil de replicar y dependió de los valores de corte utilizados para definir los grupos (Washbrook & Lee, 2015).

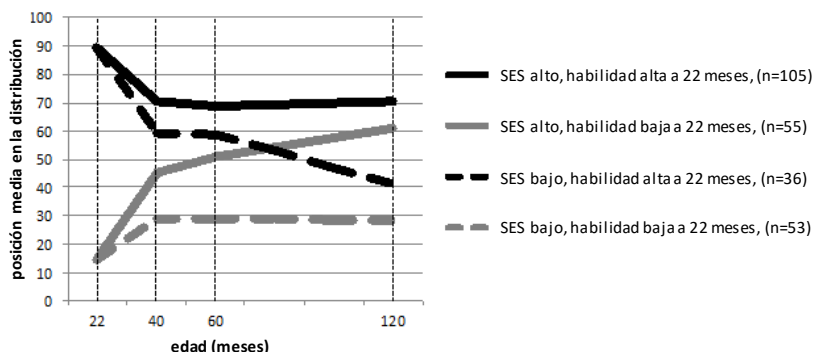


Figura 3 – Datos longitudinales de la Encuesta de la Cohorte Nacida en 1970 (Reino Unido), que sigue la posición de los niños y las niñas en tareas de habilidad cognitiva, según habilidad (baja, alta) a los 22 meses de edad, y el NSE (modificado de Feinstein, 2003). El eje de las ordenadas muestra la posición media en la distribución de cada grupo, donde una posición alta indica mejor desempeño en tareas cognitivas apropiadas para la edad. Nota: SES equivale a NSE.

La Figura 4 muestra la simulación computacional de estos datos (Thomas & Meaburn, en preparación). Al inicio del entrenamiento (25 de 1000 exposiciones), los niños y las niñas simulados se dividieron en grupos de desempeño alto y bajo. El desempeño alto se definió como un rango de población correspondiente a >650 (donde 1000 es bueno y 1 es pobre); mientras que el desempeño bajo se definió como el rango de población correspondiente a <350 . Estos grupos fueron subdivididos según NSE (el NSE simulado varió de 0 a 1, por lo que el alto correspondió a $>.5$ y el bajo a $<.5$). Luego se siguió el desempeño de los grupos durante el desarrollo. La Figura 4a representa el rango de la población promedio de cada grupo. Al igual que en los datos de Feinstein (2003), los grupos de desempeño alto/NSE alto y los de desempeño bajo/NSE bajo mantuvieron en general su rango promedio. El grupo de desempeño alto/NSE bajo mostró un rango decreciente y el de desempeño bajo/NSE alto mostró un rango ascendente, de

manera que los grupos convergieron. La Figura 4b muestra los mismos datos pero para el desempeño. Allí se observan modulaciones en las trayectorias de desarrollo y que los cambios en las posiciones de rango relativo pueden exagerar pequeñas diferencias en individuos que, sin embargo, muestran mejoras de desarrollo con la edad.

La Figura 4c toma la misma población de niños y niñas, pero ahora altera la definición de desempeño (i.e., alto: rango de población > 500; bajo: rango de población < 500) para que sea menos extrema; y de NSE (NSE alto: > .75; NSE bajo: < .25) para que sea más extremo. Ahora las trayectorias de desempeño alto/NSE bajo y desempeño bajo/NSE alto se cruzaron. Las simulaciones capturaron la observación empírica de que el patrón de cruce es sensible a las definiciones de grupo (Washbrook & Lee, 2015).

Una interpretación simple de los datos de Feinstein es que los cambios en el desempeño cognitivo podrían derivarse de causas ambientales. Para la simulación, tenemos a nuestra disposición el conjunto completo de parámetros que influyen en la trayectoria de desarrollo de cada niño y niña simulado: tanto el efecto ambiental estipulado, en términos del nivel de estimulación cognitiva, como las diferencias individuales genéticas estipuladas, en términos de los patrones neurocomputacionales de cada red neuronal artificial. Luego podemos usar estos parámetros en un análisis de regresión múltiple para ver qué rango de población predice el cambio a lo largo del desarrollo.

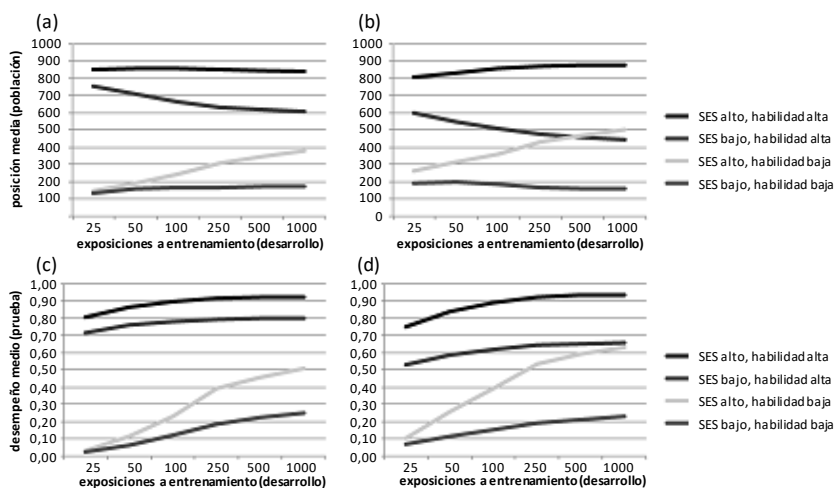


Figura 4 – Simulaciones computacionales de cambio longitudinal en la posición y el desempeño a través del desarrollo [posición 1000=mejor; posición 1=peor; el parámetro de NSE varía entre 1 (el más alto) y 0 (el más bajo)]. (a) cambio medio en la posición para grupos de habilidad alta (>650) y baja (<350) definida en el tiempo 1 (exposición 25), según NSE alto ($>.5$) y bajo ($<.5$). (b) Desempeño equivalente en la prueba (proporción de correctos). (c) Cambio medio en la posición, donde habilidad alta en el tiempo 1 corresponde a una posición >500 , habilidad baja a <500 , NSE alto a $<.75$ y NSE bajo a $>.25$. (d) Desempeño equivalente en la prueba para estos mismos criterios de grupo. Nota: SES equivale a NSE.

¿Todo el cambio de rango fue debido a la manipulación ambiental? La Tabla 1 muestra los resultados de esta regresión múltiple, con el parámetro ambiental marcado en negrita, y la influencia respectiva de cada parámetro neurocomputacional a continuación. Primero, dado que las diferencias ambientales actuaron a lo largo del desarrollo, vale la pena señalar que en la simulación influyeron en las medidas de habilidad incluso en la etapa inicial, explicando aquí el 22.7% de la varianza en el primer momento. La medición temprana no da una medida imparcial de la capacidad "genética" libre de influencias de NSE. En segundo lugar, como se esperaba, las diferencias ambientales representaron

una variación significativa en el cambio de rango de los niños y las niñas en todo el desarrollo, hasta un 10% en el punto temporal final. Pero notablemente, una serie de parámetros neurocomputacionales también contribuyeron al cambio de rango. Estos incluyen parámetros que influyen en la habilidad y en la plasticidad del mecanismo y, por consiguiente, en la forma de la trayectoria de desarrollo. En otras palabras, el modelo destaca que los niños y niñas se desarrollarían a diferentes ritmos. Algunos tendrían florecimientos tardíos de su habilidad, mientras que otros tardarían más en desarrollarse. Esto causaría cambios en el orden de clasificación de la población que no están relacionados únicamente con las variaciones en la estimulación ambiental. No es necesario, por lo tanto, concluir que la única causa de los cambios se debe a causas ambientales como el NSE. A su vez, esto implica que no se eliminarían todos los cambios de rango al reducir las disparidades de NSE.

Simulación 3: Restricciones genéticas en la movilidad social

El modelo consideró los efectos del NSE en el contexto de variaciones genéticas que se asocian con la capacidad de aprendizaje. En consecuencia, estas simulaciones fueron capaces de capturar la heredabilidad del comportamiento. Por ejemplo, la heredabilidad del comportamiento que se muestra en la Figura 4a en el punto de medición final fue del 51%. El componente genético también permite que la simulación aborde datos sobre movilidad social. En el modelo, la movilidad social se define como un nivel de desarrollo que es mayor o menor que el NSE de la familia en la que se cría al niño o niña (Thomas & Meaburn, en preparación). Esto se puede medir como la diferencia del NSE familiar en comparación con el desempeño del niño o niña simulado al final del entrenamiento. Por ejemplo, si el rango del NSE era 500 y el rango de desempeño era 600, esto calificaría

como movilidad social ascendente; mientras que si el rango de NSE fuera 500 y el rango de desempeño final 400, esto calificaría como movilidad social descendente. La Tabla 1, en la columna de la derecha, muestra los resultados de una regresión lineal múltiple que predice la medida de disparidad de rango de la movilidad social a partir de los parámetros de cada niño y niña simulado. En particular, el propio NSE predijo una cantidad confiable de la medida de disparidad. Gran parte de esta relación fue impulsada por redes que cayeron por debajo de los niveles esperados en entornos de NSE alto; y menos por redes que terminaron por encima de los niveles esperados en entornos de NSE bajo. Varios de los parámetros neurocomputacionales relacionados con la capacidad de la red fueron predictores confiables de la medida de disparidad. Estos parámetros permitieron establecer si la red tenía la capacidad de aprovechar mejor la información que estaba disponible en el entorno.

Esta simulación permitió capturar información sobre influencias genéticas en el desempeño y en la movilidad social. Es la misma simulación que capturó datos empíricos sobre la ampliación de las brechas de CI según el NSE en diferentes momentos del desarrollo; así como también los efectos restrictivos del NSE en niños y niñas considerados de desempeño alto en las primeras etapas del desarrollo. En síntesis, el mismo marco permitió capturar diferentes aspectos del comportamiento.

Simulación 4: Efectos de NSE en la estructura cerebral

¿Puede este modelo capturar también información sobre la estructura cerebral? Las relaciones entre los parámetros del modelo y el cerebro solo pueden ser débiles, porque el modelo tiene un grado muy limitado de realismo biológico. Además, todavía existe controversia sobre cómo las propiedades físicas que miden las imágenes estructurales del cerebro se relacionan con la función

cognitiva. A pesar del hecho de que en general la capacidad cognitiva muestra una función monótonamente creciente con la edad, algunas de las medidas de la estructura del cerebro se reducen a partir de la infancia media (e.g., volumen de sustancia gris, grosor cortical), mientras que otras aumentan (e.g., volumen de sustancia blanca, área de superficie cortical); siendo los mecanismos biológicos subyacentes son todavía una cuestión de debate (Natu et al., 2018; Noble et al., 2015).

El modelo no simuló el crecimiento de cada red, sino que capturó la variabilidad en el resultado del crecimiento entre sus parámetros en términos de la arquitectura de la red (rutas que conectan la entrada y la salida), el número de unidades de procesamiento y la densidad de la conectividad. Sin embargo, sí simuló una reducción en la conectividad desde la infancia media en adelante, en términos de un proceso de poda con un inicio de tiempo variable que eliminó las conexiones no utilizadas (Thomas, Knowland & Karmiloff-Smith, 2011). Para la red neuronal artificial, dos medidas estructurales ofrecían posibles análogos a las medidas del cerebro: la fuerza total de las conexiones en la red y el número total de conexiones. Durante el entrenamiento, la fuerza total aumenta a medida que se fortalecen las conexiones útiles; mientras que el número de conexiones se reduce a medida que se eliminan las que no lo son. Estas dos medidas de red proporcionan posibles análogos del área de superficie cortical, la densidad de sustancia blanca, y el espesor cortical y la densidad de sustancia gris, respectivamente.

La Figura 5a vuelve a trazar los datos de una muestra de más de 1000 niños y niñas estadounidenses de 3 a 20 años que relacionan el área de la superficie cortical con el ingreso familiar (Noble et al., 2015). Se explica una pequeña cantidad de varianza, con una función no lineal que exhibe efectos más fuertes en la estructura del cerebro en los niveles de ingreso más bajos. La

Figura 5b representa la fuerza de conexión total para la población simulada contra el nivel de estimulación. Nuevamente, se explican pequeñas cantidades de varianza y una función no lineal proporciona un mejor ajuste. Por lo tanto, la misma población simulada que captura datos empíricos transversales sobre los efectos del NSE en el comportamiento, también puede capturar patrones transversales observados en los datos de la estructura del cerebro.

El modelo ofrece dos beneficios. Primero, proporciona una hipótesis sobre la relevancia funcional de las medidas de la estructura del cerebro que representan cambios de conectividad, y que surgen de un cambio de desarrollo dependiente de la experiencia. En segundo lugar, debido a que el funcionamiento de una red neuronal artificial se comprende bien en términos de activaciones de redes neurales y algoritmos de aprendizaje que actualizan la conectividad y los umbrales, se demuestra cómo los índices de la estructura de la red solo sirven como una acción indirecta.

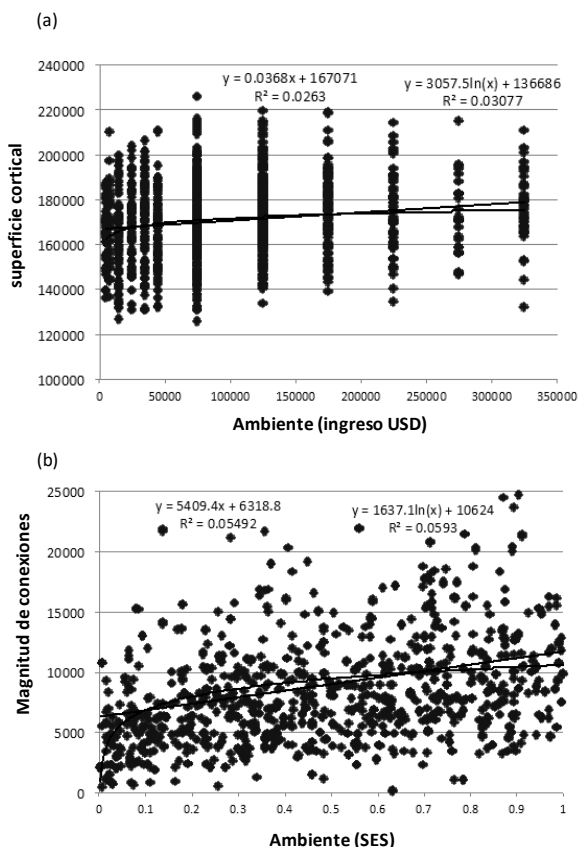


Figura 5 – (a) Datos empíricos basados en Noble et al. (2015) que muestran la relación entre el ingreso familiar anual (USD) y la superficie cortical (mm^2) en una muestra de 1099 niños, niñas y adolescentes entre 3 y 20 años de edad de Estados Unidos. (b) Simulación computarizada que muestra la relación entre el nivel de estimulación cognitiva en un ambiente de crianza y el total de la magnitud de conexiones en cada red neural artificial, evaluada en un punto medio del desarrollo (500 exposiciones a entrenamiento). Ambos gráficos muestran una relación logarítmica no lineal entre las medidas ambientales y estructurales, así como también una gran proporción de varianza no explicada (los ajustes lineales y no lineales se muestran con sus respectivos valores de R^2). *Nota:* SES equivale a NSE.

Discusión

Un modelo neurocomputacional de múltiples niveles fue capaz de capturar datos de comportamiento y de la estructura cerebral en función a los efectos de las diferencias en el NSE durante el desarrollo, incorporando además la contribución de la variación genética en el desarrollo cognitivo. En este modelo, la variación entre individuos fue concebida como la modulación de trayectorias de desarrollo en función a mecanismos universales propios del *homo sapiens*.

En los datos de la simulación, las diferencias en el NSE se implementaron como variaciones en el nivel de estimulación cognitiva. No obstante, el modelado computacional también brinda la oportunidad de implementar y comparar hipótesis alternativas, como por ejemplo en qué medida pueden capturar el tamaño y la forma del efecto (i.e., lineal, logarítmico) las asociaciones entre NSE y medidas particulares de comportamiento y estructura cerebral. Thomas y colegas (en preparación) compararon dos hipótesis alternativas: que el NSE podría influir en el crecimiento de las propias redes (según los hallazgos de Betancourt et al., 2016) y, por lo tanto, en la capacidad de procesamiento; o que el NSE podría influir tanto en el crecimiento de la red como en la estimulación cognitiva, de manera correlacionada. El modelado computacional, por lo tanto, proporciona una base para probar hipótesis en base a datos empíricos.

Thomas y colaboradores (2019) han argumentado que una vez que existe un modelo básico de desarrollo de la variación cognitiva, éste puede proporcionar las bases para explorar las intervenciones, por ejemplo, al alterar la cantidad y la calidad de la estimulación cognitiva que experimentan los individuos. El siguiente paso para el modelo, entonces, es explorar si las brechas entre individuos en diferentes niveles de NSE se pueden cerrar o

eliminar mediante intervenciones que igualan los entornos, por ejemplo, complementando la estimulación recibida por los niños y niñas de familias con NSE bajo. Thomas y Meaburn (en preparación) llevaron a cabo estas simulaciones, considerando en qué medida las oportunidades para cerrar las brechas dependían del origen de las diferencias individuales y si las intervenciones estaban moduladas por los cambios en la plasticidad con la edad (Thomas & Johnson, 2006). El patrón general fue que los entornos igualados y enriquecidos mejoraron las medias poblacionales en todas las condiciones; y que cuando la heredabilidad fue mayor, las mejoras fueron menores y las brechas se redujeron menos, aunque las intervenciones tempranas sirvieron para reducir las brechas más que las intervenciones tardías.

La investigación que se describe aquí es un ejemplo de la utilidad del modelado neurocomputacional como una herramienta para promover la investigación en los estudios neurocientíficos de la pobreza. Sin embargo, es necesario ser cautelosos y valorar tales modelos en contexto. Los modelos no demuestran lo que realmente sucede, sino la suficiencia de propuestas particulares para explicar los datos empíricos observados; y por lo tanto, indirectamente, lo que cualquier patrón dado de datos empíricos debe implicar sobre los mecanismos causales involucrados en las asociaciones de las variables analizadas. Asimismo, la exploración de las posibles explicaciones causales de los datos, alienta a evitar interpretaciones erróneas acerca de ellos. El rol influyente del NSE en el desarrollo cognitivo y el logro educativo podrían considerarse como un apoyo a la causación social debida a las diferencias de NSE, y al papel principal del ambiente en el desempeño de los niños y las niñas. No obstante, el modelo mostró efectos de NSE realistas tanto en el comportamiento como en la estructura de la red, al tiempo que evidenció una alta heredabilidad de las diferencias individuales, incluso las de la movilidad social.

Claramente, el modelo presentado aquí constituye una simplificación. Si bien compartió algunos principios del procesamiento neural, no es un modelo de función cerebral. Es esencialmente un mecanismo de *machine learning*²⁵ que adquiere un pequeño conjunto de asignaciones de entrada-salida, que representa en el mejor de los casos un solo componente de un sistema más grande. Un modelo más realista de los efectos del NSE en el desarrollo tendría que representar a un agente autónomo, orientado a objetivos, con un repertorio de comportamientos que puedan alterar su entorno subjetivo; incluir aspectos cognitivos, afectivos y basados en la recompensa; y proporcionar un camino para que las dimensiones no cognitivas (e.g., dieta, estrés crónico, condición física) alteren sus propiedades de procesamiento. Y claramente, hay mucho más fenómenos como la movilidad social (y las estructuras sociales que lo apoyan o dificultan) que las nociones de estimulación cognitiva y las propiedades de los mecanismos de desarrollo.

Sin embargo, la motivación clave para construir un modelo del nivel actual de simplicidad es enfatizar la importancia de derivar explicaciones causales y mecanicistas para explicar el gran cuerpo de evidencia correlacional que se ha acumulado sobre cómo el NSE se asocia con las diferencias cognitivas, educativas y sociales. El modelado computacional es solo uno entre varios métodos de la neurociencia que pueden arrojar luz sobre mecanismos. Los conocimientos mecanicistas en última instancia proporcionan la base para derivar intervenciones dirigidas que pueden mejorar las consecuencias de las diferencias en el NSE, y

²⁵ El aprendizaje automatizado (del inglés *machine learning*) es una subdisciplina de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan aprender a sistemas computarizados.

especialmente de la pobreza (Thomas, 2017). El potencial de los conocimientos mecanicistas para informar la intervención es el factor motivador detrás de la participación de la neurociencia en un problema social como la pobreza, incluso si la ambición más amplia es alterar las estructuras sociales que contribuyen a la pobreza en primer lugar.

Agradecimientos. *Este trabajo ha sido posible gracias al subsidio MRC MR/R00322X/1 y al Premio de Desarrollo Profesional ISSF del Wellcome Trust/ Birkbeck de la Universidad de Western Ontario, Canada.*

Referencias bibliográficas

- Ayorech, Z., Krapohl, E., Plomin, R., & von Stumm, S. (2017). Genetic influence on intergenerational educational attainment. *Psychological Science*, 28, 1302 – 1310.
- Belsky, D.W., Domingue, B.W., Wedow, R., Arseneault, L. Boardman, J.D., Caspi, A., et al. (2018). Genetic analysis of social-class mobility in five longitudinal studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 115, E7275-E7284.
- Betancourt, L.M., Avants, B., Farah, M.J., Brodsky, N.L., Wu, J., Ashtari, M., et al. (2016). Effect of socioeconomic status (SES) disparity on neural development in female African-American infants at age 1 month. *Developmental Science*, 19, 947-956.
- Elman, J.L., Bates, E.A., Johnson, M.H., Karmiloff- Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1996). *Rethinking innateness: A connectionist perspective on development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Farah, M.J. (2017). The neuroscience of socioeconomic status: Correlates, causes, and consequences. *Neuron*, 96, 56-71.
- Farah, M.J., Shera, D.M., Savage, J.H., Betancourt, L., Giannetta, J.M., Brodsky, N.L., et al. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research*, 1110, 166 –174.

- Feinstein, L. (2003). Inequality in the early cognitive development of British children in the 1970 cohort. *Economica*, 70, 73–98.
- Hackman D.A., Gallop, R., Evans, G.W., & Farah, M.J. (2015). Socioeconomic status and executive function: Developmental trajectories and mediation. *Developmental Science*, 18, 686–702.
- Hackman, D.A., & Farah, M.J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65-73.
- Hackman, D.A., Farah, M.J., & Meaney, M.J. (2010). Socioeconomic status and the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 651– 659.
- HM Government (2003). *Every child matters*. Green Paper, Cm 5860
- Jerrim, J., & Vignoles, A. (2013). Social mobility, regression to the mean and the cognitive development of high ability children from disadvantaged homes. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 176, 887-906.
- Karmiloff-Smith, A. (1998). Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 389–398.
- Krapohl, E., Rimfeld, K., Shakeshaft, N.G., Trzaskowski, M., McMillan, A., Pingault, J.B., et al. (2014). The high heritability of educational achievement reflects many genetically influenced traits, not just intelligence. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 15273–15278.
- Lee, J.J. et al. (2018). Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nature Genetics*, 50, 1112–1121.
- Mareschal, D., & Thomas, M.S.C. (2007). Computational modelling in developmental psychology. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation (Special Issue on Autonomous Mental Development)*, 11, 137–150.
- Natu, V.S., Gomez, J., Barnett, M., Jeska, B., Kirilina, E., Jaeger, C., et al. (2018). Apparent thinning of visual cortex during

- childhood is associated with myelination, not pruning. *bioRxiv* 368274.
- Noble, K.G., Houston, S.M., Brito, N.H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J.M., et al. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience*, 18, 773–778.
- Pavlaklis, A. E., Noble, K., Pavlaklis, S. G., Ali, N., & Frank, Y. (2015). Brain Imaging and Electrophysiology Biomarkers: Is There a Role in Poverty and Education Outcome Research? *Pediatric Neurology*, 52, 383-388.
- Plomin, R., DeFries, J.C., Knopik, V.S., & Neiderhiser, J.M. (2016). Top 10 replicated findings from behavioral genetics. *Perspectives on Psychological Science*, 11, 3 – 23.
- Raizada, R.D.S., Richards, T.L., Meltzoff, A., & Kuhl, P.K. (2008). Socioeconomic status predicts hemispheric specialisation of the left inferior frontal gyrus in young children. *NeuroImage*, 40, 1392–1401.
- Rimfeld, K., Kovas, Y., Dale, P. S., & Plomin, R. (2015). Pleiotropy across academic subjects at the end of compulsory education. *Scientific Reports*, 5, 11713
- Sheridan, M.A.m, & McLaughlin, K.A. (2016). Neurobiological models of the impact of adversity on education. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 108–113.
- Stevens, C., Lauinger, B., & Neville, H. (2009). Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: an event-related brain potential study. *Developmental Science*, 12(4), 634–646.
- Thomas, M.S.C. (2016). Do more intelligent brains retain heightened plasticity for longer in development? A computational investigation. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 19, 258-269.
- Thomas, M.S.C. (2017). A scientific strategy for life chances. *The Psychologist*, 30, 22-26.
- Thomas, M.S.C. (2018). A neurocomputational model of developmental trajectories of gifted children under a

- polygenic model: When are gifted children held back by poor environments? *Intelligence*, 69, 200-212
- Thomas, M.S.C., & Meaburn, E. (en preparación). Neurocomputational modelling of social mobility – Under what models of individual differences can interventions narrow the gaps?
- Thomas, M.S.C. & Johnson, M. H. (2006). The computational modelling of sensitive periods. *Developmental Psychobiology*, 48, 337-344.
- Thomas, M.S.C., & Knowland, V.C.P. (2014). Modelling mechanisms of persisting and resolving delay in language development. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57, 467-483.
- Thomas, M.S.C., Coecke, S., & Dick, F. (en preparación). A neurocomputational basis for socioeconomic effects on the development of behaviour and brain structure.
- Thomas, M. S. C., Fedor, A., Davis, R., Yang, J., Alireza, H., Charman, T., Masterson J., & Best, W. (2019). Computational modelling of interventions for developmental disorders. *Psychological Review*, 126(5), 693-726.
- Thomas, M.S.C., Forrester, N.A., & Ronald, A. (2016). Multi-scale modeling of gene-behavior associations in an artificial neural network model of cognitive development. *Cognitive Science*, 40, 51-99.
- Thomas, M.S.C., Knowland, V.C.P., & Karmiloff-Smith, A. (2011). Mechanisms of developmental regression in autism and the broader phenotype: A neural network modeling approach. *Psychological Review*, 118, 637-654.
- Thomas, M.S.C., Ronald, A., & Forrester, N.A. (2013). Modeling socio-economic status effects on language development. *Developmental Psychology*, 49, 2325-43.
- Trzaskowski, M., Harlaar, N., Arden, R., Krapohl, E., Rimfeld, K., McMillan, A., et al. (2014). Genetic influence on family socioeconomic status and children's intelligence. *Intelligence*, 42, 83–88.

- von Stumm, S., & Plomin, R. (2015). Socioeconomic status and the growth of intelligence from infancy through adolescence. *Intelligence*, 48, 30–36.
- Washbrook, E., & Lee, R. (2015). Beyond the Feinstein chart: Investigating differential achievement trajectories in a US cohort. *Longitudinal and Life Course Studies*, 6, 359-368.

DISEÑO DE SISTEMAS DE APRENDIZAJE DIGITAL Y BRECHA DE LA POBREZA

J. Derek Lomas

Introducción

En un cuento futurista (Asimov, 1950) los robots de tecnología avanzada hacen la mayor parte del trabajo para que la humanidad pueda florecer y llegar a las estrellas. En otro cuento (Stephenson, 1995), el avance de la tecnología deja a la mayoría de los humanos desempleados y pobres, a excepción de los súper ricos. ¿Hacia qué futuro nos dirigimos? En las últimas décadas se ha producido una caída sustancial en las tasas globales de pobreza extrema (Pinker, 2018). Una excepción, sin embargo, son los Estados Unidos, en donde las tasas de pobreza infantil han aumentado sustancialmente (Putnam, 2016). Mientras que la tecnología continúa desarrollándose, no está claro aún si nos encontraremos en una sociedad de clase media o en una sociedad predominantemente empobrecida. Estos dos futuros posibles son una cuestión que tradicionalmente debería determinarse a través de la organización

política. Sin embargo, también podemos considerar cómo el diseño²⁶ nos podría acercar a diferentes futuros (Simon, 1968).

Si bien los logros educativos son una de las maneras de salir de la pobreza, la brecha socioeconómica en educación en Estados Unidos constituye una barrera que muchos estudiantes no superan (Putnam, 2016). Si bien la brecha racial se ha reducido a lo largo de los años, la de la pobreza ha aumentado sustancialmente; ahora la diferencia en el desempeño entre los estudiantes ricos y pobres es casi el doble de la diferencia entre los estudiantes blancos y afro-americanos (Reardon, 2011). Si bien se han investigado diferentes estrategias han sido para reducir la brecha de la pobreza, se ha encontrado que la "toma de decisiones basada en datos" podría ser particularmente eficaz (Fryer, 2017) y rentable (Yeh, 2010) para tal fin. Este enfoque utiliza evaluaciones de formación a través de cuestionarios y pruebas temáticas para medir de manera sistemática las necesidades de los estudiantes, de modo que se pueda brindar apoyo y soluciones graduales acordes a las mismas. Si bien esta estrategia suele utilizarse principalmente en el contexto de una sola escuela o distrito escolar, el presente capítulo se centrará en el potencial del diseño basado en datos para impulsar de manera progresiva mejoras en los sistemas curriculares digitales K-12²⁷ a nivel nacional.

La promesa de los sistemas de currículo digital (i.e., aquellos que acompañan los libros de texto tradicionales) es que pueden llegar a millones de niños y niñas desfavorecidos a través de la

²⁶ En el contexto de este capítulo el *diseño* es conceptualizado como un campo autónomo del conocimiento sustentado en teorías generales que producen saberes específicos aplicables en múltiples campos (Nota de los Editores).

²⁷ K-12 es la designación utilizada en algunos sistemas educativos para la escolarización primaria y secundaria. Se emplea en los Estados Unidos, Canadá, Turquía, Filipinas, Australia y Ecuador. Está formada por la inicial en inglés para jardín de infantes (Kindergarten, de 4 a 6 años de edad) y el número que indica el último grado (12; entre los diecisiete y los diecinueve años) de educación gratuita.

educación pública (Fletcher et al., 2012). Por lo tanto, las mejoras del sistema podrían ser escalables rápidamente a millones de niños y niñas. Si bien es probable que el efecto de la mejora de un solo sistema sea pequeño, un proceso continuo de mejoras basadas en las necesidades específicas podría tener un impacto significativo en la brecha de la pobreza.

Los sistemas curriculares digitales no son totalmente digitales. Estos sistemas a menudo incluyen libros de texto físicos, evaluaciones digitales y no digitales (e.g., cuestionarios por temas), recursos de consignas e instrucciones (e.g., videos *en-línea*), asistencia al maestro (e.g., manuales) y capacitación (i.e., desarrollo profesional). Estos sistemas curriculares son sistemas sociales y técnicos complejos, que funcionan como andamiaje de la interacción entre estudiantes, maestros y administradores educativos al tiempo que utilizan libros de texto, papel, computadoras portátiles y teléfonos móviles. A pesar de su complejidad, los modelos describen cómo los sistemas de currículo digital pueden sostener el diseño basado en datos para reducir la brecha del desempeño entre las escuelas de contextos pobres y no pobres. En pocas palabras, estos sistemas son capaces de medir las necesidades específicas de los estudiantes con dificultades para que varios actores interesados puedan contribuir con acciones orientadas a mejoras.

Estados Unidos es un país rico y sin embargo aún estando entre los 35 países más ricos del mundo es el que tiene la segunda tasa más alta de pobreza infantil, superada solo por Rumania (Adamson, 2012). En la década de 1970 las tasas de pobreza infantil y en ancianos eran del 15%. Desde entonces, la pobreza en el grupo de los ancianos casi se ha reducido a la mitad, hasta el 8,8%, y la infantil ha aumentado hasta el 19,7% (DeNavas-Walt & Proctor, 2015). Actualmente el 24% de las escuelas K-12 se consideran "de alta pobreza" (definidas como aquellas que tienen

más del 75% de los estudiantes que califican para recibir almuerzos gratuitos o con precios reducidos) (NCES, 2018). Irónicamente, las altas tasas de pobreza van en contra de las creencias políticas profundamente arraigadas: más del 90% de los estadounidenses están de acuerdo con la afirmación "*Todos en EEUU deberían tener las mismas oportunidades de salir adelante*" (Putnam, 2016).

La pobreza infantil es un problema complejo que puede afectar el aprendizaje y el desarrollo a través de diversos mecanismos, desde el nivel biológico hasta el sociológico (Lipina, 2016). Son varias las disciplinas que estudian los efectos de la pobreza en el desarrollo, incluyendo la economía, sociología, antropología, psicología, neurociencia, investigación educativa, entre otras. Es importante aclarar que en este capítulo se usa la palabra "pobreza" como abreviatura para referirse a diferentes medidas de pobreza y de bajo nivel socioeconómico (NSE). Según un recuento reciente (Spicker et al., 2007), existen 194 definiciones operativas de pobreza diferentes. Los ingresos son, por supuesto, fundamentales para la pobreza, pero en sí misma es un constructo multidimensional basado en déficits de bienestar en múltiples aspectos, como la salud, educación, apoyo social y estatus social (Lipina, 2016). En este sentido es importante señalar que los efectos de la pobreza y el NSE bajo en los desempeños de los estudiantes son basados en correlaciones estadísticas; se espera que otros factores puedan ser identificados como mecanismos causales (e.g., envenenamiento por plomo, estrés crónico o eventos adversos en la infancia). En términos generales, incluso si las personas pueden superar sus circunstancias, la pobreza infantil es un obstáculo importante para el éxito y el bienestar individuales y puede causar efectos negativos duraderos.

La pobreza infantil puede considerarse un problema moral porque las decisiones que toman los niños y las niñas no causan su propia pobreza; sin embargo, las circunstancias de la pobreza

infantil pueden perjudicar el potencial individual (e.g., al aumentar el riesgo de deterioro cognitivo). Como adultos, es menos probable que estos niños y niñas salgan de la pobreza a través del logro educativo y la toma racional de decisiones. Esto es lo que se conoce como una trampa de la pobreza (Banerjee et al., 2011).

Si bien la pobreza infantil es un problema moral, también afecta a la economía en general: el costo económico de la pobreza infantil se estima en 500 billones de dólares al año solo en Estados Unidos (Holzer et al., 2008), el equivalente a una recesión persistente. Es más probable que los niños y niñas que provienen de familias con altos niveles de pobreza reduzcan sus habilidades de lenguaje, lectura y funcionamiento ejecutivo (Hackman y Farah, 2009), lo que puede hacer que sea mucho más difícil alcanzar con éxito la educación superior y los trabajos con salarios más altos. De hecho, los niños y niñas de hogares con niveles altos de pobreza ganan solo la mitad de lo que ganan sus compañeros de hogares con mayores ingresos (Coley & Baker, 2013). Y, mientras que educar a los niños y niñas de hogares con niveles altos de pobreza es más costoso (Duncombe y Yinger, 2005), el retorno de la inversión es mayor: 2.5 a 7 dólares por cada dólar gastado (Peters, et al., 2016).

¿Por qué la pobreza tiene un impacto negativo en el aprendizaje? Si bien este es un tema de investigación vigente, las deficiencias en ciertas necesidades humanas se piensa que reducen el desempeño cognitivo, lo que dificulta el potencial de crecimiento de los estudiantes. Por ejemplo, la mala nutrición, el sueño, la obesidad y los "eventos adversos de la infancia" se asocian con un autocontrol y una memoria de trabajo reducidos (Lipina & Evers, 2017). Un ejemplo de ello es que el sueño insuficiente genera que sea más difícil enfocarse, lo que a su vez dificulta el aprendizaje. Luego, puede comenzar una espiral descendente, en la que las reducciones en el conocimiento previo

resultan en una mayor experiencia de fracaso, disminuyendo la motivación escolar y perjudicando aún más el aprendizaje futuro.

Como diseñadores nos preguntamos ¿cómo podríamos diseñar sistemas computacionales para apoyar las necesidades de desarrollo de los niños y niñas desfavorecidos? Para ello debemos entender cómo y por qué la pobreza infantil causa estos efectos negativos en el desarrollo. Los científicos han identificado y evaluado diversas intervenciones educativas que pueden ayudar a apoyar a los estudiantes que viven en hogares pobres en países desarrollados (Fryer, 2016; Yeh, 2010) y en desarrollo (Ribeiro et al., 2016; Banerjee et al., 2012, McEwan, 2015). Algunas de estas intervenciones requieren un alto compromiso personal y otras son relativamente fáciles de escalar. Algunas intervenciones son modificaciones leves de los sistemas existentes, mientras que otras representan formas radicalmente diferentes de administrar las escuelas. Un subconjunto de estas intervenciones tiene el potencial de integrarse en sistemas de aprendizaje a gran escala. Imaginamos un ciclo como el siguiente: los productos digitales miden las necesidades de las escuelas con alto nivel de pobreza, las intervenciones se seleccionan o diseñan para satisfacer estas necesidades, y se implementan a través de experimentos controlados que generan evidencia empírica sobre la eficacia.

Dado el imperativo moral y económico para abordar la pobreza infantil, la siguiente sección de este capítulo examina más de cerca cómo las técnicas de diseño basadas en datos en el software de aprendizaje K12 podrían proporcionar un impacto específico. Si bien hay muchas rutas para apoyar un cambio social positivo, las mejoras en los sistemas digitales parecen ser una alternativa productiva.

Optimización de procesos de educación digital a partir de datos

El término "datos" tiene una tendencia a despertar diversas respuestas emocionales. Este es particularmente el caso en el ámbito educativo, en el cual los datos a menudo se asocian con pruebas estandarizadas, la responsabilidad del docente o la privacidad del estudiante. Ninguna de estas áreas es particularmente atractiva, y cualquier tipo de estrategia de datos a menudo es vista con desconfianza. ¿Por qué los datos son tan importantes de todos modos?

Desde los principios básicos, los sistemas utilizan los datos como retroalimentación para guiar la acción. Un ciclo de aprendizaje simple, como un termostato, implica un sistema de comparación en el cual un objetivo se define en términos de una medida de resultado particular, como la temperatura. A un nivel simple, las mediciones proporcionan datos para informar a los sistemas si se han alcanzado los objetivos. Sin embargo, un termostato tiene solo una medida (temperatura) y una acción (encender o apagar). En sistemas más complejos, el espacio potencial para la medición y la acción es mucho más complejo, pero los principios básicos de la retroalimentación aún se aplican.

El diseño basado en datos comienza con una definición de objetivos o necesidades. En segundo lugar, estos objetivos se transforman en medidas de resultado que pueden indicar de manera adecuada cuándo se han satisfecho las necesidades. Incluso estas dos ideas básicas -establecer objetivos medidas- conllevan una gran complejidad y un potencial de error importante. El diseño basado en datos requiere que los sistemas ejecuten de manera regular tales medidas y adopten acciones para modificar el sistema actual cuando no se cumplen los objetivos. En términos más simples, los sistemas necesitan poder medir las necesidades y luego hacer algo al respecto. Decidir qué acciones tomar, por

supuesto, es otra fuente importante de complejidad. Luego, cuando los diseños se han modificado, se pueden evaluar nuevamente los resultados para ver si se han satisfecho las necesidades. El proceso puede repetirse hasta que las necesidades sean satisfechas. Esta es la historia simple de un circuito de retroalimentación y sirve como base para los sistemas cibernéticos (Argyris & Schon, 1978).

El enfoque de mejora basada en los datos es de uso frecuente en la educación. Un ejemplo de ello es el aprendizaje en el contexto de una maestría, en el cual los profesores imparten enseñanzas sobre un tema específico con el objetivo de su dominio por parte de los estudiantes, quienes luego serán evaluados. Si la evaluación indica que los estudiantes han dominado el tema, entonces la meta se ha cumplido y el profesor pasa al siguiente tema. Si la evaluación indica que los estudiantes no han dominado el tema, entonces el profesor proporcionará enseñanzas y evaluaciones diferentes, hasta que los estudiantes alcancen el dominio. ¿Cómo prevemos aplicar este proceso simple (pero realmente muy complejo) a gran escala en los sistemas de currículos digitales? De manera ideal, se recopilan datos válidos del uso de un sistema de currículo digital. Estos datos se hacen accesibles dentro de un informe de datos que es analizado por varios actores interesados. Por ejemplo, los equipos podrían reflexionar sobre las métricas para áreas de necesidad dentro del currículo digital, como el fracaso de los estudiantes o la deserción escolar. Si un componente particular del sistema de aprendizaje falla a un ritmo mayor que el esperado (e.g., adición de fracciones), los equipos pueden reflexionar y buscar información sobre las razones específicas por lo que ello ocurre. Estas razones podrían ser utilizadas luego para solicitar una modificación de diseño. Por ejemplo, podría haber un problema de factibilidad de uso que impida la utilización de los recursos de enseñanza existentes. O, tal

vez, los docentes necesitan una gama más amplia de recursos de enseñanza, o mejores evaluaciones de diagnóstico. Estas optimizaciones del diseño se pueden implementar a nivel de los usuarios y el proceso puede comenzar de nuevo.

La mejora basada en datos es relativamente rara en el software educativo. No es así en otras industrias comerciales (LaValle, 2011), en las cuales este proceso recibe varios nombres, como *Mejora Continua de la Calidad* (Clark et al, 2013), o *Diseño Basado en Datos* (Likkanen, 2017; Kim et al., 2017). En las clases dictadas en aulas existe una importante literatura sobre la mejora basada en datos, donde se la denomina *Toma de Decisiones Basada en Datos* (Schildkamp et al., 2012). La literatura educativa del K12 tiende a centrarse en los datos de las prácticas que emplean los maestros y los directivos escolares. En el nivel de educación superior, la literatura reciente se ha enfocado en los *Cursos En-línea Masivos y Abiertos* (Kizilcec, 2015).

En un entorno escolar, la toma de decisiones basada en datos implica la recopilación de datos (generalmente, puntajes de prueba), su análisis orientado a identificar problemas (y sus causas principales) y luego la selección de acciones que puedan abordar esos problemas (Slavin et al., 2013). Varios experimentos controlados han demostrado los beneficios positivos de la introducción de decisiones basadas en datos en escuelas y distritos (Fryer, 2017; Slavin et al., 2013; van Geel et al., 2016). Se ha encontrado que la toma de decisiones basada en datos es particularmente efectiva en las escuelas con niveles altos de pobreza (van Geel et al., 2016), lo cual es notable considerando que se ha encontrado que algunas intervenciones resultan eficaces para reducir las brechas en los desempeños (Fryer, 2017). Sin embargo, existen muchas barreras para aplicar la toma de decisiones basada en datos en las escuelas. Schildkamp y colegas (2014) describen la falta de datos de calidad, la falta de habilidades

en el uso de datos, y la falta de colaboración de los actores interesados en el uso de datos como tres limitaciones para la aplicación de este tipo de abordajes. También puede haber riesgos significativos por consecuencias no deseadas, como por ejemplo cuando los datos se utilizan para fines de rendición de cuentas. En tales casos puede haber incentivos perversos que hagan que las escuelas alienten a los estudiantes de bajo rendimiento a abandonar la escuela o hacer trampa en los exámenes (Schildkamp et al., 2012).

Obstáculos y oportunidades en la mejora continua de sistemas educativos digitales

La receptividad a los datos es considerado un componente central para el futuro de la educación digital, particularmente en apoyo de los sistemas de aprendizaje adaptativo (West, 2012). Sin embargo, no hemos encontrado ningún estudio que aborde directamente la mejora del contenido de enseñanza basada en datos en los sistemas de currículo digital K12. Una revisión de la literatura en el área de análisis del aprendizaje (Chatti et al, 2012) categorizó siete aplicaciones diferentes de datos de aprendizajes digitales: monitoreo y análisis; predicción e intervenciones; evaluación y retroalimentación; tutoría inteligente y adaptación; personalización/recomendación; y reflexión individual. Ninguna de ellas abordó directamente las mejoras al currículo en sí mismo. En los estudios de *Toma de Decisiones Basada en Datos* en las escuelas, los datos se utilizan para elegir programas curriculares completos, pero no elementos o lecciones curriculares específicos. Es decir, se utilizan medidas de las necesidades a nivel escolar, como las habilidades de lectura (e.g., Slavin, et al., 2013), para motivar la adopción de nuevos programas de lectura. Sin embargo, las evaluaciones de sub-habilidades particulares no fueron utilizadas para utilizar materiales de enseñanza específicos. Por lo tanto, es

posible plantear que el uso del análisis curricular para informar mejoras específicas del currículo es actualmente una oportunidad perdida.

¿Cuáles son las barreras que impiden que la mejora del currículo impulsada por datos se aplique en el currículo general de diferentes compañías u organizaciones? Muchas de las que ofrecen software de aprendizaje digital son compañías de libros de texto y su software no es su foco principal de interés (Fletcher et al., 2012). Si bien las compañías de libros de texto están familiarizadas con hacer nuevas ediciones de un libro de texto, no están acostumbradas a mejorar continuamente sus productos de software a lo largo del tiempo. Debido a que normalmente venden contratos de varios años a gobiernos estatales o locales, a veces hay disposiciones legales que prohíben o inhiben cualquier cambio en los productos existentes, incluyendo a la posibilidad de generar mejoras.

Las compañías que se dedican a desarrollar currículos digitales son en sí mismas sistemas socio-técnicos complejos que involucran a diferentes actores: propietarios de productos, ejecutivos, diseñadores de programas, ingenieros de software, personal de ventas, marketing, usuarios docentes, estudiantes y administrativos, entre otros. Por otra parte, muchos de estos actores heredan plataformas digitales de profesionales que trabajaron previamente en tales compañías. Debido a ello suele resultar muy costoso y arriesgado realizar cambios. Asimismo, muchas de estas compañías recopilan una enorme cantidad de datos, pero tienen dificultades para hacer uso de ellos. Esto se debería tanto a la carencia de métodos de análisis adecuados, así como también a la percepción pública de riesgos para utilizar los datos de productos educativos. Por último, una barrera adicional sería la ausencia de incentivos financieros para las entidades

educativas que invierten en la actualización de sus productos digitales.

A pesar de las barreras mencionadas anteriormente, cada vez más los distritos escolares y los gobiernos esperan resultados concretos de la implementación de sistemas digitales para tomar decisiones a futuro sobre inversión y asignación de recursos. En Estados Unidos, otro impulso potencial para la mejora basada en datos (específicamente, para ejecutar experimentos de productos) podría provenir de las nuevas directrices federales²⁸ que alientan a las escuelas a comprar productos "basados en evidencia"; es decir, productos que pueden mostrar pruebas de eficacia utilizando experimentos controlados. Si los experimentos con productos digitales son más baratos de realizar que los experimentos tradicionales en el aula, esto podría cambiar los comportamientos en el uso de estos sistemas. Por último, si bien en Estados Unidos existe un incentivo financiero para que las entidades de educación atiendan las necesidades de las escuelas con niveles altos de pobreza, solo el 0,008% del gasto nacional en educación (800 billones de dólares) se destina al contenido de educación digital (Consejo de Asesores Económicos, 2011).

Experimentos de diseño de productos y basados en datos

Esta sección analiza una herramienta particularmente poderosa en la mejora basada en datos: experimentos controlados de productos, también conocidos como pruebas A/B²⁹. Con esta

²⁸ <https://www2.ed.gov/policy/elsec/leg/essa/essaguidance160477.pdf>

²⁹ Sitios como Google, Amazon, Netflix, Facebook y muchos otros utilizan "pruebas A/B" para identificar los diseños con mejor rendimiento. Por ejemplo, una pequeña empresa puede diseñar dos páginas de destino diferentes y luego asignar aleatoriamente a cada visitante la página de destino A o la página de destino B; luego, se pueden examinar ciertas medidas de resultado: por ejemplo, ¿las personas compran más en el sitio web con la versión A o B? Estos

herramienta los sistemas de aprendizaje digital tienen el potencial de medir aquello que funciona, es decir, los efectos específicos de las intervenciones. Como resultado, los experimentos en sistemas de aprendizaje implementados a gran escala tienen el potencial de ayudar a optimizar los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Al mismo tiempo, estos experimentos también pueden conducir a descubrimientos de interés para la ciencia del aprendizaje.

Más allá de la optimización del diseño, los experimentos *en-línea* también son capaces de probar una teoría científica generalizable, como se ilustra en la Figura 1.

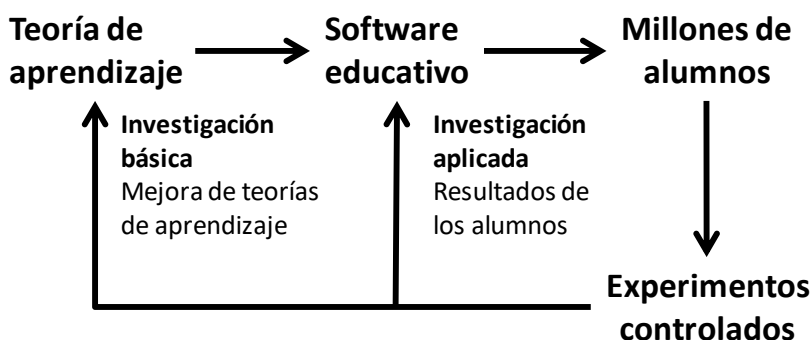


Figura 1 - Diagrama de flujo de evaluación de una teoría científica del aprendizaje.

Esta figura muestra cómo los sistemas de aprendizaje *en-línea* se diseñan normalmente con referencia a ciertas teorías de la ciencia del aprendizaje. Cuando un sistema de aprendizaje alcanza una escala suficiente es posible realizar experimentos controlados de productos. Estos experimentos se pueden usar para seleccionar entre variantes de un diseño, de modo que distintos resultados se pueden usar para mejorar diferentes los resultados, o bien para

experimentos de productos controlados permiten recopilar evidencia empírica sobre la eficacia de diferentes diseños.

proporcionar evidencia que puede poner a prueba una teoría de aprendizaje.

Los experimentos controlados desempeñan actualmente una parte importante de la investigación educativa, tanto para validar la eficacia de diferentes currículos como para desarrollar un cuerpo de conocimiento científico en educación (National Research Council, 2002). Estos experimentos también pueden guiar las inversiones en educación, tanto en los países industrializados (Fryer, 2017) como en los periféricos (Banerjee et al., 2011; McEwan, 2015). En la revisión de Fryer del trabajo en los países industrializados, por ejemplo, se encontró que las intervenciones durante la primera infancia, tutorías intensivas en adolescentes, la gestión del desarrollo profesional, los programas de lectura de verano y las prácticas basadas en datos, mejoraban los resultados de manera consistente y significativa. Los experimentos controlados de productos suelen ser menos costosos de implementar (simplemente cambian las configuraciones de software); ecológicamente más válidos (ocurren dentro de un sistema de práctica existente y sin la participación del experimentador); y pueden difundir más rápidamente resultados eficaces al aumentar el porcentaje de usuarios que reciben la condición experimental.

Los cursos *en-línea* (i.e., *Cursos en-línea masivos y abiertos* y *tutores inteligentes*) han sido la base de varios experimentos en educación (Reich, 2015) que contribuyen a la mejora del producto y al progreso científico (Koedinger et al., 2013). Sin embargo, cuando se trata del plan de estudios de K12 se verifican pocos sistemas de aprendizaje *en-línea* que utilicen regularmente experimentos controlados de productos para optimizar los resultados. Un ejemplo de este tipo es el software "*Fast ForWord K-12*" (Merzenich et al., 1996), que recientemente ha integrado un sistema de código

abierto³⁰ para la gestión de experimentos controlados de productos a gran escala. La plataforma del producto se diseñó para utilizar experimentos controlados (o potencialmente políticas basadas en la inteligencia artificial) para evaluar empíricamente las nuevas intervenciones digitales basadas en neurociencia utilizando evaluaciones integradas. Recientemente, Fabien y colegas (2017) revisaron más de 300 experimentos de productos de Microsoft e identificaron diez beneficios de los experimentos controlados de productos, entre los que mencionan a los siguientes: la mejora continua del producto; el control de calidad y los beneficios de implementación; y la cuantificación del valor y el incremento de la coordinación del equipo en torno a las métricas digitales.

En síntesis, el campo de la educación digital tiene aún más por explorar con los experimentos de productos *en-línea*, ya que éstos podrían ayudar a probar teorías educativas, generar evidencia de la eficacia de componentes particulares (incluidos los beneficios de los enfoques individualizados; Williams et al., 2014), y respaldar la prueba piloto de elementos para la validación psicométrica y la construcción de pruebas.

Ejemplos de hallazgos empíricos

Estados Unidos

La siguiente sección examina en primer lugar información de un sistema curricular extenso *en-línea* en relación con el tema de la pobreza infantil en los Estados Unidos. Este estudio describe alternativas de uso de datos de desempeño *en-línea* para orientar acciones orientadas a mejorar productos digitales que satisfagan necesidades específicas de los estudiantes que asisten a escuelas con niveles altos de pobreza. En primer lugar, evaluamos los efectos de varios factores demográficos en el desempeño de los

³⁰ <https://facebook.github.io/planout/>

estudiantes, destacando el rol específico de la pobreza. Luego, examinamos los niveles de correlación entre la pobreza y el desempeño en áreas específicas de matemática. Finalmente, analizamos las correlaciones entre el desempeño en tales áreas de matemáticas con los puntajes de las evaluaciones acumuladas, lo cual proporciona una ruta plausible para priorizar las mejoras del producto en función de la importancia relativa de aprender un tema específico. Luego de esta revisión de los datos relacionados con la pobreza, presentamos una serie de estudios que utilizan experimentos de productos *en-línea* para optimizar el diseño de un juego de aprendizaje. Esta sección ilustrará cómo los experimentos de productos pueden mejorar los resultados y desarrollar un conocimiento generalizable. Finalmente, describimos cómo se utilizaron los algoritmos de aprendizaje automático para automatizar la experimentación. Esto ayuda a ilustrar algunos de los problemas y limitaciones potenciales de los enfoques enumerados en este documento. También sirve como punto de partida para discutir el papel futuro de la inteligencia artificial en el desarrollo y bienestar social.

Esta sección presenta una combinación de datos demográficos y de un sistema de aprendizaje *en-línea* en Estados Unidos. Este análisis no incluye datos sobre los niveles individuales de pobreza de los estudiantes, sino que utiliza las estadísticas del gobierno federal de Estados Unidos sobre la pobreza escolar para investigar las correlaciones con el desempeño escolar promedio en un programa digital de matemática. Por lo tanto, si bien no podemos informar sobre la relación entre los niveles de ingresos familiares individuales y el desempeño de los estudiantes, podemos informar sobre las asociaciones entre pobreza escolar y desempeño promedio de los estudiantes.

El gobierno federal de Estados Unidos mantiene registros sobre los niveles de pobreza de todas las escuelas del país. En tal

contexto, dos estadísticas clave son el nivel de ingresos promedio en el vecindario de la escuela y el porcentaje de alumnos con “almuerzo escolar” —que registra el porcentaje de estudiantes en la escuela que califican para el almuerzo de precio reducido o gratuito debido a los bajos ingresos familiares—. Si bien la elegibilidad para este programa se correlaciona con la pobreza, no es una medida directa sino solo la estadística de correlación disponible³¹. Las escuelas con más del 75% de los estudiantes que califican para un almuerzo escolar gratuito o de precio reducido se consideran “escuelas de alta pobreza” (ver Figura 2).



Figura 2 - Mapa de la pobreza regional de escuelas en el centro y este de Estados Unidos. Cada punto representa una escuela. El tamaño del punto indica el de la escuela. Cuanto más oscuro es un punto, mayor es el nivel de pobreza en la escuela. Esta imagen ayuda a ilustrar que más del 25% de las escuelas en Estados Unidos se consideran de “alta pobreza” (NCES, 2018).

Para investigar las necesidades de las escuelas de “alta pobreza”, analizamos información disponible en una base de datos sobre desempeño de los estudiantes de un sistema de currículo digital de uso generalizado. Utilizamos un subconjunto de datos correspondientes a 529 escuelas que utilizan un programa de matemática en quinto grado. Cuando graficamos el puntaje

³¹ <https://nces.ed.gov/blogs/nces/post/free-or-reduced-price-lunch-a-proxy-for-poverty>

promedio del desempeño de los estudiantes en función de los niveles de pobreza de la escuela, encontramos que existe una fuerte correlación lineal entre las tasas de pobreza escolar y el desempeño en el programa digital de matemáticas (ver Figura 3). Si bien hay escuelas de “alta pobreza” que funcionan muy bien y escuelas de “baja pobreza” que se esfuerzan enormemente, la pobreza parece explicar una caída en el desempeño de más de 15 puntos percentiles en matemática de 5° grado.

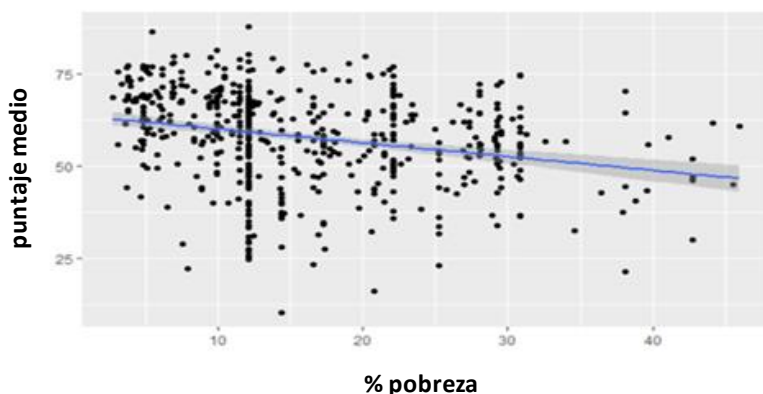


Figura 3 - Gráfico de dispersión del desempeño en un programa digital de matemática en función al porcentaje de pobreza escolar (Total de escuelas: 558).

Para considerar mejor la naturaleza multifacética de esta relación resulta importante tener en cuenta la información incluida en la Tabla 1. El uso del sistema de currículo digital en la escuela tuvo una pequeña correlación (-0.12) con los niveles de pobreza, lo que sugiere que el uso del producto digital fue casi equivalente entre escuelas de “alta pobreza” y de “baja pobreza”. Esto es prometedor, ya que los programas de aprendizaje en el hogar (e.g., Academia Khan) a menudo se usan con mayor frecuencia en las familias de clase media y alta (DiSalvo et al., 2016). Por otra parte, el mayor efecto en el desempeño provino de los ingresos locales y del porcentaje de estudiantes matriculados en programas de

almuerzos escolares. Resulta llamativo que el gasto por alumno no se correlacionó con el desempeño, lo cual podría deberse a que las escuelas de mayor pobreza reciben subvenciones adicionales.

Tabla 1 - Resultados de los análisis de las variables referidas al ingreso escolar y el desempeño en matemática.

Tipo de factor	Variables independientes	Correlación con pobreza	Correlación con evaluación formativa	Tamaño del efecto en la evaluación formativa	Importancia relativa (Varianza explicada)
Demográfico	% ELL	0.38	-0.16	-0.34	1.12%
Demográfico	% Pobreza (% F/R Almuerzo)	1.00	-0.62	-1.36	24.49%
Demográfico	Ingreso local	-0.77	0.53	1.04	41.74%
Métrica digital	Uso después de la escuela	-0.24	0.32	0.59	11.17%
Métrica digital	Uso en la escuela	-0.12	0.21	0.38	4.09%
Métrica digital	Numero Evaluaciones	-0.20	0.30	0.52	9.19%
Insumos escolares	Gasto de hardware	0.36	-0.39	-0.72	19.49%
Insumos escolares	Gasto de instrucción	-0.19	0.05	0.09	1.72%
Insumos escolares	Gasto de software	0.13	-0.24	-0.37	8.11%
Insumos escolares	Gasto total	-0.18	0.08	0.19	3.59%
Insumos escolares	Tasa computadora/alumno	-0.02	0.00	-0.07	0.05%
Insumos escolares	Tasa alumno/docente	0.23	-0.08	-0.24	0.63%
Insumos escolares	Total de alumnos	-0.01	0.03	0.02	0.21%

Nota. Las filas enumeran los factores demográficos y de ingreso escolar de los datos del gobierno junto con las métricas digitales del sistema curricular. En la primera columna, se incluyen las correlaciones con la pobreza (el porcentaje de estudiantes que reciben almuerzo gratis o a precio reducido). En la segunda columna se presentan las correlaciones con el desempeño promedio en las evaluaciones por temas específicos que se utilizan dentro del programa (percentil de evaluación formativa). Luego se calculó el tamaño del efecto (en desviaciones estándar, D de Cohen) del cambio entre las escuelas de pobreza alta y baja. Finalmente, se implementó un modelo de regresión de todos los factores para predecir el percentil de evaluación formativa y se realizó un procedimiento de descomposición de la varianza. Esto permite informar la variación explicada por cada factor (i.e., "importancia relativa" de la característica en el desempeño promedio).

Ninguna de estas correlaciones realmente sugiere un curso particular de acción. Para poder sugerir acciones de mejora es necesario resaltar los componentes del programa digital de matemática que si se mejoraran eventualmente podrían producir

cambios en el desempeño. Por lo tanto, la siguiente sección tiene como objetivo mostrar cómo utilizar los datos del desempeño para proporcionar recomendaciones prácticas para mejorar los resultados en las escuelas de “alta pobreza”. Dado el objetivo de mejorar el desempeño en las escuelas de “alta pobreza”, se propone como medida cuantitativa del logro del objetivo propuesto al desempeño de los estudiantes en los exámenes de fin de año. Como hay recursos limitados para mejorar los recursos de enseñanza, el objetivo es priorizar elementos curriculares específicos para su posterior mejora. En consecuencia, en primer lugar, se identificaron los temas que presentan mayor desafío en las escuelas de “alta pobreza” (i.e., temas cuyo desempeño se relaciona más con la pobreza escolar). Dado que no todos los temas de matemática son igualmente importantes se propuso obtener una medida aproximada de la importancia del tema, para lo cual se identificaron aquellos que están más relacionados con el bajo desempeño en las pruebas sumativas de fin de año. En ausencia de otra información, es posible suponer que es más útil mejorar el desempeño de los estudiantes en temas con la mayor correlación con las pruebas de fin de año.

Para obtener información específica, primero se calculó el percentil individual del desempeño de los estudiantes en más de 100 pruebas temáticas diferentes, cada una de las cuales fue utilizada por al menos 100 escuelas en nuestra muestra. Luego, se promedió el percentil de los estudiantes en estos temas para generar una puntuación del tema a nivel escolar. Posteriormente, se analizó la correlación entre el percentil del desempeño escolar en estos temas con el desempeño de la prueba sumativa de fin de año y con los niveles de pobreza en la escuela. Los resultados mostraron que los cuestionarios fueron un promedio de 14 puntos porcentuales más bajos en las escuelas de “alta pobreza”. Sin embargo, entre estos cuestionarios hubo ciertos temas que fueron

particularmente más difíciles para los estudiantes en escuelas de “alta pobreza”. Por ejemplo, comparamos el desempeño en "estimar sumas y diferencias con fracciones". De los 4580 envíos de un cuestionario en 76 escuelas con bajo nivel de pobreza, el desempeño porcentual promedio fue del 73%. De las 2432 solicitudes presentadas en 46 escuelas de alto nivel de pobreza, el puntaje porcentual promedio fue del 54%. Esta es una diferencia de casi 20 puntos percentilares.

Las Tablas 2 y 3 muestran las habilidades y los estándares que están más relacionados con el éxito de los estudiantes en las pruebas de fin de año. Es decir, el bajo desempeño en las pruebas de evaluación formativa sobre estos temas se asocia más con el bajo desempeño de las pruebas de final de año.

Tabla 2 - Temas o habilidades con niveles de correlación más altos con el desempeño de la prueba de fin de año.

Habilidades	Nº Alumnos	Nº Escuelas	Correlación con pobreza	Correlación con prueba fin de año
Redondeando decimales	9033	279	-0.62	0.54
Estimando sumas y diferencias de fracciones	7192	235	-0.51	0.53
Estimación de sumas y diferencias de números mixtos	4825	176	-0.58	0.52
Valor decimal de lugar	8439	279	-0.57	0.49
Resolviendo problemas usando la división	3492	147	-0.49	0.48

Tabla 3 - Estándares estatales comunes que presentan niveles de correlación más altos con el desempeño en las pruebas de fin de año.

Estándares	Nº Alumnos	Nº Escuelas	Correlación con pobreza	Correlación con evaluación de fin de año
5.NBT.A.4	12677	355	-0.63	0.53
5.NBT.A.3	11932	339	-0.54	0.48
5.MD.C.3	7360	219	-0.44	0.47
5.NF.B.7a	9410	253	-0.45	0.45

En este análisis asumimos que los temas que se correlacionan con la pobreza y el éxito en las evaluaciones de fin

de año probablemente son los que presentarían el "mayor impacto" si esos temas fueran el foco para mejorar el diseño de la enseñanza de apoyo. Al respecto, se identificaron un conjunto de temas sobre problemas de fracciones y habilidades decimales que estaban altamente correlacionados con las pruebas de fin de año, y eran particularmente problemáticos en las escuelas de "alta pobreza". Esto sugiere que invertir recursos para mejorar el desempeño de los estudiantes en estos temas podría contribuir con mejorar el desempeño de las pruebas para todos los estudiantes, pero en particular para aquellos de escuelas de "alta pobreza". En este punto es importante mencionar que, si bien todo este trabajo es puramente correlacional, los sistemas curriculares digitales permiten experimentos controlados que podrían evaluar los beneficios causales de cualquier mejora.

India

En el año 2009, la India aprobó una enmienda constitucional que garantizaba el derecho a la educación. Además de definir los derechos educativos por primera vez, esta enmienda también introdujo estrategias progresivas para la evaluación. Mientras que los estudiantes estaban previamente sujetos a un solo examen académico en su décimo año de escolaridad (un examen que determinaría su éxito o fracaso en la escuela), la enmienda exigía que se usara en su lugar una "evaluación continua e integral" (ECI). El fundamento fue proporcionar evaluaciones formativas a intervalos regulares que podrían ayudar a los docentes a responder a las brechas en el conocimiento de los estudiantes. Además, evaluaron varias medidas académicas de lectura, matemática y ciencia; pero también "habilidades para la vida", como afrontamiento al estrés, empatía y resolución de problemas (Vihar, 2013). En general, la ECI se implementó con el objetivo de reducir

el estrés de los exámenes³², hacer que los planes de estudio fueran más "centrados en el niño y la niña", alentar a los maestros a alejarse de la enseñanza de la memorización y promover un ciclo de aprendizaje continuo (Juneja, 2018). Sin embargo, el programa se suspendió en el año 2017 debido al descontento generalizado de estudiantes y maestros. Si bien el objetivo era proporcionar información integral que ayudaría a los maestros a responder directamente a las necesidades de los estudiantes, la implementación del programa adoptó actitudes prevalecientes hacia la evaluación (Juneja, 2018). Como resultado, las evaluaciones formativas fueron implementadas como evaluaciones sumativas (i.e., el desempeño de los estudiantes en las evaluaciones formativas representó el 40% de sus calificaciones totales). Desde la perspectiva del maestro la ECI era solo otro conjunto de papeles para completar, y la información recopilada rara vez informaba su enseñanza. Las evaluaciones se realizaron para las necesidades de rendición de cuentas, pero no para comprender las necesidades de los estudiantes.

¿Por qué falló la implementación, a pesar de las intenciones bien fundamentadas? En particular, este programa se implementó en todo el país sin un estudio piloto previo (Juneja, 2018). En lugar de cambiar gradualmente los comportamientos para garantizar que estos se alinearan paulatinamente con los valores subyacentes, el abordaje implementado intentó realizar cambios rápidos. Pero los cambios en los sistemas socio-técnicos grandes y complejos suelen ser más exitosos cuando se los aborda de manera gradual (Lindblom, 1959). Este es un ejemplo que contribuye con evidencia acerca de la importancia de moderar el entusiasmo por realizar cambios drásticos en los grandes sistemas educativos.

³² <https://timesofindia.indiatimes.com/city/nagpur/CBSE-introduces-Contemporary-Comprehensive-Education/articleshow/20451236.cms>

Discusión

Optimización basada en los datos y pobreza infantil

¿Cómo pueden los sistemas de currículos digitales a gran escala satisfacer mejor las necesidades académicas de los estudiantes con dificultades y producir un impacto social positivo? Como principio básico, los sistemas de aprendizaje digital deberían poder recopilar datos válidos sobre las necesidades de los estudiantes. Estos datos deben ser accesibles e interpretables en varios niveles, por ejemplo, por parte de maestros, padres, sistemas escolares, y propietarios de productos. Esto permitiría una innovación ascendente, de modo que los conocimientos sobre el aprendizaje y la adaptación a nivel de aulas y escuelas puedan ser propagados a través del sistema educativo.

Desde la perspectiva del diseño, los sistemas de aprendizaje deben esforzarse por poner a disposición de los docentes recursos de enseñanza en respuesta a la evaluación de las necesidades académicas de los estudiantes. Esto se puede lograr proporcionando recursos recomendados dentro de los tableros de datos utilizados por los maestros o directivos. Además, puede ser necesario diseñar nuevos recursos para responder a diferentes necesidades comunes, incluidos los recursos orientados a estudiantes y maestros para la enseñanza y la evaluación. Idealmente, los nuevos recursos de enseñanza se podrían implementar a través de experimentos que involucren a un subconjunto de usuarios para probar su utilidad antes de difundirlos a todos los maestros. Esto puede requerir el desarrollo de procesos sociales mejorados y plataformas técnicas para ejecutar experimentos controlados de productos. Además, para lograr ampliamente el objetivo de construir sistemas de aprendizaje inteligentes para satisfacer las necesidades de las escuelas de “alta pobreza”, se sugiere un diálogo orientado al diseño entre

investigadores, hacedores de políticas, propietarios de productos de aprendizaje digital y usuarios de software.

De manera más crítica, existe la necesidad de un consenso sobre qué necesidades específicas deben evaluarse con respecto a las escuelas de “alta pobreza”. No solo es prioritario satisfacer las necesidades inmediatas, sino también fomentar el crecimiento y el bienestar individual y colectivo a largo plazo. La determinación de estas prioridades es parcialmente una cuestión de datos (e.g., ¿qué necesidades a corto plazo se correlacionan mejor con los objetivos a largo plazo?) y al mismo tiempo una cuestión de valores (e.g., ¿qué objetivos a largo plazo nos importan realmente?).

En la actualidad, las escuelas evalúan el desempeño de los estudiantes utilizando una variedad de pruebas académicas y otras medidas de comportamiento (e.g., asistencia, con qué frecuencia se meten en problemas, etc.). Si bien los maestros pueden estar conscientes de la existencia de problemas como el hambre o los trastornos de salud, no evalúan constantemente estas u otras dimensiones de bienestar que afectan al desempeño académico de los estudiantes. También es poco frecuente que las escuelas midan otros factores como las habilidades autorregulatorias (e.g., memoria de trabajo, control inhibitorio, y flexibilidad) que pueden mediar en la relación entre la pobreza y el desempeño académico.

Evaluación de factores de bienestar

Varias deficiencias en el bienestar personal pueden crear barreras para el desempeño cognitivo y académico (e.g., hambre, enfermedad, fatiga, estrés, exposición a eventos negativos). El bienestar infantil, considerado en términos generales, es un importante mediador del desempeño académico. ¿Cuál es la relación entre pobreza y bienestar? Conceptualmente, la pobreza se puede definir como la falta de satisfacción de las necesidades que son esenciales para el bienestar (i.e., comida, vivienda, medicinas,

apoyo social, propósito individual). Los factores de la pobreza y los factores del bienestar pueden conceptualizarse como polos inversos en un continuo, como en el caso de los factores de salud y enfermedad. Desde esta perspectiva, podemos considerar la evidencia de que la memoria de trabajo está inversamente relacionada con la pobreza infantil, con la presencia de angustia crónica como un factor mediador (Evans & Schamberg, 2009). Desde una perspectiva de diseño, podríamos predecir que las intervenciones que mejoren el bienestar de la niñez podrían reducir la angustia crónica y mitigar (parcialmente) los efectos negativos de la pobreza en la memoria de trabajo y el desempeño académico. Cada uno de estos factores (memoria de trabajo, estrés crónico y bienestar) podrían ser objetivos de medición apropiados para respaldar un enfoque de optimización continua basado en los datos de los sistemas de aprendizaje *en-línea*. No obstante, ninguno de ellos se suelen evaluar en los sistemas escolares típicos contemporáneos. En consecuencia, un área para futuras investigaciones es el desarrollo de instrumentos de evaluación observacionales accesibles y fáciles de usar para que los maestros evalúen sus percepciones acerca de diversos factores del bienestar de sus estudiantes. Ello contribuiría con: (1) identificar áreas generales de necesidad dentro de una escuela; (2) identificar estudiantes en una clase que necesiten atención especial; y/o (3) evaluar los efectos de diferentes intervenciones.

Implicaciones para el diseño

Se ha demostrado que varias intervenciones mejoran el bienestar psicológico (ver un meta-análisis en Boller et al., 2013). Además, hay evidencia reciente de que mejorar el bienestar de los estudiantes puede causar mejores resultados académicos (Global Happiness Council, 2018). El bienestar también es importante para los profesores. Hay evidencia de diferentes países (e.g., Bután,

México, Perú) que sugiere que el bienestar de los maestros está relacionado causalmente con el éxito de los estudiantes (Adler, 2016). Claramente, la capacidad de hacer un seguimiento del bienestar y las necesidades de los estudiantes y docentes ayudaría a los sistemas educativos a realizar mejores abordajes educativos y, por lo tanto, producir mejores resultados para los estudiantes.

En tal sentido, los paneles de los maestros en los sistemas de currículo digital ofrecen una oportunidad específica para promover la medición del bienestar de los estudiantes. Actualmente se utilizan para informar sobre el uso y el desempeño de la clase. Sin embargo podrían ofrecer un medio alternativo y útil para llegar a miles de maestros y millones de estudiantes en riesgo. Una posibilidad potencial de estos sistemas es proporcionar recomendaciones automatizadas a maestros o estudiantes que puedan ayudar a medir o apoyar el bienestar individual o colectivo. En tal sentido, sería necesario realizar una evaluación de detección que se pueda entregar a miles de estudiantes. A nivel de la clase, esto podría usarse para proporcionar recomendaciones y brindar recursos de apoyo al maestro. Desde una perspectiva de medición, sería recomendable definir el bienestar del estudiante en términos de sueño, ejercicio, nutrición, habilidades socioemocionales, habilidades de resolución de problemas, autonomía, competencia, pertenencia, relaciones con los compañeros, relaciones con los padres, juego, y rasgos emocionales. Las intervenciones de bienestar pueden incluir varios módulos de instrucción, pero también intervenciones como la autoeficacia o el entrenamiento del optimismo, la meditación consciente, la escritura de autoafirmación, o el juego estructurado. Es posible imaginar una lista relativamente extensa de ítems para la verificación de comportamientos en curso, a partir de las cuales los maestros podrían rastrear las fluctuaciones (días buenos y días malos) y hacer inferencias sobre las actividades o circunstancias que pueden

estar afectando el comportamiento de cada estudiante. Además, los datos de las evaluaciones observacionales basadas en la percepción del docente podrían combinarse con las evaluaciones digitales para proporcionar una comprensión más integral de las necesidades del niño o la niña, y las métricas utilizadas para medir el impacto de cualquier intervención nueva. Sería posible combinar varios marcadores (e.g., biológicos, fisiológicos y cognitivos) para registrar las intervenciones basadas en la evidencia. Estas medidas facilitarían la identificación de recursos que contribuyan con mejorar considerablemente el bienestar de los estudiantes, de manera que puedan ampliarse para apoyar el éxito en el desempeño escolar de aquellos con dificultades.

Conclusión

Este capítulo describe cómo los planes de estudio *en-línea*, utilizados en las escuelas primarias de todo el mundo, podrían proporcionar un canal productivo para innovar en los métodos de optimización continua basados en datos, orientados a identificar sistemáticamente y atender de manera incremental las necesidades de los estudiantes de contextos con niveles altos de pobreza. Compartimos métodos de diseño específicos basados en datos que describen cómo los sistemas educativos podrían reducir de manera incremental la brecha en el logro académico³³ asociado a la pobreza, al dirigir las inversiones del sistema (e.g., el diseño de nuevos materiales curriculares) hacia las necesidades de los estudiantes.

Con datos empíricos provenientes de un sistema de aprendizaje *en-línea* con sede en Estados Unidos, intentamos mostrar que las escuelas de contextos con “alta pobreza” utilizan los recursos de aprendizaje *en-línea* a un ritmo similar al de las

³³ En inglés: *achievement gap* (Nota de los Editores).

escuelas de contextos con “baja pobreza”. Asimismo, los datos presentados revelan una correlación sólida y lineal entre la pobreza escolar y el desempeño escolar. Nuestro análisis luego fue más allá de este problema general, al usar los datos del sistema de aprendizaje *en-línea* para identificar asociaciones entre la pobreza y el desempeño en temas académicos específicos. Esta especificidad es crítica, ya que puede motivar e informar acciones específicas para optimizar programas educativos (e.g., mejorar los recursos de instrucción asociados con ese tema). Este enfoque podría contribuir con priorizar la importancia de temas particulares para mejorar en todas las escuelas. Es esperable que la mejora del desempeño en estos temas en particular tenga un mayor impacto en el desempeño futuro que en otros temas. Sin embargo, para demostrar esta relación, lo ideal sería que pudiéramos llevar a cabo un experimento controlado.

La segunda parte de nuestros resultados empíricos describe una serie de experimentos controlados utilizando un producto educativo digital. Estos resultados ayudan a ilustrar cómo los sistemas de currículos *en-línea* podrían beneficiarse de la adopción de plataformas y prácticas para experimentos de productos controlados (e.g., generar evidencia de eficacia, optimizar los resultados de los estudiantes y para contribuir a la investigación básica sobre la ciencia del aprendizaje). Asimismo, como estos programas de optimización dependen en gran medida de las métricas específicas de la necesidad, discutimos la importancia de expandir las evaluaciones basadas en la escuela para cubrir otros aspectos de las necesidades de los estudiantes, es decir, aquellos que están asociados con el bienestar, la pobreza y el desempeño académico. Finalmente, compartimos una historia que advierte acerca de la implementación de reformas educativas de modo repentino, sin tener en cuenta la cultura existente de enseñanza.

Los sistemas de currículos digitales plantean varias oportunidades y desafíos para las ciencias. Existe la necesidad de definir mejor una agenda de investigación (es decir, aclarar preguntas de investigación plausibles y valiosas e identificar problemas éticos), para guiar la investigación futura dentro de los sistemas curriculares a gran escala. Un factor subyacente de importancia para estas preguntas es el valor del desarrollo humano. Al respecto, es interesante considerar que las ciencias cognitivas podrían ayudar a tomar decisiones sobre los objetivos educativos y los valores humanísticos subyacentes.

El objetivo de este capítulo es resaltar la posibilidad de utilizar datos de programas de aprendizaje *en-línea* para mejorar el desempeño de los estudiantes con dificultades, en particular aquellos de escuelas de “alta pobreza”. Su objetivo es comunicar una visión para mejorar la equidad social mediante el uso de circuitos de retroalimentación inteligentes para mejorar sistemáticamente los sistemas de aprendizaje digital heredados. Esta visión no es posible sin interacciones entre científicos, funcionarios gubernamentales, diseñadores, propietarios de productos, maestros, padres y estudiantes. En el contexto de los rápidos avances en inteligencia artificial -avances que pueden transformar la sociedad humana para bien o para mal-, esperamos que este trabajo ilustre enfoques prácticos para integrar valores humanistas en sistemas inteligentes.

Agradecimientos. *Estamos agradecidos por la amistad sincera de la comunidad neurocientífica. El trabajo y la visión que se presentan aquí están motivados, apoyados e inspirados por estos amigos.*

Referencias bibliográficas

Abuhamdeh, S., & Csikszentmihalyi, M. (2012) The Importance of Challenge for the Enjoyment of Intrinsically Motivated,

- Goal-Directed Activities. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38, 317–330.
- Adamson, P. (2012). *Measuring child poverty: New league tables of child poverty in the world's rich countries*. Technical Report.
- Adler, A. (2016). *Teaching well-being increases academic performance: Evidence from Bhutan, Mexico, and Peru*. University of Pennsylvania, Dissertation.
- Argyris, C., & Schon, D. (1978). *Organizational learning: A theory of action approach*. Reading, MA: Addison Wesley.
- Asimov, I. (1950). *I, Robot*. New York: Gnome Press.
- Banerjee, A.V., Banerjee, A., & Duflo, E. (2011). *Poor economics: A radical rethinking of the way to fight global poverty*. Philadelphia: Public Affairs.
- Berlyne, D.E. (1970). Novelty, complexity, and hedonic value. *Perception & Psychophysics*, 8, 279-286.
- Berlyne, D.E. (1971). *Aesthetics and Psychobiology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Bolier, L., Haverman, M., Westerhof, G.J., Riper, H., Smit, F., & Bohlmeijer, E. (2013). Positive psychology interventions: A meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Public Health*, 13, 119.
- Calvo, R. & Peters, D. (2012). Positive computing: technology for a wiser world. *Interactions*, 19, 28–31.
- Card, S.K., Mackinlay, J.D., & Robertson, G.G. (1991). A morphological analysis of the design space of input devices. *ACM Transactions on Information Systems*, 9, 99–122.
- Chabrier, J., Cohodes, S., & Oreopoulos, P. (2016). What can we learn from charter school lotteries? *Journal of Economic Perspectives*, 30, 57-84.
- Chatti, M.A., Dyckhoff, A.L., Schroeder, U., & Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4, 318-331.
- Clark, D.M., Silvester, K., & Knowles, S. (2013). Lean management systems: creating a culture of continuous quality improvement. *Journal of Clinical Pathology*, 66, 638-643.

- Coley, R. & Baker, B. (2013). *Poverty and education: Finding the way forward*. Educational Testing Service Center for Research on Human Capital and Education.
- Council of Economic Advisers. (2011). *Unleashing The Potential of Educational Technology*. Washington DC: White House.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). Play and intrinsic rewards. *Journal of Humanistic Psychology*, 15, 41-63.
- Csikszentmihalyi, M., & Csikszentmihalyi, I. S. (Eds.). (1992). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*. Cambridge University Press.
- DeNavas-Walt, C., & Proctor, B. (2015). *Income and poverty in the United States: 2014*. US Census Bureau, Current Population Reports.
- Desmet, P., & Pohlmeier, A. (2013). Positive design: An introduction to design for subjective well-being. *International Journal of Design*, 7, 5-19.
- DiSalvo, B., Roshan, P., & Morrison, B. (2016). Information Seeking Practices of Parents: Exploring Skills, Face Threats and Social Networks. *ACM CHI*, 623-634.
- Duncombe, W., & Yinger, J.. (2005). How much more does a disadvantaged student cost? *Economics of Education Review*, 24, 513-532.
- Evans, G. W., & Schamberg, M. A. (2009). Childhood poverty, chronic stress, and adult working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 6545-6549.
- Fabijan, A., Dmitriev, P., Olsson, H. H., & Bosch, J. (2017). The benefits of controlled experimentation at scale. *SEAA. IEEE*.
- Fletcher, G., Schaffhauser, D., & Levin, D. (2012). *Out of Print: Reimagining the K-12 Textbook in a Digital Age*. State Educational Technology Directors Association.
- Fryer Jr, R. G. (2017). The production of human capital in developed countries: Evidence from 196 randomized field experiments. In: *Handbook of Field Experiments*. Vol. 2. Amsterdam: North-Holland, pp. 95-322.
- Hackman, D. & Farah, M. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65-73.

- Hebb, D.O. (1955). Drives and the C.N.S. (Conceptual Nervous System). *Psychological Review*, 62, 243-254.
- Juneja, N. (2018). Policy Lessons for Inclusion from the Fate of the CCE Within the Performativity Culture in Education. *Vikalpa*, 43, 14-23.
- Koedinger, K.R., Booth, J.L., & Klahr, D. (2013). Instructional complexity and the science to constrain it. *Science*, 342, 935-937.
- Kohavi, R., Deng, A., Frasca, B., Longbotham, R., Walker, T., & Xu, Y. (2012) Trustworthy Online Controlled Experiments: Five Puzzling Outcomes Explained. *KDD*.
- Ginsburg, K. R. (2007). The importance of play in promoting healthy child development and maintaining strong parent-child bonds. *Pediatrics*, 119, 182-191.
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 3–10.
- Holzer, H., Schanzenbach, D., Duncan, G., & Ludwig, J. (2008). The economic costs of childhood poverty in the United States. *Journal of Children and Poverty* 14, 41–61.
- Kim, H.H.M., Liu, Y., Wang, C.C., & Wang, Y. (2017). Special Issue: Data-Driven Design (D3). *Journal of Mechanical Design*, 139, 110301.
- Kizilcec, R.F., & Schneider, E. (2015). Motivation as a lens to understand online learners: Toward data-driven design with the OLEI scale. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 22, 6.
- Lai, M.K., & Schildkamp, K. (2013). Data-based decision making: An overview. In *Data-based decision making in education* (pp. 9-21). New York: Springer.
- LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M.S., & Kruschwitz, N. (2011). Big data, analytics and the path from insights to value. *MIT Sloan Management Review*, 52, 21.
- Liikkanen, L.A. (2017). The data-driven design era in professional web design. *Interactions*, 24, 52-57.
- Lindblom, C. (1959). The Science of Muddling Through. *Public Administration Review*, 19, 79-88.

- Lipina, S.J. (2016). Critical considerations about the use of poverty measures in the study of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 52, 241–250.
- Lipina, S.J., & Evers, K. (2017). Neuroscience of childhood poverty: Evidence of impacts and mechanisms as vehicles of dialog with ethics. *Frontiers in Psychology*, 8, 436.
- Lomas, D., Kumar, A., Patel, K., Ching, D., Laxmanan, M., Kam, M., et al. (2013). The Power of Play: Design Lessons for Increasing the Lifespan of Obsolete Computers. *ACM CHI*.
- Lomas, D., Patel, K., Forlizzi, J. L., & Koedinger, K. R. (2013). Optimizing challenge in an educational game using large-scale design experiments. *ACM CHI*.
- Lomas, D. (2015). *Accelerating Theory Development with Large Online Experiments: Towards an Interaction Design Science*. Human Computer Interaction Consortium.
- Lomas, D., Forlizzi, J., Poonwala, N., Patel, N., Shodhan, S., Patel, K., et al. (2016). Interaction Design as a Multi-Armed Bandit Problem. *ACM CHI*.
- Lomas, D., Forlizzi, J., Patel, N., Shodhan, S., Patel, K., Poonwala, N., et al. (2017). Is Difficulty Overrated? The Effects of Choice, Novelty and Suspense on Intrinsic Motivation in Educational Games. *ACM CHI*.
- Merzenich, M.M., Jenkins, W.M., Johnston, P., Schreiner, C., Miller, S.L., & Tallal, P. (1996). Temporal Processing Deficits of Language-Learning Impaired Children Ameliorated by Training. *Science*, 271, 77–81.
- McEwan, P.J. (2015). Improving learning in primary schools of developing countries: A meta-analysis of randomized experiments. *Review of Educational Research*, 85, 353-394.
- National Research Council (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
- NCES, the National Center for Educational Statistics (updated 2018) https://nces.ed.gov/programs/coe/indicator_clb.asp
- Norman, D. (2017). Design, business models, and human-technology teamwork: As automation and artificial intelligence technologies develop, we need to think less

- about human-machine interfaces and more about human-machine teamwork. *Research-Technology Management*, 60, 26-30.
- Patel, N., Sellman, C., & Lomas, D. (2017). *Mining Frequent Learning Pathways from a Large Educational Dataset*. Educational Data Mining.
- Patel, N., Sharma, A., Sellman, C., & Lomas, D. (2018). *Curriculum Pacing: A New Approach to Discover Instructional Practices in Classrooms*. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems. New York: Springer, pp. 345-351.
- Peters, R., Petrunka, K., Khan, S., Howell-Moneta, A., Nelson, G., Pancer, S., et al. (2016). Cost-Savings Analysis of the Better Beginnings, Better Futures Community-Based Project for Young Children and Their Families: A 10-Year Follow-up. *Prevention Science*, 17, 237–247.
- Pinker, S. (2018). *Enlightenment Now*. New York: Penguin.
- Putnam, R. (2016). *Our kids: The American dream in crisis*. New York: Simon and Schuster.
- Reardon, S.F. (2011). The widening academic achievement gap between the rich and the poor: New evidence and possible explanations. In *Whither opportunity? Rising inequality, schools, and children's life chances* (R.J. Murnane, G.J. Duncan, Eds.). New York, Russell Sage Foundation, pp., 91-116.
- Reich, J. (2015). Rebooting MOOC research. *Science*, 347, 34-35.
- Ribeiro, S., Mota, N.B., da Rocha Fernandes, V., Deslandes, A.C., Brockington, G., & Copelli, M. (2016). Physiology and assessment as low-hanging fruit for education overhaul. *Prospects*, 46, 249-264.
- Rose, T., Joe, S., Williams, A., Harris, R., Betz, G., & Stewart-Brown, S. (2017). Measuring Mental Wellbeing Among Adolescents: A Systematic Review of Instruments. *Journal of Child and Family Studies*, 26, 2349–2362.
- Schildkamp, K., Ehren, M., & Lai, M.K. (2012). Editorial article for the special issue on data-based decision making around the world: From policy to practice to results. *School Effectiveness and School Improvement*, 23, 123-131.

- Schildkamp, K., Karbautzki, L., & Vanhoof, J. (2014). Exploring data use practices around Europe: Identifying enablers and barriers. *Studies in educational evaluation*, 42, 15-24.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT press.
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A.P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, 17, 497.
- Slavin, R. E., Cheung, A., Holmes, G., Madden, N.A., & Chamberlain, A. (2013). Effects of a data-driven district reform model on state assessment outcomes. *American Educational Research Journal*, 50, 371-396.
- Spicker, P., Leguizamon, S., & Gordon, D. (2007). *Poverty: an international glossary*. Londres: Zed Books.
- Stephenson, N. (1995). *The diamond age: Or, a young lady's illustrated primer*. New York: Bantam Spectra.
- Van Geel, M., Keuning, T., Visscher, A.J., & Fox, J.P. (2016). Assessing the effects of a school-wide data-based decision-making intervention on student achievement growth in primary schools. *American Educational Research Journal*, 53, 360-394.
- Vihar, P. (2013) *Life Skills: Teacher Manual*. Central Board of Secondary Education
http://cbseacademic.nic.in/web_material/doc/2014/9_Life%20Skills_Class_VIII.pdf
- World Health Organization (WHO). (2003). *Skills for health: skills-based health education including life skills: an important component of a child-friendly/Health-Promoting School*. Washington DC: World Health Organization.
- West, D. M. (2012). *Big data for education: Data mining, data analytics, and web dashboards*. Washington DC: Brookings.
- Williams, J., Li, N., Kim, J., Whitehill, J., Maldonado, S., Pechenizkiy, M., et al. (2014). The MOOClets: A framework for improving online education through experimental comparison and personalization of modules. Working Paper N° 2523265.

Yeh, S. S. (2010). The cost effectiveness of 22 approaches for raising student achievement. *Journal of Education Finance*, 36, 38-75.

EXPLORACIONES INTERDISCIPLINARIAS PARA EL ESCALAMIENTO DE INTERVENCIONES EXPERIMENTALES

Matías Lopez-Rosenfeld, M. Soledad Segretin,
Sebastián J. Lipina

Introducción

Uno de los aspectos esenciales a tener en cuenta al abordar la gran cantidad de información disponible en forma digital sobre diferentes aspectos del desarrollo humano, es cómo organizarla para responder diferentes preguntas de diferentes actores sociales. En este contexto, las visualizaciones constituyen una de las herramientas disponibles para contribuir con tal objetivo³⁴. En tal

³⁴ En las ciencias de la computación, las visualizaciones han sido abordadas en general por dos comunidades. Por una parte, aquellos que se ocupan de la interacción entre personas y computadoras, que considera a las visualizaciones

sentido, en la actualidad las aplicaciones computacionales disponibles para el desarrollo de visualizaciones permiten generar de forma rápida mapas, cuadros, líneas de tiempo, gráficos, nubes de palabras e interfaces de búsqueda, entre otras. Los vecindarios, las ciudades y los estados son escenarios en los que se producen diferentes tipos de eventos vitales para diferentes grupos sociales. Precisamente, en tales escenarios es donde ocurre el desarrollo humano y donde se construyen las relaciones sociales. Por ejemplo, los mapas han sido un instrumento clave para identificar y resolver desafíos en las áreas de salud pública (Reich & Haran, 2018), del desarrollo económico (Klemens et al., 2015) y psicológico (Rentfrow & Jokela, 2016).

Algunos desafíos que plantean el diseño e implementación de estos esfuerzos computacionales en el estudio del desarrollo humano, se relacionan con que los datos individuales no necesariamente proporcionan información para responder preguntas que involucran procesos a diferentes escalas (e.g., inter-individuales). Además, como cada fuente de datos contiene su propio conjunto de errores y complejidades, se requieren métodos estadísticos adecuados para integrar información de distinto origen (Reich & Haran, 2018). No obstante, los esfuerzos han comenzado a producir resultados promisorios. Por ejemplo, Osgood-Zimmerman y colegas (2018) y Graetz y colegas (2018) analizaron fallas del crecimiento infantil en diferentes países africanos y su

como una tecnología de estudio en sí misma. Muchas de las herramientas que utilizan los científicos han sido desarrolladas por esta comunidad. Por otra parte, están aquellos que se ocupan de desarrollar gráficos, que en gran medida han focalizado sus esfuerzos en el hardware para crear visualizaciones de alta calidad para la ciencia y otras comunidades de usuarios. El trabajo de ambas comunidades de investigación ha incrementado las capacidades de crear visualizaciones a través de diferentes desarrollos, como por ejemplo entornos envolventes a gran escala, pantallas tridimensionales de alta calidad, kits de software de renderización y bibliotecas de visualización.

relación con el número de años de educación de las madres de esos niños. Para ello recolectaron información geolocalizada sobre retraso del crecimiento, la pérdida de masa muscular y el peso de niños y niñas menores de 5 años y los años de educación de las madres, todos ellos provenientes de diferentes encuestas realizadas en decenas de miles de aldeas durante 15 años. Asimismo, combinaron estos datos con información sobre el clima y la geografía local, y validaron su modelo estadístico ajustándolo primero a los datos de un subconjunto de ubicaciones, para luego comparar sus predicciones con los datos en otros subconjuntos diferentes de ubicaciones. Los autores utilizaron sus datos para identificar diferencias y predicciones en las mejoras a lo largo del tiempo en distintas regiones, y a partir de ello también lograron especificar prioridades de intervención para políticas de primera infancia. En otro estudio, investigadores y educadores de la Columbia Británica (Canadá) utilizaron el Instrumento de Desarrollo Temprano (EDI, por su sigla en inglés) para evaluar el desarrollo emocional, cognitivo, de lenguaje, físico y social de niños y niñas de nivel de educación inicial, y con ello examinar las tendencias del desarrollo infantil temprano en diferentes vecindarios y distritos escolares de la ciudad de Vancouver. Tal construcción de mapas de riesgos del desarrollo en base a los datos EDI contribuyó con identificar factores de vulnerabilidad y de resiliencia en el desarrollo infantil; y con ello necesidades de intervención locales que pueden ayudar a las familias y a las comunidades a promover el desarrollo saludable de los niños y las niñas antes de su ingreso al primer grado de la escolaridad primaria. Las visualizaciones generadas en este proyecto incluyen mapas que pueden capturar diferentes grupos sociales a nivel comunitario, provincial y federal (Hertzman & Bertrand, 2007).

Otro de los instrumentos que han comenzado a diseñarse e implementarse con grandes bases de datos poblacionales para

abordar problemas de salud pública y desarrollo humano, son los algoritmos que combinan diferentes formas de aprendizaje automático. Recientemente, Bansak y colegas (2018) desarrollaron un algoritmo adaptativo basado en datos que asigna refugiados a distintas ubicaciones de reasentamiento para mejorar los procesos de integración al país de acogida. El algoritmo utiliza combinaciones de aprendizaje automático de datos para descubrir y aprovechar las sinergias entre las características de los refugiados y los sitios de reasentamiento. En primera instancia se implementó con datos del registro histórico de dos países con diferentes regímenes de asignación y poblaciones de refugiados (i.e., Estados Unidos y Suiza). El enfoque aplicado en una simulación mejoró entre 40% y 70% las tasas de empleo de los refugiados en relación con las prácticas de asignación utilizadas habitualmente. Una de las ventajas de este tipo de abordajes es que tienen la potencialidad de proporcionar a diferentes organismos, herramientas de implementación de acciones, intervenciones y políticas que podrían aplicarse en forma rápida dentro de las estructuras institucionales existentes. Asimismo, el desarrollo de algoritmos también ha comenzado a utilizarse en la simulación de intervenciones orientadas a mejorar aspectos del desarrollo humano. Por ejemplo, Chittleborough y colegas (2014) utilizaron estimaciones de efectos de prueba y modelos estructurales provenientes del Estudio Longitudinal Avon, que incluye a una población de 11.764 niños y niñas, para examinar los efectos simulados de intervenciones orientadas a mejorar las habilidades académicas al momento de ingresar a la escuela primaria en los logros educativos a los 16 años en contexto de desigualdad socioeconómica. Las intervenciones simuladas con mayor intensidad mostraron una reducción del 5% de los efectos de tales tipos de desigualdades.

Por una parte, este tipo de estudios dan cuenta de la disponibilidad de métodos, teorías y aplicaciones estadísticas que permiten analizar problemas de salud, educación y desarrollo a diferentes escalas geográficas utilizando métodos robustos y software de código abierto. Por otra parte, también ilustran la importancia de combinar grandes bases de datos con los abordajes conceptuales y metodológicos específicos de disciplinas relevantes como epidemiología, psicología del desarrollo, economía, sociología y estadística. La comprensión de los procesos espacio-temporales desde tales tipos de abordajes interdisciplinarios contribuye con el diseño de intervenciones adecuadas y pertinentes para diferentes culturas. No obstante, el uso de visualizaciones en la investigación científica o en los esfuerzos de transferencia científica a intervenciones y políticas, aún no ha sido abordado suficientemente. Ello se asociaría en parte con que las visualizaciones muchas veces devienen un producto final del análisis científico más que una herramienta de exploración. Asimismo, muchas de las herramientas de visualización disponibles para los científicos no pueden ser actualizadas por no estar asociadas a bases de datos alojadas en la Web, por lo que una vez que son creadas devienen un producto de información inmutable. Una de las razones asociadas con esta limitación es que resulta difícil recolectar datos científicos y que éstos dependen de métodos específicos, por lo que el foco del esfuerzo científico suele ser la generación de datos más que su eventual uso en aplicaciones. Por otra parte, muchos de los problemas científicos están relacionados y son interdependientes, por lo cual involucran datos provenientes de múltiples instrumentos, disciplinas y fuentes (Fox & Hendler, 2011).

Las capacidades que vienen siendo generadas y utilizadas en la Web podrían contribuir con mejorar estos aspectos. Estos abordajes se caracterizan por ser de uso fácil —lo cual podría

permitir que los científicos generen visualizaciones en forma rápida para explorar hipótesis- y por contribuir potencialmente con el escalamiento de las visualizaciones. Asimismo, ambos aspectos permitirían generar nuevos abordajes de recolección y almacenamiento para desarrollar y mantener visualizaciones a un costo bajo. Al mismo tiempo, estas herramientas pueden crear desafíos que la comunidad científica debe anticipar. En primer lugar, se requieren nuevos abordajes para determinar cuál es la mejor forma de visualizar datos científicos. Por ejemplo, Lengler y Epler desarrollaron una tabla periódica de métodos de visualización que muestra diferentes técnicas organizadas por tipo de dato y complejidad de su aplicación. También se verifican debates que proponen cambiar las perspectivas de principios generales de visualización efectiva a otras de mayor especificidad para el uso científico, como por ejemplo cuál es la mejor forma de combinar métodos estadísticos con visualizaciones (e.g., Card et al., 1999). Otro tipo de desafíos se relacionan con cómo crear, mantener y analizar datos para las visualizaciones, lo cual implica tener en cuenta la calidad de la información, así como también sus potenciales sesgos y relevancia contextual. Si bien en las últimas dos décadas se verifican esfuerzos importantes para abordar estos desafíos, aún resulta necesario continuar investigando para generar soluciones escalables que puedan adaptarse y actualizarse dinámica e interactivamente en el contexto de la Web.

Visualizaciones y simulaciones en los estudios de pobreza infantil de la UNA

Desde fines de la década de 1990, la Unidad de Neurobiología Aplicada³⁵ (UNA) desarrolla investigaciones orientadas al estudio

³⁵ Unidad de Neurobiología Aplicada (UNA, CEMIC-CONICET), <http://pobrezaydesarrollocognitivo.blogspot.com/>

de: (a) las asociaciones entre pobreza infantil y desarrollo autorregulatorio (cognitivo y emocional); (b) los mecanismos de modulación de tales asociaciones; (c) el diseño, implementación y evaluación de intervenciones orientadas a optimizar el desarrollo autorregulatorio de poblaciones de niños y niñas que viven en condiciones de pobreza; y (d) la transferencia de conocimiento técnico al diseño y evaluación de políticas en primera infancia. El trabajo de la UNA ha generado interés en diferentes organismos gubernamentales y no gubernamentales para explorar posibilidades de escalamiento de procedimientos de evaluación del desarrollo, así como el diseño, implementación y evaluación de impacto de intervenciones orientadas a optimizar el desarrollo autorregulatorio de niños de hogares pobres (e.g., Segretin et al., 2014).

En el año 2011, una agencia gubernamental nacional a cargo de la salud de niños y niñas de 0 a 6 años que vivían en una cuenca hidrográfica contaminada, convocó a un grupo de investigadores de la UNA para colaborar con las evaluaciones del desarrollo y la búsqueda de alternativas para la atención de una diversidad de problemas del desarrollo. Previamente, habían implementado una prueba de pesquisa para detectar problemas del desarrollo motor, cognitivo y del lenguaje cuyos resultados mostraron que un 40% de los niños y niñas evaluados no alcanzaban los niveles mínimos esperados para su edad. La proyección de tal porcentaje a la población infantil de la cuenca hidrográfica implicaba 36.000 niños y niñas de 0 a 6 años. En consecuencia, tal dimensión de problemas de desarrollo imponía la necesidad de encontrar diferentes tipos de derivaciones que no se concentraran solamente en los centros de salud hospitalarios –los cuales en muchos casos no disponían del tipo de efectores requeridos por algunos de los problemas del desarrollo infantil que requerían ser abordados.

En base a conceptualizaciones contemporáneas del desarrollo humano -caracterizado por la transformación

permanente de los sistemas biológicos y sociales que involucra, de manera que la direccionalidad de las trayectorias varía entre individuos y poblaciones³⁶-, desarrollamos un sistema de cálculo que articula un conjunto de reglas e instrucciones ordenadas de tal forma que su combinación secuenciada produce un resultado en términos de una derivación específica para un niño o niña y su familia (Lipina et al., 2015). En forma específica, dado un estado inicial de riesgos –alto, intermedio, ausente- para *desarrollo* (cognitivo y/o motor), *temperamento*³⁷ y *estimulación del hogar*, y su combinación, se llega a un estado final (intervención) que consiste en una indicación para que el niño o niña y padres o responsables accedan a un servicio público que satisfaga las necesidades planteadas por tal perfil específico de riesgos (Figura 1).

Este sistema permite analizar al mismo tiempo varios niveles de análisis de riesgo y sugerir una solución específica que puede tomar la forma de la atención de tales necesidades a nivel clínico (centro de salud), de desarrollo social (e.g., centro de desarrollo infantil) y/o educativo (e.g., escuela). Dado que este sistema fue diseñado en base a una conceptualización multidimensional del desarrollo humano, permite incorporar en su secuencia de cálculo datos provenientes de diferentes tipos de instrumentos de evaluación del desarrollo.

³⁶ Ver capítulo introductorio de este volumen (Lipina & Segretin, 2019) (Nota de los Editores).

³⁷ En el contexto de este capítulo, *temperamento* se define como las diferencias individuales en la reactividad y autorregulación que se manifiestan en los dominios de la emoción, la actividad y la atención.

Desarrollo	Temperamento	Hogar	INTERVENCIONES
			1 SIN INTERVENCIÓN
			2 ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			3 PSICOTERAPIA PARA PADRES
			4 PAUTAS DE CRIANZA
			4 PAUTAS DE CRIANZA
			5 PSICOTERAPIA PARA PADRES + PAUTAS DE CRIANZA
			4 PAUTAS DE CRIANZA
			6 PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			4 PAUTAS DE CRIANZA
			7 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS
			8 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			8 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			9 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			9 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			7 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS
			8 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			8 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			9 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			11 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PSICOTERAPIA PARA PADRES
			9 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA
			10 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PAUTAS DE CRIANZA + ESTIMULACIÓN EN EL HOGAR
			11 PSICOTERAPIA PARA NIÑOS + PSICOTERAPIA PARA PADRES

Figura 1 – Tabla de combinación de riesgos (verde: ausencia; amarillo: intermedio; rojo: alto), a nivel del desarrollo, temperamento y del hogar, y de las posibles intervenciones a implementar. Las acciones sugeridas se basan en criterios de intervención clínicos interdisciplinarios de uso habitual en servicios pediátricos de hospitales públicos de la Ciudad de Buenos Aires.

En su diseño original se ensayaron combinaciones en base a los siguientes instrumentos de evaluación, para un rango etario de 0 a 42 meses: (a) nivel de análisis del *desarrollo*: Escala Bayley de Desarrollo Infantil (Bayley, 2015) y WPPSI (Wechsler, 2014); (b) nivel de análisis del *temperamento*: versión breve del Cuestionario de la Conducta Infantil de Rothbart (Putnam & Rothbart, 2006); y (c) nivel de análisis del *hogar*: Inventario HOME (Caldwell & Bradley, 1984). Por último, para determinar las diferentes intervenciones se utilizaron los criterios clínicos pediátricos y psicopedagógicos de uso corriente en los hospitales pediátricos de la Ciudad de Buenos Aires.

Exploraciones computacionales

Una vez finalizada la colaboración con el organismo gubernamental, iniciamos una nueva etapa de exploraciones del instrumento junto a investigadores del área de computación científica. El objetivo de tales exploraciones era mejorar la comprensión del estudio del desarrollo autorregulatorio y sus factores moduladores con y sin implementación de intervenciones orientadas a optimizarlo, a partir de la utilización de diferentes conceptos y herramientas computacionales.

A continuación mostraremos algunos ejemplos de visualizaciones desarrolladas con el objetivo de mejorar y complejizar la observación de datos provenientes de investigaciones realizadas en la UNA, en estudios con niños y niñas de entre 4 y 8 años provenientes de diferentes contextos socioeconómicos y ciudades de Argentina. Al igual que en el caso descripto en el apartado previo, se utilizaron los mismos indicadores para los niveles análisis (i.e., cognición, temperamento y hogar) y de riesgo (ausente, medio y alto para los colores verde, amarillo y rojo, respectivamente) definidos en función a comparar el valor obtenido para los indicadores con el esperado para el contexto de cada niño o niña. Es importante aclarar que tal objetivo no implica que las visualizaciones reemplazan a métodos estadísticos que permiten cuantificar los efectos observados, sino que contribuyen con desarrollar intuiciones y nuevas hipótesis que eventualmente podrían ser evaluadas estadísticamente.

Diagramas de Sankey

Un diagrama de Sankey es una visualización que permite observar a lo largo del tiempo la evolución de los participantes de un estudio de investigación con diseño longitudinal. Los diagramas de la Figura 2 permiten verificar que las trayectorias de los desempeños a través de las rondas de evaluación han tenido una

evolución variable entre individuos, generando una nueva oportunidad de exploración orientada a identificar factores que pudieran asociarse con tales variaciones.

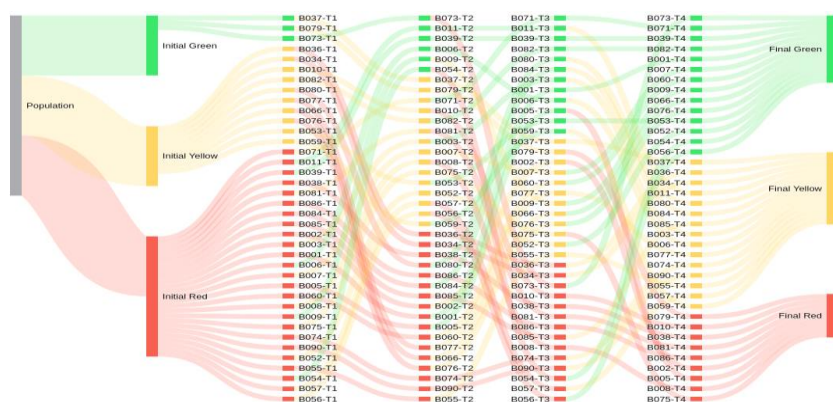


Figura 2 – Diagrama de Sankey que muestra la evolución del desempeño cognitivo de un grupo de niñas y niños de 3 a 5 años de un estudio de intervención (diseño longitudinal) realizado en la ciudad de Buenos Aires (Segretin et al., 2014). Cada código alfanumérico representa un niño o niña. Cada columna es una ronda de evaluación. Los conjuntos de colores representan el estado de riesgo al inicio (izquierda) y al final (derecha) del estudio.

Una alternativa de interés de este tipo de visualizaciones es la posibilidad de involucrar una fase interactiva que ante las acciones de un usuario –por ejemplo, un investigador interesado en analizar el impacto de intervenciones orientadas a optimizar el desarrollo cognitivo infantil- pueda extraer información más específica de un conjunto de datos. En tal sentido, los diagramas de Sankey son herramientas de exploración que pueden seleccionar trayectorias de individuos particulares (Figura 3) o grupos de individuos (Figura 4) -lo cual se logra colocando el cursor del *mouse* sobre una trayectoria en particular.

trayectorias tan diferentes, permite explorar la ocurrencia de ambos fenómenos. Las causas de tal diversidad en la evolución de las trayectorias deberán seguir siendo exploradas; pero la evolución individual o grupal puede ser consultada y observada rápidamente con esta herramienta.

Estados de riesgo y simulaciones de intervenciones

Otra visualización desarrollada permitió explorar cómo estaba compuesta la población de niños y niñas que participaron del estudio mencionado en el apartado previo. Es decir que continuamos considerando las dimensiones cognición, temperamento y hogar. Cada configuración de combinación de riesgos de estos tres niveles representa un estado (e.g., *cognición verde + temperamento amarillo + hogar rojo* versus *cognición amarillo + temperamento amarillo + hogar amarillo*), lo cual permite analizar las distancias entre diferentes estados, así como también sus similitudes y diferencias en función a diferentes aspectos teóricos sobre la combinación de riesgos en diferentes niveles de organización del desarrollo. Una forma posible de abordar tales análisis es estableciendo relaciones entre los posibles estados y definir si dos estados son más cercanos si difieren en un nivel, con un único cambio de color adyacente (e.g., de rojo a amarillo, o de amarillo a verde, pero no de rojo a verde). Este tipo de definiciones podrían contribuir con la identificación de una estructura de asociaciones de riesgos particular para una población específica.

Por ejemplo, en la Figura 5 se observa la combinación de estados de riesgo de los tres niveles correspondiente a la población de niños y niñas del estudio mencionado, representada por círculos unidos. En este caso se agregó la opacidad de cada uno de los estados para indicar la cantidad de individuos que se encuentran en este estado. En esta figura se puede observar que: (a) los estados

más frecuentes son *rojo+verde+verde* y la variación del nivel *hogar* a *amarillo* y a *rojo*; (b) hay combinaciones que no se observan, como por ejemplo *rojo+rojo+rojo*; y (c) no hay combinaciones que tengan el nivel *temperamento* en estado *rojo*.

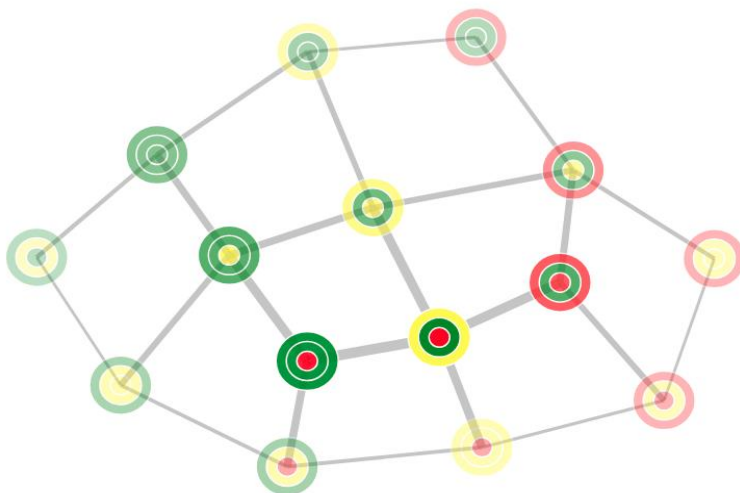


Figura 5 – Ejemplo de una red de estados de riesgo para los niveles cognición+temperamento+hogar, cuya población de niñas y niños fue tomada del estudio de Segretin y colegas (2014).

Otra derivación interesante de esta visualización es que puede ser utilizada para simular intervenciones y con ello analizar los cambios de estado. En el contexto de este apartado, denominamos *simulaciones* a cálculos y operaciones que emulan lo que podría ocurrir bajo ciertas condiciones a lo largo del tiempo. Esto último requiere teorías de cambio para cada nivel de análisis y su combinación, sobre lo cual no necesariamente contamos con evidencia. En tal contexto podemos aplicar asunciones basadas en criterios estadísticos, de la práctica clínica, o bien realizando asunciones hipotéticas en base al conocimiento disponible en la ciencia del desarrollo. Por ejemplo, si asumimos que se puede

cambiar el riesgo de un nivel por vez, esto permitiría tomar decisiones sobre qué nivel se precisaría invertir esfuerzos de intervención y promover con ello el cambio de estado buscado. En un escenario ideal en el que todo fuese posible, se buscaría que todos los estados de todos los niños y niñas terminaran en *cognición verde+temperamento verde+hogar verde*. No obstante, este no suele ser el caso por lo que este tipo de instrumento de visualización podría contribuir con identificar diferentes subgrupos de estados que tendrían distintas prioridades de intervención. Por ejemplo, en un subgrupo caracterizado por un estado *cognición verde+temperamento verde+hogar rojo* la prioridad podría ser realizar intervenciones orientadas a optimizar las condiciones del hogar. Los costos para generar cambios en este nivel, serían significativamente mayores y difíciles de lograr en comparación con otro caracterizado por *cognición verde+temperamento amarillo+hogar verde*, que podría consistir en trabajar con dispositivos de orientación a padres de duración breve. En cualquier caso, este tipo de visualizaciones podrían contribuir con los esfuerzos para identificar subgrupos con diferentes prioridades de intervención. Es importante señalar que en los ejemplos aquí presentados solo se utilizaron los niveles *cognición*, *temperamento* y *hogar*. En la medida en que los investigadores incluyeran otras dimensiones y niveles, se podrían involucrar a otros tipos de instrumentos y teorías de cambio.

En el área de las simulaciones hay diferentes alternativas a explorar, cuya elección debe ajustarse a los objetivos que se buscan satisfacer. Una de tales alternativas es asumir que cada individuo es un agente inteligente, definido como una entidad que tiene un posible repertorio de acciones que le pueden retribuir ganancias o pérdidas. En tal proceso de modelado, es necesario definir a los agentes en términos de sus características. En el ejemplo que venimos mencionando en este capítulo, un individuo estaría representado por los indicadores *cognición*, *temperamento* y *hogar*, cada

uno de los cuales podría tomar los valores *verde*, *amarillo* y *rojo*. Por otra parte, es necesario definir las acciones de cada individuo, que eventualmente podrían ser definidas como *acción 1*, *acción 2*,... *acción n*. No obstante, en el ejemplo que nos ocupa resulta complejo poder definir tales acciones porque no es posible anticipar las acciones de cada individuo y las eventuales *ganancias* o *pérdidas* (e.g., los cambios de temperamento o del hogar por intervención, no son cambios que dependan única o necesariamente de las acciones de un individuo). Esto implica que la naturaleza de los datos condiciona las posibilidades de implementar simulaciones, por lo cual en casos como el de nuestro ejemplo es necesario implementar otras estrategias.

Una estrategia alternativa ensayada, fue la de definir probabilidades de cambio de estado. Por ejemplo, tomando un solo nivel (e.g., cognición), y el criterio de que solo puede haber un cambio de un nivel a otro adyacente, un individuo o grupo de individuos cuyo estado actual se define como *amarillo*, en el futuro –por ejemplo, luego de una intervención– tendría tres escenarios posibles: *verde* (mejora), *amarillo* (se mantiene en el mismo estado), o *rojo* (empeora). En nuestra exploración, definimos diferentes tipos de probabilidades para cada transición. En el ejemplo que se presenta en la Figura 6, la probabilidad de quedarse en el estado *verde* es del 70%, mientras que la de pasar a *amarillo* es del 30%. Esto quiere decir que si simulamos 100 cambios, un individuo cuyo estado inicial es *verde* 70 veces se quedaría en verde mientras que 30 pasaría a *amarillo*. Lo mismo ocurre en el estado *amarillo*, que tiene 50% de chances de permanecer en *amarillo*, 30% de pasar a *verde* y 20% de pasar a *rojo*. Con este tipo de reglas es posible ver la evolución de una población a lo largo del tiempo. Distintos tipos de probabilidades nos llevarían a diferentes patrones de evolución, de manera que algunos cambios serían más pronunciados mientras que otros más lentos.

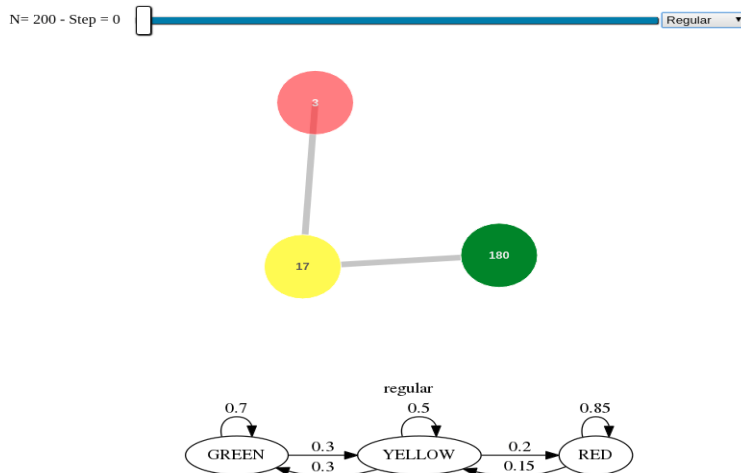


Figura 6 – Ejemplo de probabilidades de cambio de estado en un contexto de simulación computarizada para un nivel de organización (i.e., cognición).

Los desafíos que plantea el uso adecuado de esta herramienta son determinar cuáles son estas probabilidades –para lo cual se requiere evidencia que contribuya con el establecimiento de pautas o al menos hipótesis-, cómo podrían modificarse a través de intervenciones, y qué sucedería en cada individuo o grupo a lo largo del tiempo. Tales insumos de información son los que deberían ser considerados para alimentar las diferentes teorías de cambio de las dimensiones o niveles a incorporar en el análisis. Asimismo, esta herramienta de simulación puede ser utilizada para abordar problemas más complejos que impliquen más niveles que representen distintas dimensiones de análisis, las cuales a su vez podrían o no ser modificadas a partir del planteo de diferentes tipos de probabilidades. Esto plantea un nuevo desafío ya que implica más requerimientos de definición. Por ejemplo, en el caso que se ilustra en la Figura 7, en el que se utilizan 3 niveles, es necesario tener la definición de 21 probabilidades (3 métricas x 7

transiciones), lo que plantea la posibilidad de realizar muchos ensayos, pero también la dificultad de definir cuáles serían los valores a incorporar en el modelo.

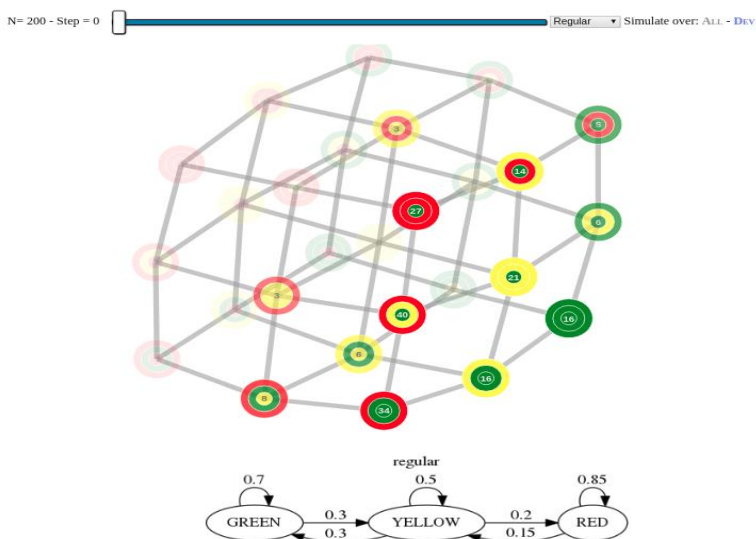


Figura 7 – Ejemplo de probabilidades de cambio de estado en un contexto de simulación computarizada para tres niveles de organización (i.e., cognición, temperamento, hogar).

En síntesis, el ensayo de diferentes modelos y probabilidades, contribuiría con el reemplazo de abordajes intuitivos, por otros en los que sería posible validar hipótesis sobre el cambio de estados de poblaciones específicas en el tiempo o por intervenciones.

Geolocalización

Otro tipo de visualización explorada fue la construida a partir del lugar de la vivienda de las niñas y niños, de manera de poder observar en el territorio, tendencias y regularidades de los estados y cambios de estado en el tiempo de los niveles *cognición, temperamento*

y *hogar*. En la Figura 8 se puede observar un ejemplo de tal abordaje.

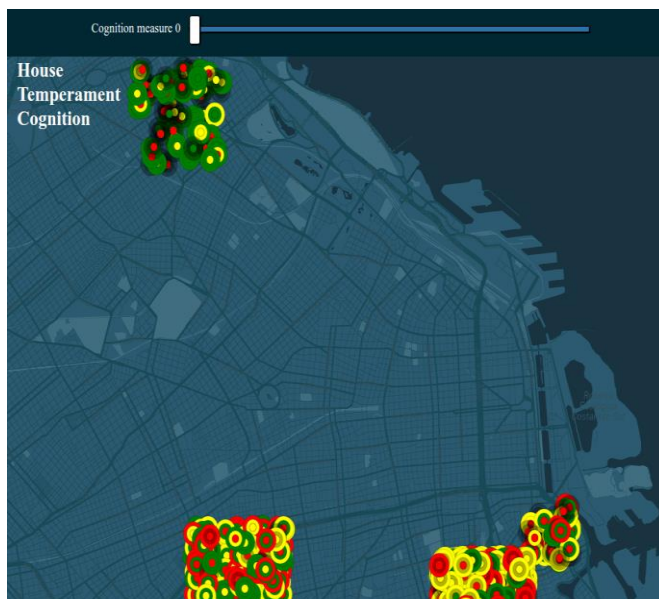


Figura 8 – Ejemplo de geolocalización de estados de riesgo para los niveles *cognición* (“cognition”), *temperamento* (“temperamento”) y *hogar* (“house”). Cada conjunto de tres anillos representa a un niño o niña y la ubicación de su hogar en el mapa de la ciudad de Buenos Aires. En la parte superior se observa una barra de estado que al desplazarla hacia la derecha permite verificar los cambios de estado como consecuencia de intervenciones. Los datos corresponden a los del estudio de Segretin et al. (2014).

Estos ejercicios de geolocalización permiten explorar estados y cambios de estado de los niveles de riesgo en *cognición*, *temperamento* y *hogar* seleccionando uno, dos o a todos ellos. Al observar los mapas seleccionando los tres niveles, se observan algunas regularidades que permitirían distinguir subpoblaciones en dos regiones del territorio (i.e., los niveles de riesgo en el norte de la ciudad son más bajos que en sur de la ciudad). Asimismo, al seleccionar un nivel por vez es posible verificar que: (a) el nivel de

riesgo de *temperamento* no varía en los tres vecindarios analizados; (b) el nivel de riesgo de *bogar* es más bajo en el norte de la ciudad, acorde a lo esperado en función a la distribución socioeconómica de la población; y (c) el nivel de riesgo de *cognición* muestra una gran variabilidad dentro de cada uno de los barrios.

Los datos utilizados para construir estas visualizaciones de geolocalización, corresponden a estudios de intervención por lo que en este caso fue posible agregar la dimensión *tiempo*. En la Figura 8 se ilustra la barra en la que se puede manipular tal variable. Por ejemplo, en la población de uno de los barrios los niveles de riesgo de *cognición* disminuyeron luego de la intervención.

Conclusión

A medida que las tecnologías de la información permitan a los investigadores desarrollar visualizaciones que contribuyan con mejorar la comprensión de los problemas que estudian, se podrá comenzar a pensar en ellas menos como un producto final y más como un instrumento complementario para construir conocimiento. Esto requiere que los investigadores utilicen las visualizaciones desde las primeras etapas de una investigación, documentando las relaciones entre ellas y los datos. En consecuencia, para tales fines es necesario fomentar el diálogo y la colaboración entre investigadores de diferentes disciplinas y computadores científicos para asegurarse que se satisfagan las necesidades del desarrollo de nuevos métodos analíticos y para explorar formas de escalamiento generalizables.

Asimismo, el uso frecuente de las visualizaciones en el trabajo de investigación podría mejorar los requisitos para el diseño de nuevas herramientas, así como también para aprender a compartir y mantener flujos de trabajo y productos de visualización de la misma manera que se comparten otros conocimientos científicos. Un efecto secundario de estos esfuerzos

podría ser la reducción de costos y el aumento de la accesibilidad, para generar visualizaciones más sofisticadas de conjuntos de datos cada vez más grandes.

Agradecimientos. *Los autores agradecen el apoyo del Centro de Educación Médica e Investigación Clínica “Norberto Quirno” (CEMIC); Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT); y Fundación Ettore Majorana (Erice, Italia).*

Referencias bibliográficas

- Bansak, K., Ferwerda, J., Hainmueller, J., Dillon, A., Hangartner, D., Lawrence, D., et al., (2018). Improving refugee integration through data-driven algorithmic assignment. *Science*, 359, 325-329.
- Bayley, N. (2015). *Escalas Bayley de Desarrollo Infantil – III*. Barcelona: Pearson.
- Caldwell, B.M., & Bradley, R.H. (1984). *Home Observation for Measurement of the Environment (HOME)-revised edition*. Little Rock, AR: University of Arkansas.
- Card, S.K., Mackinlay, J.D., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Chittleborough, C.R., Mittinty, M.N., Lawlor, D.A., & Lynch, J.W. (2014). Effects of simulated interventions to improve school entry academic skills on socioeconomic inequalities in educational achievement. *Child Development*, 85, 2247-2262.
- Fox, P., & Hendler, J. (2011). Changing the equation on scientific data visualization. *Science*, 331, 705-708.
- Graetz, N., Friedman, J., Osgood-Zimmerman, A., Burstein, R., Biehl, M.H., Shields, C., et al. (2018). Mapping local variation in educational attainment across Africa. *Nature*, 555, 48-53.

- Hertzman, C., & Bertrand, J. (2007). Children in poverty and the use of early development instrument mapping to improve their worlds. *Paediatric Child Health*, 12, 687-692.
- Klemens, B., Coppola, A., & Shron, M. (2015). *Estimating local poverty measures using satellite images. A pilot application to Central America. Policy Research Working Paper 7329*. Washington DC: World Bank.
- Lengler, R., & Epler, M.J. *A periodic table of visualization methods*. www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html.
- Lipina, S.J., Insúa, I., & Echeverría, H. (2015). *Algoritmo de Derivación Diversificada (ADD)*. Buenos Aires: ACUMAR.
- Osgood-Zimmerman, A., Millear, A.I., Stubbs, R.W., Shields, C., Pickering, B.V., Earl, L., et al. (2018). Mapping child growth failure in Africa between 2000 and 2015. *Nature*, 555, 41-47.
- Putnam, S.P., & Rothbart, M.K. (2006). Development of short and very short forms of the Children's Behavior Questionnaire. *Journal of Personality Assessment*, 87, 103-113.
- Reich, B.J., & Haran, M. (2018). Precision maps for public health. *Nature*, 555, 32-33.
- Rentfrow, P.J., & Jokela, M. (2016). Geographical psychology: The spatial organization of psychological phenomena. *Current Directions in Psychological Science*, 25, 393-398.
- Segretin, M.S., Lipina, S.J., Hermida, M.J., Sheffield, T.D., Nelson, J.M., Espy, K.A., et al., (2014). Predictors of cognitive enhancement after training in preschoolers from diverse socioeconomic backgrounds. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 205.
- Wechsler, D. (2014). *Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria – IV*. Barcelona: Pearson.

REFLEXIONES ACERCA DEL DESVÍO DE LA ATENCIÓN SOBRE LA POBREZA EN EL ÁREA DE DESARROLLO INFANTIL TEMPRANO

Helen Penn

Introducción

Comencé mi carrera profesional hace mucho tiempo como psicóloga, con una dosis de ratas y conductismo, pero me convertí primero en maestra de niños y niñas pequeños y luego en organizadora y directora de servicios educativos y de cuidado infantiles, lo cual finalmente me llevó a dedicarme al diseño de políticas en primera infancia para la Unión Europea (UE) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Mi llegada al mundo académico se produjo relativamente tarde en mi carrera profesional. Podría decir que mi especialidad son los servicios de educación y cuidado durante la primera

infancia (ECPI), los cuales en la actualidad son un aspecto importante de la provisión de educación en la UE y particularmente para la OCDE. Además de trabajar en Europa, y en alguna medida menor en América del Norte, durante los últimos 15 a 20 años trabajé en países en desarrollo, principalmente en el sur de África y de Asia central. En estas regiones, me involucré en el diseño y la implementación de programas de ayuda a gran escala, trabajando en temas de desarrollo infantil temprano para una variedad de agencias internacionales, y más tarde para UNICEF.

Las directrices de la UE para los estados miembros es que el 33% de los niños y niñas de 0 a 2 años y el 95% de los niños y niñas de 3 a 5 años deberían tener acceso a dicha provisión. En su base de datos sobre familias, la OCDE ofrece medidas integrales de utilización de servicios y apoyo familiar relevante. Por lo tanto, los servicios de ECPI están muy extendidos y ahora son parte integral de la vida de la mayoría de las familias en los países industrializados. Estos servicios se prestan en su mayor parte sobre la base de los derechos de los niños y niñas y las mujeres, así como de la eficacia basada en evidencia. En tal contexto, una pregunta central de mis análisis es cómo afecta este servicio generalizado, que a veces cubre diez horas del día de un niño o niña pequeño, a los millones de niños y niñas y padres que lo utilizan; y cómo realizan su trabajo los cientos de miles de empleados que trabajan en tales servicios.

La ayuda para el desarrollo está destinada a ayudar a los países pobres a acelerar su desarrollo mediante el asesoramiento adecuado, la experiencia técnica y una ayuda provisional. Dada esta asistencia, se espera que alcancen los mismos niveles de desarrollo que los países más ricos. Los datos económicos recientes provistos por la organización Global Financial Integrity (Integridad Financiera Global) sugieren lo contrario. Muestran que por cada 1

dólar dado en ayuda se extraen 24 dólares en términos de recursos, deudas, patentes, acuerdos comerciales y diversos tipos de manipulación de dinero. A la luz de estas cifras, cabe cuestionarse si la ayuda podría interpretarse al menos en parte como una posible cubierta para la explotación de los países pobres. Uno de los problemas centrales, desde el punto de vista socioeconómico, no son solo las deficiencias de los países pobres o las dificultades que enfrentan los niños y las niñas para desarrollar todo su potencial, sino el mundo sumamente injusto en el que deben operar dichos países. En tal contexto resulta importante analizar las prácticas financieras propuestas desde los países industrializados. Lo cierto es que existe un debate sofisticado en torno a la política y a la economía de la ayuda, pero la mayoría de los comentaristas académicos están de acuerdo con que la ayuda es altamente problemática en su eficacia, a pesar de la descripción optimista de las agencias que la promueven (Chang, 2007; Collier, 2008; Ferguson, 2015; Hickel, 2017; Hulme, 2015; Illingworth et al., 2011; Kwon & Kim, 2016; Milanovic, 2016; Singer, 2010).

Muchas agencias internacionales de ayuda no hacen referencia a estos aspectos preocupantes del debate sobre la naturaleza de la ayuda para el desarrollo. Más frecuentemente, tales agencias han promovido el movimiento de la intervención en la que incluyen una retórica que establece en forma explícita que tales esfuerzos están basados en la evidencia aportada por la neurociencia. La idea de una intervención temprana, es decir, de programas de estimulación y nutrición para que los niños y niñas "desarrollen sus cerebros", ha sido adoptada e impulsada por organizaciones internacionales de todo el mundo preocupadas por los niños y niñas, y su futuro (UNICEF, Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial, entre otros). Tales intervenciones, se predice, harán una gran diferencia no solo para los niños, las niñas y sus familias sino también para el bienestar de sus países.

Un ejemplo reciente de una de estas narrativas optimistas es la serie del grupo International Child Development Steering Group (Grupo Directivo de Desarrollo Infantil Internacional) de la Organización Mundial de la Salud, publicada en la prestigiosa revista médica *The Lancet*. La serie se titula *Fomentando el Desarrollo de la primera infancia: De la ciencia a la escala (Advancing Early Childhood Development: From Science to Scale)*. Los diversos autores que participan de tal serie señalan que millones de niños y niñas corren el riesgo de muerte prematura, trastornos del desarrollo o patologías debido a afecciones que podrían prevenirse a través de mejoras en su desarrollo temprano. Apoyándose en las propuestas de análisis microeconómico realizados por el economista norteamericano James Heckman en base a intervenciones longitudinales realizadas con minorías étnicas en Estados Unidos, se propone que sería más eficiente invertir tempranamente en el desarrollo infantil que compensar económicamente las consecuencias en la adultez por exposición temprana a adversidades asociadas con la inequidad social.

La serie *The Lancet* se define de esta manera: “*Esta serie considera nuevas evidencias científicas para las intervenciones, basándose en los hallazgos y las recomendaciones de la serie anterior de Lancet sobre el desarrollo infantil (2007, 2011), y propone vías para la implementación del desarrollo infantil temprano a escala. La serie hace hincapié en el "cuidado durante la crianza", especialmente de niños y niñas menores de tres años, y en intervenciones multisectoriales que comienzan con la salud, que pueden tener un amplio alcance para las familias y los niños y niñas pequeños a través de la salud y la nutrición*” (Black et al., 2017). El objetivo de reducir el sufrimiento y mejorar la salud infantil es totalmente necesario y admirable. No obstante, la suposición de que actores externos a un país en desarrollo implementen un programa de intervención temprana específico, que su aplicación permita mejorar el desempeño de tal país a largo plazo y que ello contribuya con

cambiar de alguna manera el equilibrio entre los países industrializados y en desarrollo, es al menos cuestionable a la luz de las cifras macroeconómicas. Entre otros factores, tal propuesta no estaría contemplando aspectos centrales del trabajo de organizaciones como la OCDE realizados durante las últimas décadas, sobre la naturaleza de la planificación y organización de servicios para la primera infancia. En particular, parecería desconocer la experiencia acumulada sobre el contenido de dichos programas, así como aspectos relacionados con las personas que los implementan. Cabe plantear la pregunta de si esto podría deberse a que las experiencias y los estándares de los países industrializados no sean considerados como objetivos del desarrollo o experiencias relevantes para los países en desarrollo. Para ello sería importante abordar la complejidad de los contextos de desarrollo propios de diferentes culturas de países periféricos y centrales. En tal sentido, dos aspectos importantes del trabajo desarrollado en este campo son el análisis y la comprensión de los contextos políticos, económicos y sociales más amplios de la vida de los niños que participan de cualquier intervención temprana. Por ejemplo, la *Base de Datos de la Familia* de la OCDE³⁸, que se compila a partir de estadísticas internacionales sobre demografía, estructuras familiares, niveles de ingresos y apoyo a los ingresos, así como de los patrones de educación y servicios de atención y bienestar infantil, ofrece una imagen completa de la vida de los niños y niñas. Asimismo, el programa *Young Lives* del Departamento de Ayuda Internacional del Reino Unido³⁹, que investiga las vidas de 12,000 niños y niñas durante un período de quince años, tiene como objetivo ofrecer una visión general similar. Este tipo de imágenes más amplias o referencias al

³⁸ <http://www.oecd.org/els/family/database.htm>

³⁹ <https://www.younglives.org.uk/>

contexto de la vida de los niños y niñas está ausente en la serie Lancet.

Por otra parte, el supuesto de que la neurociencia ha identificado los mecanismos subyacentes al impacto de la adversidad temprana sobre el desarrollo infantil, y que ello justifica los abordajes técnicos de remediación, también podría ser considerado cuestionable. En mi consideración, tales suposiciones se han forjado en un contexto cultural específico que valora positivamente el individualismo socioeconómico.

Los usos de la ciencia del cerebro

El argumento presentado por agencias importantes como el Banco Mundial (Young & Mustard, 2008), OMS (Maggie et al., 2005) y UNICEF, podría resumirse en lo siguiente. Fomentar el desarrollo infantil a través de la "estimulación" tanto fisiológica (e.g., suplementos nutricionales) como intelectual, contribuirá con la promoción de ciudadanos más productivos que podrán colaborar mejor con la prosperidad futura de su país. Esta propuesta se ha expresado en una variedad de documentos y en publicaciones académicas prestigiosas como The Lancet (Black et al., 2017; Chan, 2013, Engle et al., 2011; Grantham-McGregor, 2007) y The Economist (2014). Por ejemplo, una publicación reciente de UNICEF (2014:1) titulada *Construyendo mejores cerebros: nuevas fronteras en el desarrollo infantil temprano (Building Better Brains: New Frontiers in Early Child Development)*⁴⁰, afirma que actuar en función a los hallazgos de la neurociencia “tendrá implicaciones importantes para el futuro de millones de los niños y las niñas más desfavorecidos y sus sociedades”.

Los hallazgos neurocientíficos, en una primera lectura informal, parecen sugerir que fomentar el desarrollo cerebral a

⁴⁰ El título de la caricatura de la portada del documento de UNICEF es “El universo de las tres libras” (“The Three Pound Universe”), en referencia al peso cerebral.

través de la estimulación temprana sería la causa por la cual la intervención temprana funcionaría. Uno de los investigadores más citados en este campo es el canadiense Fraser Mustard, cuyo trabajo ha sido referenciado por diferentes grupos de expertos en primera infancia de Estados Unidos (e.g., Instituto Brookings; Banco Mundial) y Canadá (e.g., Fundación McCain). Su contribución se sintetiza en un artículo del Instituto Brookings titulado *El desarrollo temprano y el desarrollo cerebral basados en la experiencia: Los fundamentos científicos de la importancia del desarrollo infantil temprano en un mundo globalizado* (*Early Child Development and Experience-based Brain Development - The Scientific Underpinnings of the Importance of Early Child Development in a Globalized World*) (2006). En tal publicación Fraser Mustard afirma que “*Para lograr el objetivo de mejorar la competencia y la calidad de nuestras poblaciones, y para establecer sociedades democráticas sostenibles, estables, equitativas, tolerantes y pluralistas, debemos encontrar formas de optimizar el desarrollo humano, la salud y el bienestar en todas las regiones del mundo. La evolución continua y la función mejorada de nuestro cerebro influirán en la manera en que afrontamos los desafíos y oportunidades que enfrentamos hoy. Para hacer esto, debemos entender el desarrollo del cerebro y su evolución continua y cómo la experiencia en la vida temprana afecta su desarrollo*” (2006: 47). Asimismo, propone que dado que los países en desarrollo no pueden proporcionar programas de intervención temprana por sí solos -por razones que no se mencionan-, las agencias internacionales deben intervenir: “*Las sociedades en el mundo en desarrollo no podrán realizar inversiones para garantizar un buen desarrollo infantil temprano a menos que los organismos internacionales como el Banco Mundial, las Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales proporcionen más apoyo y liderazgo. Uno necesita hacer la pregunta dentro de estas agencias internacionales: “¿Por qué existe una brecha entre lo que sabemos y lo que hacemos?” Si no cerramos esta brecha existe un alto riesgo de que dadas las condiciones del mundo actual ocurra una falla sustancial para mejorar la competencia y el bienestar de las*

poblaciones y para mejorar la equidad, que podrían poner en riesgo a nuestras sociedades y a los experimentos de civilización” (2006: 47).

La analogía que se utiliza, especialmente por parte de quienes se preocupan por la salud y el bienestar de los niños y niñas pequeños, es que al igual que el cuerpo en crecimiento se beneficia de una amplia gama de micronutrientes, el cerebro en crecimiento necesita estimulación externa -aunque la exploración sistemática de lo que constituye la "estimulación" en sociedades muy diferentes está en gran parte inexplorada-. En su mayor parte, estos programas de intervención temprana están dirigidos a "los primeros mil días" de la vida del niño y la niña. Los aumentos en las conexiones sinápticas que se han observado en condiciones de laboratorio en el mundo desarrollado, en respuesta a eventos de estimulación controlada, se estarían tomando como una guía para la programación y la ampliación. En tal sentido, Bruer (2014) ha demostrado cómo los hallazgos de la neurociencia han sido exagerados cuando se aplican al campo del desarrollo infantil temprano. Rutter y Solantus (2014) llaman a este proceso *transferencia que salió mal (translation gone awry)*. Los hallazgos neurocientíficos sobre el desarrollo del cerebro de los niños y niñas pequeños pueden contribuir a debates neurocientíficos altamente especializados sobre la arquitectura del cerebro, o sobre las metodologías y equipos utilizados para analizar el funcionamiento del cerebro. No obstante, la transferencia de tal conocimiento es más problemática. En tal sentido, es importante sostener una posición de cautela: los hallazgos especializados y altamente limitados no necesariamente se pueden extrapolar para hacer prescripciones generales sobre política social.

Muchos neurocientíficos señalan la extraordinaria complejidad del sistema nervioso central. Por ejemplo, solo tenemos un conocimiento rudimentario sobre el funcionamiento del cerebro dentro del fenómeno aún más complejo que es el

cuerpo (Gianaros & Wager, 2015). Por ejemplo, el desarrollo del cerebro está estrechamente relacionado con el desarrollo neuronal y hormonal del intestino en formas que son mínimamente comprendidas (Allen et al., 2017). Nuestro conocimiento limitado del cerebro como órgano no se puede extrapolar para presentar una imagen de un ser humano pensante y activo. Sin embargo, estos límites a nuestro entendimiento actual son frecuentemente desconocidos en la comunicación pública de la evidencia neurocientífica. Por ejemplo, un informe de la Fundación McCain incluye un diagrama del cerebro con la leyenda: *“El cerebro como la base de la mente humana. En este diagrama, una “mente” ejecutiva asignada al cerebro, asigna funciones para “crear, reflexionar, responder, soñar, amar, expresar, maravillar, hacer, aprender a actuar”* (McCain et al. 2011: 53).

Individualismo socioeconómico

Uno de los argumentos del uso de la evidencia neurocientífica en el campo de la intervención temprana sostiene que esta podría apoyar las hipótesis del economista James Heckman acerca de la intervención temprana (Heckman & Masterov, 2005). Este economista, ganador del premio Nobel, ha argumentado que si se debe tomar algún tipo de acción correctiva respecto al impacto temprano de las adversidades que afectan a los niños y niñas, es más efectivo hacerlo en las primeras etapas del desarrollo. Su trabajo en el campo de la microeconomía se basó originalmente en la exploración de la validez estadística y la generalización de pequeños conjuntos de datos. En uno de sus estudios, llevó a cabo un análisis de tres intervenciones tempranas con diseño longitudinal y aleatorización de los controles, en sí mismas problemáticas (Penn et al., 2006), que se ubica dentro de un marco teórico particular sobre el funcionamiento familiar y sus consecuencias económicas. Este marco sostiene que los individuos son responsables de su propio desarrollo y prosperidad, y que las

desigualdades estructurales son relativamente poco importantes. En consecuencia, los individuos y las familias tienen que aceptar sus circunstancias y equiparse para afrontarla y prosperar en el mundo moderno globalizado. De ello depende su prosperidad y competitividad.

En este escenario, la familia en lugar de ser un blanco para el cambio estructural o la provisión de servicios, es el lugar para la mejora. James Heckman y Gary Becker (otro economista ganador del premio Nobel) han basado sus predicciones económicas en un análisis particular del funcionamiento familiar. En este cálculo de cuentas, las personas que viven en condiciones de pobreza serían responsables de sus propias deficiencias, por lo que resulta que la familia es el principal productor de las habilidades que son indispensables para el éxito educativo y laboral. Desafortunadamente, muchas familias no pueden realizar esta tarea de manera adecuada, lo cual retrasa el crecimiento de la calidad de la fuerza laboral. Las familias son definidas como disfuncionales y también son un determinante importante de la participación del niño y de la niña en el crimen y otras conductas patológicas que generan altos costos para la sociedad. En este marco, la lógica de la inversión en la primera infancia expuesta a pobreza se basa en criterios de productividad futura.

En este análisis, la familia, y especialmente la madre, es responsable de inculcar en sus hijos e hijas las habilidades y actitudes necesarias para hacer frente a un entorno competitivo y volverse próspero a largo plazo. Todos los demás mecanismos y apoyos para el desarrollo humano individual se consideran menores en comparación con el papel fundamental de la familia del individuo. Desde esta perspectiva, muchos niños y niñas estarían en desventaja porque sus madres no crean el tipo de ambiente adecuado para ayudarlos a desarrollar las habilidades y actitudes correctas. En estos casos, para evitar más estragos, la

propuesta es que el estado intervenga. Si ello ocurre, es probable que dicha intervención sea más efectiva cuando los niños y niñas son pequeños. Esta perspectiva da por sentada la desigualdad, naturalizándola. La desigualdad puede reducirse equipando mejor a los niños y niñas más pobres para que puedan hacer frente a la situación, a través de la intervención educativa temprana. Los padres menos necesitados pueden comprar los servicios que necesitan en el mercado privado.

El argumento de Heckman es que el análisis microeconómico muestra que la eficacia de las intervenciones con las familias más pobres se ha demostrado mediante intervenciones con diseño aleatorizados (i.e., *Perry High Scope*, *Abecedarian*, *Chicago Child Centers*). Su argumento es tanto estadístico como político. La intervención temprana ahorrará dinero, porque es más barato intervenir tempranamente en lugar de gastar dinero en remediar el impacto de la pobreza en el desarrollo infantil a través de la educación o el encarcelamiento -tales costos fueron estimados en base a lo que ocurre en los sistemas educativos y carcelarios de Estados Unidos, lo cual no es fácilmente generalizable a otros países.

Otros aspectos que son importantes de tener en cuenta son las características de los estudios en los que se basan los resultados y sus interpretaciones. Todos ellos fueron realizados con poblaciones de niños y niñas pertenecientes a minorías étnicas (i.e., afro-americanos e hispanos), difirieron en sus poblaciones objetivo, en la edad de las niñas y los niños involucrados, en la duración e intensidad de las intervenciones y también en los resultados. Por otra parte, se llevaron a cabo en un momento histórico en que la segregación y la discriminación hacia las minorías involucradas estaba naturalizada –un factor que no se tuvo en cuenta o se minimizó en los análisis realizados. Heckman, en tanto economista, reconoce que la naturaleza exacta de la

intervención educativa está fuera de su alcance, pero su postura supone que existen expertos, educadores técnicos, que pueden diagnosticar el aprendizaje deficiente y corregirlo. En su opinión, existe experiencia probada para ejecutar programas de intervención temprana a escala y medir sus resultados.

Muchos han asumido que las ideas de Heckman están sustentadas por la neurociencia. En realidad, lo que ha ocurrido en algunos sectores dedicados al desarrollo infantil temprano es la fusión de los argumentos económicos con la interpretación de la evidencia neurocientífica comentada previamente. En tal retórica, la eficacia de la intervención temprana parece estar confirmada por ideas sobre el crecimiento rápido del cerebro en los primeros años de vida y viceversa. La razón por la cual la intervención es efectiva sería porque el cerebro es más flexible y maleable, y está ocupado formando las conexiones sinápticas que son la base del aprendizaje cuando las niñas y los niños son muy pequeños. De tal manera, Heckman y la neurociencia se han conectado sin problemas. Muchas agencias han adoptado el eslogan de los primeros mil días en base a estas nociones como una guía para formular programas de intervención temprana.

Hegemonía cultural

Los argumentos sobre la estimulación cerebral no son nuevos, especialmente en los países de bajos ingresos. Por ejemplo, en el año 1955, Maistriaux escribía lo siguiente: *“El niño negro (black) no tiene juguetes. No encuentra a su alrededor ninguna ocasión para estimular su intelecto... la primera infancia de los negros siempre tiene lugar en un entorno intelectualmente inferior a lo imaginable en Europa... El niño negro permanece inactivo durante largas horas. Por lo tanto, sufre una terrible reducción de su cabeza de la cual es prácticamente imposible recuperarse. Los centros neuronales de su corteza, que normalmente deberían usarse para hacer ejercicio,*

no reciben los estímulos necesarios para su desarrollo " (Maistriaux, 1955, citado en Erny, 1981: 88).

Esta cita tiene más de sesenta años, aunque en contenido no es muy diferente de algunas otras contemporáneas sobre la contracción del cerebro y la necesidad de estimulación. Se tomó de un texto colonial francés publicado en el año 1955. Hay muchas referencias coloniales y religiosas de este tipo sobre los cerebros de los africanos, que constituye una ideología que alcanza su apogeo en el apartheid de Sudáfrica. Es una señal importante, de progreso, que ningún analista contemporáneo serio haga comentarios basados en el color de la piel o el origen étnico de las personas que viven en condiciones de pobreza. No obstante, es posible preguntarse si en algunas retóricas la pobreza y los bajos ingresos han reemplazado o no a la etnia como un marcador de insuficiencia y de intervención necesaria.

La idea central contenida en el extracto colonial es que el ambiente en el que crecen los niños pobres en países de bajos ingresos es intelectualmente inferior. Esta idea de falta o déficit, en comparación con los estándares euroamericanos de educación infantil (i.e., clase media) podría estar implícita, al menos en parte, en la literatura sobre intervención temprana promovida por agencias internacionales –lo cual genera la necesidad de más investigación al respecto. Gran parte de las investigaciones en el área de intervención temprana se derivan de familias de bajos ingresos de los Estados Unidos. Se supone que su situación es similar a la de los niños y niñas en países de bajos ingresos en general. Por ejemplo, una revisión importante de los programas de estimulación temprana llevada a cabo por Baker-Henningham & López-Boo (2010) para el Banco Interamericano de Desarrollo, no hace ninguna distinción entre las circunstancias de los niños y las niñas muy pobres en los Estados Unidos y los de diferentes países de bajos ingresos como por ejemplo Perú, Sudáfrica, Jamaica y

Filipinas. La suposición de quienes abogan por la intervención temprana es que el cerebro es un órgano que se desarrolla (o no se desarrolla) de la misma manera en todos los niños y niñas, y por lo tanto el mismo tipo de estimulación temprana se aplicaría por igual en diferentes sociedades.

Estas prescripciones de estimulación con base científica suelen informar el trabajo de las agencias que brindan programas de desarrollo de la primera infancia en países de bajos ingresos. Ello incluye intervenciones estándar basadas en el juego occidental para sociedades donde éste podría entenderse de manera diferente; así como también actividades como la lectura compartida con niños y niñas pequeños en comunidades pobres donde los libros pueden no estar disponibles o incluso ser desconocidos, o las tasas de analfabetismo son altas. Con frecuencia, las ideas o supuestos indígenas sobre crianza, juegos entre pares, participación en la vida laboral de sus familias, multilingüismo, danza o el arte como medio de expresión o espiritualidad, bienestar, y múltiples facetas de la diversidad cultural y la riqueza son simplemente ignoradas. En cambio, las intervenciones son en su mayoría de bajo costo, basadas en el hogar y en supuestos sobre la naturaleza de la estimulación o sobre las posesiones materiales que las familias no necesariamente tengan.

La falta de conciencia de cualquier diferencia o circunstancia cultural entre las personas que viven en condiciones de pobreza en Estados Unidos y las de otros países es sorprendente, dado el importante cuerpo de trabajo en antropología cultural disponible en la actualidad. Incluso dejando de lado todo análisis político posible de la pobreza, muchos investigadores de la primera infancia han tratado de llamar la atención sobre la importancia de considerar las creencias y los valores culturales de diferentes sociedades (Nsamenang 2008; Penn 2012). Por ejemplo, Bruner (2008), Gottlieb (2004), LeVine (2003), Serpell y Adamson-Holley

(2015) y Correa-Chávez, Rogoff y otros (2016) han detallado los valores y enfoques culturales que dan forma al aprendizaje de las niñas y los niños pequeños, la multiplicidad de formas en que las niñas y los niños pequeños aprenden y las herramientas que dan forma a su aprendizaje. Estos autores subrayan la importancia de los contextos y conocimientos locales en la crianza de los hijos e hijas. Por ejemplo, LeVine resumió uno de los aspectos clave de las diferencias culturales de la siguiente forma: *“En comparación con los africanos, los bebés estadounidenses experimentan una distinción particularmente clara entre las situaciones en las que están solos y las que están con los demás, ya que los bebés africanos nunca están solos y suelen estar presentes como no participantes en situaciones dominadas por la interacción entre adultos. El infante estadounidense a menudo se mantiene en régimen de aislamiento cuando no es el centro de atención de los adultos. Esto crea (para los estadounidenses) una bifurcación entre los extremos del aislamiento y la excitación interpersonal que se desconoce en África; y que puede ser la base de algunas de las sorprendentes diferencias en el estilo interactivo entre los pueblos de los dos continentes”* (2003: 82).

Sin embargo, rara vez se hace referencia a esta literatura en las propuestas de escalamiento de las intervenciones tempranas. En tal contexto de pensamiento, vale considerar si una eventual omnipresencia o sobrevaloración de ideas sobre la estimulación cerebral ha generado al menos en parte que las agencias pasen por alto tales aspectos de las diferencias culturales en la crianza y la estimulación infantil.

Inequidad de género

Los programas de intervención temprana en países de bajos ingresos han tendido a centrarse en varios tipos de visitas domiciliarias, a fin de enseñar a las madres cómo estimular a sus hijos e hijas y "hacer crecer su cerebro". Una parte importante de los programas revisados en la serie Lancet, por ejemplo, entran en

esta categoría. Tales programas tienen la ventaja de ser muy económicos, en comparación con cualquier tipo de prestación de servicios; así como también poco desafiantes y problemáticos en comparación con otras políticas. No obstante, algunos de tales abordajes han sostenido suposiciones no probadas sobre la disponibilidad y disposición a participar por parte de las madres o cuidadoras (e.g., Sammans et al., 2016). Además de la visión instrumental de la actuación de los niños y las niñas para manipular su desarrollo (que en sí mismo podría ser éticamente problemático, Morrow, 2013), un aspecto sorprendente de la investigación sobre la intervención temprana es la relativa falta de voz de las madres y familias que son su objetivo. En tal contexto de análisis, se podría plantear el interrogante de si tales estudios generarían algún tipo de inequidad en detrimento de las mujeres. Por ejemplo, sería importante comenzar a analizar si los enfoques económicos o neurocientíficos no reconocen en forma adecuada la contribución de las mujeres a través del trabajo del cuidado no remunerado, o las cargas a las que se enfrentan las mujeres pobres (Bakker & Silvey, 2008; Razavi, 2011).

Las madres y los cuidadores pueden cooperar abiertamente, pero también manifestar en forma tácita su desacuerdo simplemente ausentándose. Muy pocos proyectos de intervención temprana reportan tasas de participación. Sin embargo, hay algunos indicadores que sugieren que las tasas de participación de madres, cuidadoras y visitantes domiciliarias en estos programas de intervención temprana son mucho más erráticas que las admitidas en general (Penn, 2015). Incluso en el programa de intervención temprana *Perry High Scope*, incluido en los análisis de James Heckman, los visitantes domiciliarios casi no pudieron completar su programa regular de visitas (Penn et al., 2006). En los informes resumidos en *The Lancet*, es difícil encontrar información sobre el muestreo, las tasas de participación y de pérdida de participantes,

tanto de los visitantes domiciliarios como de aquellos a quienes se supone que deben ayudar con las actividades de estimulación infantil.

Las responsabilidades de cuidado de las mujeres y el impacto en sus vidas y las de sus hijos e hijas afectan más a las mujeres pobres que a las mujeres profesionales más ricas. Las mujeres con ingresos razonables pueden apoyarse en personal doméstico contratado y en otras formas de ayuda doméstica. Las mujeres que realizan trabajos domésticos, por el contrario, suelen ser inmigrantes internas o externas que pueden incluso descuidar o abandonar a sus propios hijos e hijas para ganarse la vida cuidando a los hijos e hijas de otras mujeres (Heymann, 2003, 2006; Hothschild & Ehrenreich, 2003; Rahazvi, 2011a, 2011b). El trabajo reciente de Samman y colaboradores (2016), sugiere que las mujeres han sufrido particularmente la migración interna rural-urbana dentro de los países pobres; y que pueden ser descritas como "nuevas pobres". Las mujeres, a menudo solas, con redes familiares desorganizadas y trabajos pesados en el sector informal (e.g., personal doméstico, vendedoras informales) luchan por mantener a sus hijos e hijas. En estas circunstancias, Samman y otros sugieren que aproximadamente 35 millones de niñas y niños pequeños en todo el mundo son dejados solos o cuidados por sus hermanos, en situaciones peligrosas, en barrios marginales o zonas inseguras, mientras sus madres trabajan. ONU Mujeres (2016) también ha destacado la necesidad de tener en cuenta la compleja situación de las madres y cuidadoras que experimentan estas circunstancias en cualquier programa de intervención.

Conclusión

La neurociencia cognitiva es una disciplina de frontera. Es fascinante, y tiene un gran poder y potencial para ofrecernos explicaciones sobre el desarrollo infantil. El conocimiento sobre el

que he aprendido durante mi participación en el curso sobre neurociencia y pobreza en la *International Mind, Brain, and Education School* (*Escuela Internacional Mente, Cerebro y Educación*) es de vanguardia. No obstante, he escuchado acerca de estudios a pequeña escala. En tal sentido, me hago la pregunta de si los hallazgos son lo suficientemente sólidos y libres de influencias contextuales como para ser trasladados desde Pittsburgh o Pensilvania a Harare o Tashkent. Precisamente, ese es el tipo de afirmaciones que hacen frecuentemente las agencias internacionales de desarrollo al tomar en cuenta la evidencia neurocientífica. Aún sigo considerando que los conceptos multidimensionales y complejos de orden superior, como la pobreza, la desigualdad o la cultura, requieren otros niveles de análisis; y que las fronteras nacionales no se cruzan fácilmente cuando se trata de la implementación de intervenciones. Si pretendemos tener información útil sobre las raíces de la pobreza, entonces, como dice Michael Rutter, debemos tener mucho cuidado con la manera de transferir el conocimiento científico al diseño e implementación de intervenciones. Tenemos que asegurarnos de no estar haciendo inadvertidamente más mal que bien por la forma en que enfocamos nuestra atención y realizamos nuestras propuestas.

Referencias bibliográficas

- Allen, A.P., Dinan, T.G., Clarke, G., & Cryan, J.F. (2017). A psychology of the human brain-gut-microbiome axis. *Social and Personality Psychology Compass*, 11, e12309.
- Baker-Henningham, H., & Lopez-Boo, F. (2010). *Early stimulation interventions in developing countries*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Bakker, I., & Silvey, R. (2008). *Beyond states and markets: The challenges of social reproduction*. London: Routledge.

- Becker, |G. (1993). *A treatise on the family*. Harvard, CA: Harvard University Press
- Black, M.M., y otros (2017). “Early childhood development coming of age: science through the life course”. *Lancet*, 389, 77-90.
- Boyden, J., & Bourdillon, M. (Editors) (2012). *Childhood poverty: Multidisciplinary approaches*. London: Palgrave Macmillan.
- Boyden, J., Dircon, S. & Singh, A. (2015). *Child development in a changing world: Key messages and policy gaps*. Young Lives Policy Brief no 26.
- Bruer, J. (1999). *The myth of the first three years*. New York: The Free Press.
- Bruer, J. (2011) *Revisiting the myth of the first three years*. Paper given at the University of Kent parenting Conference, May 2011. <http://blogs.kent.ac.uk/parentingculturestudies/files/2011/09/Special-briefing-on-The-Myth.pdf>
- Bruner, J. (2000). Forword. In: J. Delouche and A. Gottlieb (Eds.) *A world of babies: Imagined childcare guides for seven societies*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chan, M. (2013). Linking child survival and child development for health. *The Lancet*, 381, 1514–1515.
- Chang, H.J. (2008). *Bad samaritans: Guilty secrets of rich nations and the threat to global prosperity*. London: Random House.
- Collier, P. (2007). *The bottom billion*. London: Oxford University Press.
- Correa-Chavez, R., Mejia-Arauziteso, R., & Rogoff, B. (2015). Children learn by observing and contributing to family and community endeavors: A cultural paradigm. In R. Correa-Chavez, R. Mejía-Arauziteso, B. Rogoff (Eds.) *Advances in child development and behaviour* 49 (First Edition). Washington, DC: Academic Press.
- Engle, P.L., Fernald, L.C.H., Alderman, H., Behrman, J., O’Gara, C., Yousafzai, A., et al. (2011). Strategies for reducing inequalities and improving development outcomes for young

- children in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 378, 1339-1353.
- Ferguson, J. (2015). *Give a man a fish: Reflections on the new politics of distribution*. North Carolina: Duke University Press.
- Gianaros, P.J., & Wager, T.D. (2015). Brain-body pathways linking psychological stress and physical health. *Current Directions in Psychological Science*, 24, 313-321.
- Gottlieb, A. (2004). *The afterlife is where we come from: The culture of infancy in west Africa*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Grantham-McGregor, S., Cheung, Y.B., Cueto, S., Glewwe, P., L. Richter, Strupp, B. et al. (2007). Child development in developing countries 1. Development potential in the first five years for children in developing countries. *The Lancet*, 369, 60-70.
- Heckman, J., & Masterov, D. (2005). The productivity argument for investing in young children. *Review of Agricultural Economics*, 29, 446-493.
- Heymann, J. (2003). *The role of ECCE in ensuring equal opportunity*. Policy Brief N° 18. Paris: UNESCO.
- Heymann, J. (2006). *Forgotten families: Ending the growing crisis confronting children and working parents in the global economy*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Hickel, J. (2017). *The divide: A brief guide to global inequality*. London: Penguin Random House.
- Hothschild, A., & Ehrenreich, B. (2003). *Global woman: Nannies, maids and sex workers in the new economy*. New York: Metropolitan Books.
- Hulme, D. (2016). *Should rich nations help the poor?* Cambridge, UK: Polity Press.
- Illingworth, P., Pogge, T., & Wenar, L. (2011). *Giving well: The ethics of philanthropy*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Kwon, H., & Kim, E. (2014). Poverty reduction and good governance: Examining the rationale of the millennium development goals. *Development and Change*, 45, 353-375.

- Leroy, J., Gadsden, P., & Guijarro, M. (2011). The impact of day-care programmes on child health, nutrition and development in developing countries: a systematic review. *Journal of Development Effectiveness*, 4, 472-496.
- LeVine, R. (2003). *Childhood socialization: Comparative studies of parenting, learning and educational change*. Hong Kong: Comparative Education Research Centre.
- Maggi, S., Irwin, L., Siddiqui A., Poureslami, I., Herzman E., & Herzman C. (2005). *International perspectives on early child development: Analytic and strategic review paper*. Geneva: World Health Organization.
- Maistriaux, R. (1955). *La sous evolution des noirs d'Afrique. Sa nature- ses remedies*. Cited in: Erny, P. (1981), *The Child and his Environment in Black Africa*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- McCain, M.N., Mustard, J.F., & McCuaig, K. (2011). *Early years study 3: Making decisions, taking action*. Toronto: Margaret & Wallace McCain Family Foundation.
- Milanovic, B. (2016). *Global inequality*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Morrow, V. (2013). Practical ethics in social research with children and families in Young Lives: A longitudinal study of childhood poverty in Ethiopia, Andhra Pradesh (India), Peru and Vietnam. *Methodological Innovations Online*, 8, 21-35.
- Mustard, F.J. (2006). *Early child development and experience-based brain development: The scientific underpinnings of the importance of early child development in a globalized world*. New York: Brookings Institute.
- Mustard, J.F. (2006). *Early child development and experience-based brain development: The scientific underpinnings of the Importance of early child development in a globalized world*. Washington, DC: Brookings Institute.
- Nsamenang, A. (2008). (Mis)Understanding ECD in Africa: The force of local and global motives. In: M. Garcia, A. Pence, J.

- Evans, J. (Eds.) *Africa's future, Africa's challenge*. Washington, DC: The World Bank.
- Penn, H, Burton, V., Lloyd, E, Mugford, M, Potter, S, & Sayeed, Z (2006). *A systematic review of the economic impact of long-term centre-based early childhood interventions*. London, UK: Social Science Research Unit, Institute of Education.
- Penn, H. (2012). The rhetoric and realities of early childhood programmes promoted by the World Bank in Mali. In: R. Ames, A. Twum Danso Imoh (Eds.) *Childhoods at the intersection of the local and the global*. Washington, DC: Palgrave MacMillan, pp. 75-93.
- Penn, H. (2015). Social and political landscapes of childhood. In: K.M. Tisdall, S.L. Kagan, A. Farrell (Eds.) *Sage Handbook of Early Childhood Research*. London, UK: Sage, pp. 469-484
- Razavi, S. (2011a). Rethinking care in a development context. *Development and Change*, 42, 873-904.
- Razavi, S. (2011b). *World development report 2012: Gender equality and development. An opportunity both welcome and missed*. Geneva: United Nations Research Institute for Social Development.
- Rutter, M., & Solantaus, T. (2014). Translation gone awry: differences between common sense and science. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 23, 247-255.
- Samman, E., Presler-Marshall, E., Jones, N., Bhatkal, T., Melamed, C., Stavropoulou, M., et al. (2016). *Women's work: Mothers, children and the global childcare crisis*. <http://www.odi.org/global-childcare-crisis>
- Serpell, R., & Adamson, H. (2015). African socialization values and non-formal educational practices: Child development, parental beliefs, and educational innovation in rural Zambia. In: T. Abebe, J. Waters, T. Skelton (Eds.). *Labouring and learning*. New York: Springer, pp. 978-981.
- Singer, P. (2010). *The life you can save: How to play your part in ending world poverty*. London: Picador.
- Snilstveit, B., Stevenson, J., Menon, R., Phillips, D., Gallagher, E., Geleen, M., et al. (2016). *The impact of education programmes on*

- learning and school participation in low- and middle-income countries. Systematic Review Summary Series. London: International Initiative for Impact Evaluation, London International Development Centre.*
- The Economist (2014). *In the beginning was the word.* <http://www.economist.com/news/science-and-technology/21596923-how-babbling-babies-can-boost-their-brains-beginning-was-word>
- UN Women (2016). *Gender equality, child development and job creation.* New York: UN Women.
- UNICEF (2014). *Building better brains: New frontiers in early child development.* New York: UNICEF.
- White, H. (2013). An introduction to the use of randomized controlled trials to evaluate development interventions. *Journal of Development Effectiveness*, 5, 30-49.
- Woodhead, M., & Streuli, N. (2013). Early education for all: Is there a role for the private sector? In: P. Britto, P. Engle, C. Super (Eds.) *Handbook of early childhood development research and its impact on global policy.* Oxford, UK: Oxford University Press.
- Young, M.E., & Mustard, F. (2008). *Brain development and ECD: A Case for Investment.* In: M. Garcia, A. Pence, J. Evans (Eds.) *Africa's Future, Africa's Challenge.* Washington, DC: The World Bank, pp. 71-92.

GLOSARIO

Andamiaje. Término que se utiliza en psicología del desarrollo, pedagogía y otras ciencias sociales para referirse al conjunto de ayudas, orientaciones e información que una persona (fundamentalmente niños y niñas) reciben a lo largo de su desarrollo intelectual. Estas ayudas, que no implican resolver las tareas en lugar de los niños y niñas, facilitan el acceso de los niños a nuevos aprendizajes y contribuyen a su desarrollo cognitivo y emocional.

Amígdala. Conjunto de núcleos de neuronas ubicadas en los lóbulos temporales, que reciben y envían múltiples conexiones a distintas áreas del cerebro y que participan en diferentes aspectos del procesamiento emocional.

Apoptosis. Proceso de muerte celular programada.

Autorregulación. Concepto psicológico que se refiere a la capacidad de ajustar, en función del contexto, pensamientos, emociones y conductas orientadas al logro de fines, en la cual intervienen diferentes procesos de control cognitivo (e.g., funciones ejecutivas) y emocionales que pueden estudiarse a diferentes niveles de organización, desde el molecular hasta el comportamental.

Axón. Prolongación de las células neuronales que puede tener diferentes extensiones. Por su intermedio la célula se conecta con otras neuronas, así como con órganos y músculos de diferentes partes del cuerpo. Al final de cada axón están los botones sinápticos, que contienen moléculas de diferente tipo, los neurotransmisores. El impulso nervioso consiste en cambios eléctricos en la membrana celular de las neuronas, que viaja desde el núcleo hasta los botones sinápticos a través de los axones. Estas señales eléctricas causan que las vesículas sinápticas liberen su

contenido en el espacio sináptico, transformando la señal de eléctrica en química. Una vez en el espacio sináptico, los neurotransmisores se unen a receptores de la siguiente célula neuronal, y eventualmente inician un nuevo ciclo de transmisión electroquímica.

Conciencia fonológica. Es una habilidad metalingüística que permite comprender que las palabras están formadas por sílabas y fonemas.

Corteza cerebral. Es la sustancia gris (ver definición en este Glosario) que cubre la superficie de los hemisferios cerebrales.

Cortisol. Hormona esteroidea producida por la glándula suprarrenal como resultado de la estimulación de adenocorticotrofina que se libera en respuesta a estresores en forma de glucocorticoide. Sus funciones incluyen incrementar el nivel de azúcar en sangre, suprimir algunas funciones del sistema inmunológico y aportar grasas, proteínas e hidratos de carbono al metabolismo.

Cociente intelectual. Cifra que representa la inteligencia y que se obtiene mediante la división entre la edad mental de un individuo (que se consigue mediante tests de inteligencia) y su edad cronológica, multiplicada por cien.

Cuerpo estriado. Estructura subcortical de sustancia gris que recibe y envía información a diferentes regiones de la corteza cerebral. Se asocia con las redes neurales que involucran a la corteza prefrontal y, en consecuencia, con procesamiento cognitivos y de control motor.

Dendritas. Prolongaciones ramificadas de las neuronas, involucradas principalmente en la recepción de impulsos nerviosos provenientes de otras neuronas.

Diferenciación celular. Proceso por el cual las células embrionarias adquieren la morfología y las funciones de un tipo celular específico.

EEG/ERP. Las técnicas de EEG consisten en exploraciones de la fisiología neural basadas en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral en diferentes condiciones. Si bien es una técnica que posee una resolución espacial limitada, pues no detecta con exactitud el lugar en el que se origina la actividad neuronal, la EEG continúa siendo una herramienta valiosa por su alta resolución temporal que permite definir eventos en el rango de los milisegundos. De ella deriva la técnica de potenciales evocados (ERP), que consiste en hacer un promedio de la actividad electroencefalográfica ante estímulos específicos –auditivos, visuales o somato-sensitivos.

Eje HPA. El eje HPA (la “H” corresponde a hipotálamo, la “P” a pituitaria, y la “A” a adrenal) entra en funcionamiento cada vez que una persona afronta una situación de estrés y sirve para contribuir con su adaptación a un ambiente percibido como amenazante, preparándola para dar una respuesta. Cuando el sistema se activa, el hipotálamo pone en circulación la hormona liberadora de corticotrofina que al llegar a la glándula pituitaria activa precisamente la segregación de dicha sustancia. Cuando las cortezas adrenales (situadas encima de los riñones) reciben la corticotrofina, liberan a su vez diferentes tipos de corticoesteroides, que actúan sobre la corteza frontal, el hipocampo y la amígdala, todas ellas estructuras relacionadas con la autorregulación emocional y cognitiva.

Epigenética. Disciplina que estudia el conjunto de mecanismos que modifican la actividad del ADN, como por ejemplo su expresión, pero que no alteran su secuencia.

Funciones ejecutivas. Conjunto de capacidades cognitivas necesarias para controlar y autorregular el pensamiento y la conducta, como por ejemplo establecer, mantener, monitorear, corregir y alcanzar un plan de acción dirigido a una meta.

Head Start. Programa del Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos que brinda servicios integrales de educación infantil, salud, nutrición y participación de padres para niños de bajos ingresos y sus familias. Los servicios y recursos del programa están diseñados para fomentar relaciones familiares estables, mejorar el bienestar físico y emocional de los niños y establecer un entorno para desarrollar habilidades cognitivas (más información en el siguiente link: <https://www.nhsa.org/why-head-start/head-start-model>).

Hipocampo. El hipocampo es una estructura neural compleja con conexiones que salen y llegan de múltiples redes distribuidas en todo el cerebro. Está involucrada en todos los procesos de memoria, aprendizaje, cognición espacial y emocional.

Interespecífico. Se refiere a las relaciones que se establecen entre diferentes especies animales.

Metilación. Proceso por el cual se añaden grupos metilo al ADN, lo cual se asocia con la regulación del silenciamiento o inhibición de la expresión genética, sin alterar la secuencia de ADN.

Mielina. Células gliales que cubren los axones neuronales (oligodendrocitos en el sistema nervioso central y células de Schwann en el periférico), que contribuyen con la eficiencia de la transmisión del impulso nervioso.

MRI/fMRI. Técnicas de neuroimágenes que producen imágenes de alta resolución de la localización de las estructuras cerebrales (MRI) y de la activación de las redes involucradas en la ejecución de tareas específicas (fMRI).

Neuronas piramidales. Son un tipo de neuronas multipolares situadas en diversas partes del cerebro. En la corteza prefrontal cumplen la función de ser fuentes primarias de excitación.

Neural. Término que hace referencia a todo componente y evento relacionado con el sistema nervioso (central y periférico). Neuronal, en cambio, solo hace referencia a las neuronas.

NSE. Nivel socioeconómico. Es una medida que combina factores económicos y sociales como el nivel de educación, la ocupación y/o el ingreso de las personas. Existen diferentes métodos de medición y de clasificación para su estimación (para profundizar, consultar el siguiente vínculo:
<http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/clacso/crop/glosario/>).

Oligodendroglía. Tipo de célula glial con escasas prolongaciones. Entre varios de sus roles tiene el de envolver los axones de las neuronas del sistema nervioso central y producir la cubierta mielínica.

Polimorfismo. Variación en la secuencia de un lugar determinado del ADN entre los individuos de una población.

Sinapsis. Zonas de aproximación funcional entre neuronas, en las que se lleva a cabo la transmisión del impulso nervioso (ver *Axón*).

Sustancia blanca y gris. La sustancia blanca es la parte del sistema nervioso central compuesta por los axones recubiertos de mielina que, macroscópicamente, tienen una coloración blanquecina; en cambio, la sustancia gris está compuesta por los cuerpos neuronales que no poseen mielina y se ven, por eso, de ese color.

Theta. Las ondas *Theta* son oscilaciones electromagnéticas en el rango de frecuencias de 3.5 y 7.5 Hz que se detectan en el cerebro humano a través de técnicas de electroencefalografía (ver *EEG*). Suelen estar asociadas con las primeras etapas de sueño y ser generadas por la interacción entre los lóbulos temporal y frontal.



La edición revisada terminó en Octubre de 2020 en la Ciudad Autónoma
de Buenos Aires, Argentina.

Exploraciones **neurocientíficas** de la pobreza

Sebastián J. Lipina
María Soledad Segretin
Editores

Durante las últimas dos décadas, la investigación en el área de estudio de la pobreza ha comenzado a aportar evidencias que constituyen un avance en la comprensión de cómo la adversidad temprana asociada a privaciones materiales, sociales y culturales modula el desarrollo cerebral. Cuando tal evidencia es utilizada en otros contextos disciplinares, con frecuencia se verifican referencias al desarrollo cerebral temprano como un factor predictor de conductas adaptativas y de productividad económica durante la vida adulta; o de la imposibilidad de tales logros por la supuesta inmutabilidad de los impactos negativos a largo plazo de la pobreza infantil. Este tipo de afirmaciones, que tienen implicaciones no solo científicas sino también políticas, requieren ser analizadas de manera adecuada a la luz de la evidencia disponible, ya que podrían inducir conceptos erróneos y sobre-generalizaciones que tienen la potencialidad de afectar los criterios para la inversión, el diseño, la implementación y la evaluación de acciones en el ámbito de la infancia temprana. Este libro se propone como un aporte en esta dirección. Los distintos capítulos, a cargo de referentes destacados del estudio neurocientífico y cognitivo de la pobreza, aportan evidencia que alimenta hipótesis y reflexiones en línea con las principales preguntas del área de estudio de la pobreza desde la perspectiva neurocientífica.