



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

**La neuroplasticidad en el contexto escolar.  
Una exploración de factores clave asociados al  
rendimiento cognitivo en escolares adolescentes  
en Chile mediante un análisis de redes**

Ruth Annya Doherty



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0. Spain License.**



TESIS DOCTORAL

La neuroplasticidad en el contexto escolar. Una exploración de factores clave asociados al rendimiento cognitivo en escolares adolescentes en Chile mediante un análisis de redes.

Ruth Annya Doherty

2023



La neuroplasticidad en el contexto escolar. Una exploración de factores clave asociados al rendimiento cognitivo en escolares adolescentes en Chile mediante un análisis de redes.

**Programa de Doctorado en Educación y Sociedad**  
**Facultad de Educación**

Doctoranda: Ruth Annya Doherty

Directores: Anna Forés Miravalles y Carlos Cristi-Montero

A Annette Esselaar Doherty  
que fue y sigue siendo una inspiración.



## **Agradecimientos**

Estoy agradecida a mi directora, Anna Forés, y director, Carlos Cristi-Montero, por su disponibilidad para resolver dudas, sus comentarios y sus reflexiones. Agradezco la generosidad y buena disposición que me han mostrado a lo largo de este proyecto. Admiro su experticia como profesionales y su convicción y vocación por el trabajo que realizamos como docentes e investigadores/as.

Gracias a César Yáñez y Gianna Devoto por su apoyo anímico y por su ayuda con la revisión y mejoramiento del texto.

Gracias sobre todo a Leo y Ona, que han compartido este viaje de su madre con generosidad y amor.

## Resumen

Esta tesis se sitúa en un área de conocimiento relativamente nueva, el campo híbrido de la neurociencia aplicada a la educación, o neuroeducación. Explora en adolescentes escolares chilenos la asociación entre el rendimiento cognitivo y otras nueve variables. Es el reconocimiento de la relevancia de la neuroplasticidad lo que motiva este estudio de las interrelaciones entre el rendimiento cognitivo y los factores de condición física (*fitness*), dieta saludable, obesidad, actividad física, vulnerabilidad escolar, estrés escolar, tipo de escuela, calidad de vida y calidad del sueño.

La literatura indica que estos factores influyen en la salud del cerebro y en el rendimiento cognitivo, sin embargo, los estudios tienden a examinar esta relación de forma bilateral, o seleccionando unas pocas variables. Esta investigación propone explorar la interrelación de las diez variables simultáneamente, desde la perspectiva de la teoría de la complejidad, que considera al ser humano y al cerebro como sistemas complejos, dinámicos, interactivos y emergentes. De acuerdo con este enfoque, este estudio emplea la herramienta de análisis estadístico del análisis de redes para calcular y representar visualmente las complejas relaciones entre múltiples variables simultáneamente.

Para lograr este objetivo, se creó un diseño de investigación cuantitativo basado en la selección de datos del estudio transversal de la base de datos del Proyecto Cogni-Acción de 1.296 adolescentes escolares en Chile ( $n = 1.296$ ), 50% niñas. Los datos fueron imputados y el análisis de las variables se realizó mediante la aplicación del análisis de redes, utilizando tanto el programa R como JASP, versión 0.16.

De los resultados obtenidos sobre la naturaleza de la asociación entre estas diez variables, destacan algunas relaciones. La condición física destaca como la variable más fuerte de la red. Se asocia positivamente con el rendimiento cognitivo, y además es la variable intermedia entre el sobrepeso-obesidad y el rendimiento cognitivo, y entre la actividad física y el rendimiento cognitivo. Los factores sociodemográficos y socioeconómicos, como el tipo de escuela y el índice de vulnerabilidad, se asocian negativamente con el rendimiento cognitivo. El marcador de calidad de vida conecta con la cognición, y este



marcador de calidad de vida recibe aportaciones del estrés escolar, la dieta saludable y la calidad del sueño. Las dos variables identificadas por el análisis como potenciales catalizadores para alterar la configuración de la red e impactar el rendimiento cognitivo son la actividad física y la dieta saludable. En base a estas evidencias, este estudio propone que las intervenciones de las autoridades o de las instituciones educativas dirigidas a estas dos variables conducirán a cambios en la red y podrán impactar positivamente en el rendimiento cognitivo de los escolares.

## **Abstract**

This thesis is situated in a relatively new area of knowledge, the hybrid field of neuroscience applied to education, or neuroeducation. It explores the association between cognitive performance and nine other variables in Chilean adolescent schoolchildren. It is the recognition of the relevance of neuroplasticity that motivates this study of the interrelationships between cognitive performance and the factors of physical fitness, healthy diet, obesity, physical activity, school vulnerability, school stress, school type, quality of life and sleep quality.

The literature indicates that these factors influence brain health and cognitive performance. However, studies tend to examine this relationship bilaterally, or by selecting a few variables. This research aims to explore the interrelationship of the ten variables simultaneously, from the perspective of complexity theory, which views the human being and the brain as complex, dynamic, interactive and emergent systems. In line with this approach, this study employs the statistical analysis tool of network analysis to calculate and visually represent the complex relationships between multiple variables simultaneously.

To achieve this goal, a quantitative research design was created based on the selection of cross-sectional survey data from the Cogni-Acción Project database of 1,296 school adolescents in Chile ( $n = 1,296$ ), 50% girls. The data were imputed and the analysis of the variables was carried out through the application of network analysis, using both R and JASP, version 0.16.

From the results obtained on the nature of the association between these ten variables, some relationships stand out. Physical fitness stands out as the strongest variable in the network. It is positively associated with cognitive performance and is also the intermediate variable between overweight-obesity and cognitive performance, and between physical activity and cognitive performance. Socio-demographic and socio-economic factors, such as school type and vulnerability index, are negatively associated with cognitive performance. The quality-of-life marker connects with cognition, and this quality-of-life marker receives inputs from school stress, healthy diet and sleep quality.

The two variables identified by the analysis as potential catalysts for altering network configuration and impacting cognitive performance are physical activity and healthy diet. Based on this evidence, this study proposes that interventions by authorities or educational institutions targeting these two variables will lead to changes in the network and may positively impact the cognitive performance of schoolchildren.

## Resúm

Aquesta tesi se situa en una àrea de coneixement relativament nova, el camp híbrid de la neurociència aplicada a l'educació, o neuroeducación. Explora en adolescents escolars xilens l'associació entre el rendiment cognitiu i altres nou variables. És el reconeixement de la rellevància de la neuroplasticidad el que motiva aquest estudi de les interrelacions entre el rendiment cognitiu i els factors de condició física (fitness), dieta saludable, obesitat, activitat física, vulnerabilitat escolar, estrès escolar, tipus d'escola, qualitat de vida i qualitat del somni.

La literatura indica que aquests factors influeixen en la salut del cervell i en el rendiment cognitiu, no obstant això, els estudis tendeixen a examinar aquesta relació de manera bilateral, o seleccionant unes poques variables. Aquesta recerca proposa explorar la interrelació de les deu variables simultàniament, des de la perspectiva de la teoria de la complexitat, que considera a l'ésser humà i al cervell com a sistemes complexos, dinàmics, interactius i emergents. D'acord amb aquest enfocament, aquest estudi emprà l'eina d'anàlisi estadística de l'anàlisi de xarxes per a calcular i representar visualment les complexes relacions entre múltiples variables simultàniament.

Per a aconseguir aquest objectiu, es va crear un disseny de recerca quantitatiu basat en la selecció de dades de l'estudi transversal de la base de dades del Projecte Cogni-Acció de 1.296 adolescents escolars a Xile ( $n = 1.296$ ), 50% nenes. Les dades van ser imputades i l'anàlisi de les variables es va realitzar mitjançant l'aplicació de l'anàlisi de xarxes, utilitzant tant el programa R com JASP, versió 0.16.

Dels resultats obtinguts sobre la naturalesa de l'associació entre aquestes deu variables, destaquen algunes relacions. La condició física destaca com la variable més forta de la xarxa. S'associa positivament amb el rendiment cognitiu, i a més és la variable intermèdia entre el sobrepès-obesitat i el rendiment cognitiu, i entre l'activitat física i el rendiment cognitiu. Els factors sociodemogràfics i socioeconòmics, com el tipus d'escola i l'índex de vulnerabilitat, s'associen negativament amb el rendiment cognitiu. El marcador de qualitat de vida connecta amb la cognició, i aquest marcador de qualitat de vida rep aportacions de l'estrès escolar, la dieta saludable i la qualitat del somni. Les dues variables

identificades per l'anàlisi com a potencials catalitzadors per a alterar la configuració de la xarxa i impactar el rendiment cognitiu són l'activitat física i la dieta saludable. Sobre la base d'aquestes evidències, aquest estudi proposa que les intervencions de les autoritats o de les institucions educatives dirigides a aquestes dues variables conduiran a canvis en la xarxa i podran impactar positivament en el rendiment cognitiu dels escolars.



# Índice de contenidos

Introducción. El punto de partida .....	16
Los objetivos .....	24
a) Las motivaciones .....	24
b) La importancia del tema .....	26
c) El objetivo general .....	28
d) Los objetivos específicos .....	29
Preguntas de investigación e hipótesis .....	33
<b>CAPÍTULO 1: El marco teórico.....</b>	<b>35</b>
1.1. Los campos de conocimiento contextuales	
1.1.1. La neuroeducación .....	36
1.1.2. La neuroplasticidad.....	44
1.1.3. La epigenética .....	51
1.1.4. Sistemas complejos, dinámicos e interactivos .....	55
1.1.5. El análisis de redes .....	59
1.1.6. Chile y América Latina .....	65
1.2. Las variables del estudio .....	72
1.2.1. Rendimiento cognitivo .....	73
1.2.2. Actividad Física .....	81
1.2.3. Condición Física .....	86
1.2.4. Dieta saludable .....	88
1.2.5. Obesidad .....	92
1.2.6. Calidad de vida.....	98
1.2.7. Vulnerabilidad escolar .....	99
1.2.8. Tipo de colegio .....	102
1.2.9. Calidad del sueño .....	104
1.2.10. Estrés escolar .....	106

1.3. En síntesis .....	109
<b>CAPÍTULO 2: La metodología.....</b>	<b>111</b>
2.1. Introducción: metodología cuantitativa y teoría de redes .....	112
2.1.1. El objeto de estudio y la selección de la metodología cuantitativa .....	113
2.1.2. El origen de los datos .....	114
2.1.3. Descripción de los métodos estadísticos utilizados .....	114
2.2. El estudio .....	117
2.3. Los participantes .....	118
2.4. Las variables .....	119
2.4.1. Rendimiento Cognitivo .....	119
2.4.2. Actividad física .....	121
2.4.3. Condición física .....	121
2.4.4. Dieta saludable .....	23
2.4.5. Obesidad .....	123
2.4.6. Calidad de vida .....	124
2.4.7. Vulnerabilidad escolar .....	125
2.4.8. Tipo de colegio .....	125
2.4.9. Calidad del sueño .....	126
2.4.10. Estrés escolar .....	126
2.5. El análisis estadístico	
2.5.1. Imputación de datos .....	128
2.5.2. Análisis descriptivo .....	128
2.5.3. Bootstrapping .....	128
2.5.4. Análisis de redes .....	129
2.5.5. Medidas de centralidad .....	130
2.5.6 Matriz de ponderaciones .....	131
<b>CAPÍTULO 3: Resultados y hallazgos.....</b>	<b>134</b>
3.1. Resultados	



3.1.1. Análisis estadístico descriptivo .....	135
3.1.2. Bootstrapping .....	137
3.1.3. Análisis de redes .....	139
3.1.4. Matriz de ponderaciones .....	141
3.1.5. Medidas de centralidad .....	142
3.2. Hallazgos principales .....	146
<b>CAPÍTULO 4: Discusión .....</b>	<b>148</b>
<b>CAPÍTULO 5: Conclusiones, limitaciones y futuras líneas de investigación .....</b>	<b>159</b>
4.1. Conclusiones .....	160
4.2. Limitaciones .....	163
4.3. Futuras líneas de investigación .....	164
<b>Referencias .....</b>	<b>166</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>195</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciencia de cerebro, mente y educación (CME) .....	37
Figura 2: La neuroeducación. Autores citados .....	43
Figura 3: La sinapsis entre dos neuronas .....	45
Figura 4: Posibles mecanismos para los efectos del ejercicio sobre la neurogénesis hipocampal .....	50
Figura 5: De la neuroplasticidad a la neurogénesis .....	54
Figura 6: Sistemas complejos .....	55
Figura 7: Factores contribuyentes al rendimiento cognitivo, resultados de aprendizaje y metas de desarrollo .....	62
Figura 8: Coeficiente Gini por país .....	66
Figura 9: Países con estudios sobre el impacto de actividad física sobre cognición .....	68
Figura 10: La corteza prefrontal .....	75
Figura 11: Las funciones ejecutivas .....	76
Figura 12: La relación mente-cuerpo: la aproximación antigua y nueva .....	80
Figura 13: Etapas del estudio realizado por Cogni-Acción .....	116
Figura 14: Resumen de la metodología .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reporte de notas para actividad física, Chile. Global Matrix 4.0 .....	85
Tabla 2: Rúbrica de notas de actividad física Global Matrix 4.0 .....	86
Tabla 3: IMC según sexo, edad años de educación, ingreso económico y tabaquismo...94	
Tabla 4: Los dominios y pruebas de la NeuroCognitivePerformance (NCPT).....	114
Tabla 5: Análisis descriptivo de características de los participantes .....	137
Tabla 6: Matriz de ponderaciones .....	142
Tabla 7: Medidas de centralidad fuerza e influencia esperada .....	145

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tamaño hipocampal de taxistas y grupo control .....	49
Gráfico 2: Desigualdad de riqueza en el mundo 2021.....	67
Gráfico 3: La curva del autocontrol .....	77
Gráfico 4: Rendimiento en pruebas académicas después de actividad física .....	82
Gráfico 5: Relación entre nivel de condición física y tamaño hipocampal .....	87
Gráfico 6: Funciones cognitivas y dieta mediterránea .....	91
Gráfico 7: Evolución de la prevalencia de obesidad total 2009-2021 .....	93
Gráfico 8: Mapa nutricional de escolares chilenos 2009-2021.....	95
Gráfico 9: Perfusión hipocampal y índice de masa corporal (IMC) .....	96
Gráfico 10: Resultado de bootstrapping sobre los datos .....	138
Gráfico 11: Análisis de redes .....	139
Gráfico 12: Estabilidad de las medidas de centralidad .....	143
Gráfico 13: Medidas de centralidad de Fuerza e Influencia Esperada.....	145

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: La teoría de la complejidad

Anexo 2: 149 influencias en los logros de los alumnos. *Aprendizaje visible*, John Hattie.

Anexo 3: Cuestionario INTA de actividad física

Anexo 4: Cuestionario KIDMED de adherencia a dieta mediterránea

Anexo 5: Cuestionario KIDSCREEN-27 de calidad de vida

Anexo 6: Índice de Vulnerabilidad Multidimensional

Anexo 7: Cuestionario autoinforme del sueño (SSR)

Anexo 8: Cuestionario escala de estrés diario en la escuela

Anexo 9: Colegios de la región de Valparaíso partícipes en el estudio



## Introducción

El punto de partida de esta tesis corresponde a un interés personal y profesional en los mecanismos del aprendizaje. Durante los últimos 25 años me he dedicado a la docencia, en diferentes contextos y países, con estudiantes de una gran diversidad. Durante los últimos 7 años me he dedicado exclusivamente a la docencia universitaria en las carreras de pedagogía en inglés y traducción e interpretación, a la formación docente y a la divulgación en el campo de neuroeducación. Como docente, me intriga entender cómo podemos potenciar el proceso de aprendizaje, particularmente en lo que concierne la neurociencia aplicada a la educación. Considero alentador que el creciente conocimiento sobre el cerebro está informando y complementando el banco de conocimiento pedagógico de los docentes, como también su quehacer en aula.

En el transcurso de los últimos ocho años, me he acercado y adentrado al campo pujante de la neuroeducación, primero a través del Máster en Educación, Globalización y Transformación Social, que cursaba a la vez que seguía un curso de formación de docentes de la pedagogía Waldorf. Mi Trabajo de Fin de Máster (TFM) en Educación fue una exploración de los solapamientos entre la neuroeducación y aspectos de la pedagogía Waldorf, una pedagogía holística que se centra en el niño/a como un ser integral y aborda su aprendizaje en el contexto de su bienestar social y emocional, físico, espiritual, creativo, etc.

El enfoque de esa investigación sobre la pedagogía creada por Rudolf Steiner (1850-1925), la Waldorf, fue circunstancial, ya que podría haber considerado otra pedagogía de índole parecida enfocada en “cabeza, corazón y manos” o el pensar, sentir y hacer, tales como la pedagogía desarrollada por María Montessori (1870-1952) o el método Reggio Emilia de Loris Malaguzzi (1920-1994). Con ese TFM obtuve una perspectiva muy clara sobre la interconectividad de múltiples facetas del individuo en el entorno de aprendizaje: que las emociones negativas sabotean el aprendizaje mientras un clima de aula positiva estimula la liberación de neurotransmisores que favorecen el aprendizaje; que la calidad de las relaciones sociales incide sobre el estado de estrés en el cerebro y su consecuente capacidad por o inclinación a aprender; que la actividad física y el nivel de fitness del

individuo influyen sobre la motivación y atención, la calidad de aprendizaje, resultados académicos y rendimiento cognitivo.

De igual forma se recalcó la importancia del aprendizaje activo, la motivación intrínseca, la colaboración, lo multisensorial, el movimiento, las manualidades, el juego, el teatro y el canto, el asombro y la curiosidad, el aprendizaje por descubrimiento, la narración y los cuentos, el contacto con la naturaleza, la predicción, la motivación en el aula. Estos son elementos que destacan en el aula Waldorf, coincidiendo con investigación neurocientífica. Me hacía sentido que los docentes debiéramos concebir al estudiante de forma global – no solo en lo que concierne a su capacidad de pensamiento abstracto o resultados académicos. Lo que fue muy significativo para mí, fue el desafío que planteaba el cambio de paradigma de la neurociencia. Un cambio desde una concepción que eleva el raciocinio como la de René Descartes, “Pienso, luego existo”, a una propuesta de los neurocientíficos Immordino-Yang y Damasio (2007): “We Feel, Therefore we Learn” (en castellano, “Sentimos, así aprendemos”). En que se explora el papel clave de las emociones y lo social (el ser integral) en los procesos de aprendizaje. O el artículo de Adele Diamond en que presenta evidencias de la importancia de dirigirnos como docentes al niño y la niña integral, que implica su bienestar social, emocional, físico y cognitivo. Diamond, en su artículo de 2010, “The Evidence Base for Improving School Outcomes by Addressing the Whole Child and by Addressing Skills and Attitudes, not just Content”, afirma que lo social, emocional, físico y cognitivo son elementos interdependientes y para potenciar la capacidad cognitiva, y por ende buenos resultados académicos, es necesario potenciar los demás aspectos.

La educación tradicional, en cambio, se ha enfocado casi exclusivamente en los resultados académicos y el rendimiento cognitivo. La prioridad de sacar buenas notas, salir bien parado en los rankings nacionales o internacionales ha marcado la política de los directivos de los establecimientos escolares y las prioridades de los equipos docentes. Lo anterior ha llevado a una sobrevaloración de asignaturas centrales como lenguaje, matemáticas y ciencia, en desmedro de otras asignaturas vistas como secundarias o superfluas, tales como el arte, la educación física, teatro, manualidades, ciencias sociales. Además, se ha presenciado un gradual recorte de los recreos y el deporte para dedicarle más tiempo a las asignaturas centrales. Esta concepción de la cognición, que la



compartimenta o aísla de otras facetas del niño/a se basa en una concepción no holística del ser. La cognición y la salud cerebral no están separadas del bienestar emocional, social y físico del individuo.

Al terminar el Máster en Educación, me matriculé en un Máster en Neurodidáctica para ahondar en el campo de la neuroeducación. Estoy convencida que es imprescindible para los y las docentes aprender sobre el cerebro y cómo aprende, para poder enseñar mejor. Descubrí que, para mi praxis profesional de docente, fue un gran aporte saber de los mecanismos de la atención, la forma en que el cerebro procesa información, los procesos implicados en la formación de memorias, de los diferentes tipos de memoria, la implicancia de las emociones en el aprendizaje académico, o la relevancia de nuestras relaciones sociales en entornos de aprendizaje.

En particular, dicho interés me llevó a indagar en el vínculo entre la actividad física y el rendimiento cognitivo. Durante mis estudios de Neurodidáctica, enfoqué mi investigación en la temática de la actividad física y fitness y su asociación positiva con el rendimiento cognitivo, resultados académicos, funcionalidad cerebral, rapidez de funcionamiento cerebral, tamaño o volumen de regiones cerebrales. La literatura señalaba que se podía efectuar cambios en la conectividad, estructura y funcionamiento del cerebro con intervenciones de actividad física o cambios en el nivel de *fitness* o condición física.

La actividad física y nivel de fitness impactan sobre el cerebro mediante una variedad de mecanismos. En primer lugar, la actividad física aumenta la vascularización del cerebro, con que se incrementa el volumen de sangre que irriga el cerebro, y con esto se aumentan los niveles de glucosa y oxígeno de que dispone el cerebro como “combustible” para su buen funcionamiento. En segundo lugar, se produce la liberación del factor neurotrófico derivado del cerebro, BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor, en inglés), que “protege” las neuronas (de la traducción de “trófico” del griego). El BDNF fomenta la neurogénesis, sinaptogénesis y dendritogénesis (formación de neuronas, sinapsis y dendritas nuevas) particularmente en el hipocampo, la región cerebral implicado en el aprendizaje y la formación de memorias. En tercer lugar, la actividad física estimula la liberación de neurotransmisores como acetilcolina o dopamina que favorecen la motivación, atención y memoria. En cuarto lugar, la actividad física provoca la activación

de redes atencionales dorsolaterales que fomentan la atención y aprendizaje. Finalmente, en quinto lugar, la actividad física que implica movimientos secuenciales complejos, la atención sostenida y selectiva, la inhibición del impulso o la coordinación con otros jugadores de un equipo, fortalecen los circuitos neuronales asociados con las funciones ejecutivas, las funciones más complejas y sofisticadas del cerebro (Diamond, 2015, p. 2; Kolovelonis et al., 2022, p.11).

Lo anterior resalta la importancia de la neuroplasticidad y nuestra capacidad de incidir en el “esculpido del cerebro” – para parafrasear a Ramón y Cajal. En el trabajo de fin de Máster llevé a cabo una investigación con docentes y estudiantes universitarios para documentar la presencia o ausencia de la actividad física en el aula y también para registrar actitudes de docentes hacía la incorporación de la actividad física en aula universitaria o en la jornada universitaria. El descubrimiento del inesperado vínculo entre la actividad física y fitness y la cognición me cautivó. A través de la literatura, descubrí un campo pujante y dinámico que experimentaba un alza reciente muy significativa en investigaciones originales y metaanálisis que procedían de una variedad de campos que compartían el interés en el vínculo cuerpo-cognición: la neurociencia, la educación, psicología, ciencias de la salud, entre otros. Consecuentemente, me motivó a seguir estudios doctorales con el propósito de realizar una investigación original sobre esta relación.

Inspirada en las numerosas investigaciones que había leído sobre la actividad física y el fitness y su asociación positiva con rendimiento cognitivo, funcionalidad cerebral, volumen cerebral y resultados académicos, decidí enfocar mi investigación en la medición del impacto de la actividad física sobre cognición en estudiantes universitarios mediante una intervención puntual de treinta minutos de actividad física aeróbica (pedaleo en bicicleta estacionaria) y la aplicación de una prueba cognitiva Stroop (que mide la función ejecutiva de la inhibición del impulso) antes y después de la intervención. Además, había identificado que, aunque había una plétora de investigaciones realizados con niños, adolescentes y adultos mayores, existía una laguna en estudios con estudiantes universitarios, sobre todo en contextos de sociedades en vías de desarrollo, como son Chile y la región latinoamericana. Decidí enfocar mi investigación en la asociación entre la actividad física y cognición en esta franja de la población de Chile.

No obstante, el enfoque de mi estudio tuvo que modificarse, por dos razones. En primer lugar, con mi profundización en la lectura de un creciente volumen de trabajos del área, se elucidó una asociación positiva entre actividad física y rendimiento cognitivo mostrada en numerosos estudios. Pero fue a la vez era una asociación compleja, no siempre predecible, y aparentemente, influida por una amplia gama de variables. Aparentemente, la relación lineal y unidireccional de causa y efecto entre actividad y cognición no era tan evidente ni sencilla. Como consecuencia, aumentó el número de metaanálisis que evalúan críticamente los resultados, condiciones, mediciones, parámetros de las investigaciones existentes, con el objetivo de identificar los elementos que contribuyen a la variabilidad de resultados, fomentar el rigor y estandarización y normar los métodos y mediciones para así poder esclarecer la naturaleza de las asociaciones entre la actividad física y la cognición. La literatura sugería que la relación entre actividad física y rendimiento cognitivo era compleja y debía contemplar una gama de variables desde una perspectiva menos reduccionista y más compleja. Esta información fue el inicio de la aproximación a la complejidad de mi investigación.

En segundo lugar, durante la etapa del diseño de la intervención experimental para realizar con estudiantes universitarios en el campus de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) Chile, donde trabajo, para medir el rendimiento cognitivo con la prueba Stroop antes y después de una intervención puntual de actividad física aeróbica, llegó en marzo 2020 la pandemia global de SARS-covid19 y la Universidad ni siquiera abrió presencialmente para el año académico, cerrando sus puertas durante los siguientes dos años. Con esta nueva realidad de clases online y la población confinada a sus casas, estaba obligada a abandonar la idea de una investigación experimental y presencial.

Con el codirector de tesis en Chile, el Doctor Carlos Cristi-Montero, director del laboratorio de cognición y actividad física en la PUCV, tomamos la decisión de adaptar la investigación doctoral. Como parte del grupo de investigación Investigación en Rendimiento Físico y Salud (IRyS), invitada por mi director, yo tenía ahora acceso a una base de datos que había recogido Cristi-Montero y un equipo de investigadores/as, como parte del proyecto de investigación, Cogni-Acción (Solis-Urra et al., 2019). El objetivo de este proyecto es establecer las asociaciones de la actividad física, el sedentarismo y la

aptitud física, con la estructura y la función del cerebro, el desempeño cognitivo y el rendimiento académico en escolares chilenos. La recogida de datos se llevó a cabo entre 2017 y 2019 de un total de 1.296 escolares chilenos entre 10 y 14 años. El resultado fue una base de datos de 789 variables, de 19 colegios públicos, subvencionados y privados chilenos.

El acceso a esta base de datos me brindó la oportunidad de explorar y analizar las asociaciones complejas entre rendimiento cognitivo y un conjunto de variables adicionales que, según la literatura, podrían tener asociaciones de trascendencia. Para esta investigación doctoral las diez variables y sus interrelaciones seleccionadas consisten en: rendimiento cognitivo, actividad física, condición física (*fitness*), dieta saludable, obesidad, calidad de vida, vulnerabilidad escolar, tipo de colegio, calidad del sueño y estrés escolar.

Partiendo de la premisa de la neuroplasticidad – que el entorno y las experiencias vitales moldean el cerebro – esta tesis explora las asociaciones entre el conjunto de variables de escolares adolescentes en Chile para identificar particularmente las relaciones con rendimiento cognitivo. El propósito es de identificar las variables de mayor importancia o ponderación en la red, como también los factores clave en los que se podría intervenir para efectuar cambios en la red, e idealmente en el rendimiento cognitivo, y, por ende, en los resultados académicos y posibilidades de vida de estos adolescentes.

Para alcanzar tal objetivo, se propuso realizar un análisis de redes - un análisis estadístico que mide y describe la naturaleza de las interrelaciones simultáneas entre múltiples variables, indicando la fuerza de las asociaciones entre cada variable, como también el potencial de cada variable para provocar cambios en el balance de fuerzas en el gráfico. Esta decisión metodológica se sustentó en la observación que en la literatura se cuestionaba de forma creciente la simplificación de la relación entre rendimiento cognitivo y otras variables (por ejemplo, la actividad física o la condición física). Las últimas investigaciones muestran una tendencia hacia la realización de análisis más complejos, evaluando tres o más variables mediante análisis de mediación y similar.

Esta investigación se basa en la afirmación que, en un entorno educativo, el rendimiento cognitivo, que se refleja en resultados académicos de los estudiantes, no debe considerarse en el vacío. Específicamente, el rendimiento cognitivo de escolares adolescentes es impactado por una diversidad de factores y viceversa: mediciones de salud cognitiva son un potente predictor del desarrollo y logros en otros ámbitos de la vida. Consecuentemente, este estudio examina las interrelaciones que existen entre cognición y otras variables. A la vez, la literatura sostiene que el sano desarrollo de la cognición en la niñez se asocia con su bienestar futuro como adultos en términos emocionales, sociales, profesionales y materiales. Entonces, sabiendo que la cognición en estudiantes adolescentes está influenciada por variables tales como dieta, sobrepeso y obesidad, condición física, estrés, vulnerabilidad se nos presenta la pregunta: ¿Podemos influir en el entorno de los estudiantes para favorecer un buen rendimiento cognitivo?

La literatura señala que se puede intervenir en estas variables para mejorar el rendimiento cognitivo. En este estudio, realizamos un análisis de redes para visibilizar las complejas relaciones entre el conjunto de las variables: rendimiento cognitivo, dieta saludable, obesidad, calidad de sueño, condición física, actividad física, estrés escolar, calidad de vida, vulnerabilidad escolar y tipo de colegio.

Este tipo de análisis estadístico es relativamente novedoso y está en auge, ya que brinda la posibilidad de examinar las interrelaciones simultáneas de múltiples variables. Se contrasta con otros métodos de análisis estadístico que, aunque ofrecen una perspectiva bien específica del comportamiento y relaciones entre variables, además que brindan una imagen bien precisa de las interrelaciones, están relativamente limitados en el sentido de que contemplan las asociaciones entre un número reducido de variables. Hasta la fecha, la mayoría de los estudios que existen en este campo han sido bivariados y no multivariados: contemplan dos variables (por ejemplo, la relación entre condición física y rendimiento cognitivo o entre dieta y rendimiento cognitivo) y no múltiples variables (Borsboom, 2021) tal como propone esta investigación. La naturaleza del tipo de análisis estadístico que se seleccionó para este estudio, el análisis de redes corresponde a la decisión de examinar las interrelaciones de múltiples variables (las diez nombradas anteriormente) y, además, refleja el reconocimiento de la complejidad del ser humano y del cerebro.

En la línea de los sistemas dinámicos complejos, interactivos y emergentes, en que se interrelacionan simultáneamente múltiples variables entre sí de forma bidireccional, se aplica un análisis de redes que es capaz de conjugar esta complejidad. Este tipo de análisis estadístico mostrará las variables que tienen mayor ponderación en la red, indicará la fuerza de las interconexiones entre el conjunto de las diez variables, si se asocian de forma positiva o negativa, y, además, señalará cuáles son las variables a las que se pueden dirigir intervenciones para afectar el resto de las variables de la red, e incidir en el rendimiento cognitivo. Esta tesis propone que hay intervenciones concretas que se pueden realizar desde una perspectiva holística del estudiante y la cognición, en establecimientos educativos y a nivel de política estatal, que mejorarán el rendimiento cognitivo desde una perspectiva holística y de complejidad.

## Objetivos

### a) Motivaciones

Los objetivos de esta investigación están estrechamente relacionados con las principales motivaciones para emprender una investigación sobre los factores clave relacionados con el rendimiento cognitivo en escolares chilenos. En ese sentido, mi experiencia como docente tanto en Sudáfrica, en España (Cataluña), como en Chile, junto con mis estudios en temas de educación y neuroeducación, me hacían intuir que necesitamos, como docentes, ensanchar la perspectiva sobre los mecanismos del aprendizaje. Incorporando no solamente conocimiento sobre los procesos neurales y cerebrales, sino también una mirada más compleja, más global que contemple variables diversas y variopintas, que poco parecen pertenecer en el campo de la educación. Así se entiende que estudiaremos la importancia de variables que en el campo de la educación son tan poco ortodoxas como son la dieta, la vulnerabilidad socioeconómica, y la condición física. Es decir, el punto de partida de esta investigación ha sido desde un comienzo el reconocimiento de la complejidad del problema y la probabilidad de que existan una diversidad de factores que inciden en el rendimiento cognitivo en el entorno escolar.

En particular, esta tesis se enfocará en el rendimiento cognitivo en lugar de en los resultados académicos. Los datos incorporados al análisis de redes que realizamos provienen de la batería de 9 pruebas neurocognitivas realizadas durante la fase de recolección de data. Sin embargo, se hace referencia a ambos conceptos (rendimiento cognitivo y resultados académicos) a lo largo de la investigación porque existe un importante solapamiento entre los dos. La literatura indica que rendimiento cognitivo es un buen predictor de resultados académicos (Shi y Qu, 2021; Liang, 2020) por un lado. También hay una conceptualización de lo entrelazado que son los dos conceptos, y esa relación se describe como una bidireccionalidad en que rendimiento cognitivo y resultados académicos se influyen, se refuerzan y construyen el uno al otro (Peng y Kievit, 2020).

Esta concepción de la heterodoxa naturaleza de los factores que inciden en el rendimiento cognitivo sugeriría un cambio de paradigma que se refleja desde los mismos objetivos de la investigación. En el campo de la educación ha sido frecuente que el enfoque y las interrogantes se concentren sobre resultados académicos, el conocimiento y el raciocinio. Sin embargo, desde otras disciplinas relacionadas con la educación, ha habido un conjunto de avances que apuntan en dirección a estudios transdisciplinarios. Por ejemplo, desde ciencias de la salud, psicología y pedagogía deportiva, hay abundantes investigaciones y publicaciones (véase la bibliografía) que nos muestran el vínculo entre rendimiento cognitivo y variables periféricas o *outlier* a los enfoques convencionales. Es el caso de la condición física, estudiada por Carlos Cristi-Montero (2021; 2021), que está fuertemente implicada en rendimiento cognitivos y de aprendizaje. O el caso de la vulnerabilidad socioeconómica y su vínculo con el rendimiento cognitivo, y que ha sido analizada en diversos países y contextos socioculturales variados (Ursache-Noble, 2016).

La transdisciplinariedad es buena compañera de la complejidad. En el siglo XXI, a diferencia de épocas anteriores caracterizada por la búsqueda de explicaciones monocausales y de ciencias que actuaban como compartimento estanco, el conocimiento actual se puede caracterizar por ser inestable, cambiante y emergente. Entonces, esta tesis prioriza objetivos que reflejen la relevancia de la complejidad.

Tener objetivos que contemplen lo imprescindible de la complejidad, es un camino ineludible de esta investigación. Los estudios de la complejidad como marco de aproximación al conocimiento emergieron en los campos de la física y matemática para expandirse paulatinamente a los campos de ciencias de la salud y ciencias sociales. Últimamente, la neurociencia utiliza todo lo aprendido con anterioridad por otras disciplinas. El cerebro y sus conexiones neuronales es un ejemplo por excelencia de un sistema dinámico, complejo, interactivo y emergente. Entonces, investigar sobre el rendimiento cognitivo sugiere una aproximación compleja. La complejidad es una mirada sistémica en que los elementos de un sistema interactúan de forma constante y multidireccional entre sí. Sus interacciones son dinámicas y emergentes: producen algo nuevo, impredecible y mayor que la suma de las partes. En síntesis, cuando hablamos de la complejidad, decimos con Fonseca-Pedrero:



“La conducta humana se ajusta mal a lo lineal, a lo estático y a lo unicausal. El comportamiento humano y sus diferentes expresiones como pueden ser la salud mental y el bienestar emocional, reclaman de modelos más sofisticados que consideren su enorme complejidad y diversidad, así como una perspectiva contextual, dinámica, personalizada y multicausal” (Fonseca-Pedrero, 2020, p.20)

Contemplar el aprendizaje desde el prisma de la complejidad es novedoso. Los precedentes, podríamos decir, se encuentran en el reconocimiento de la multicausalidad del proceso de aprendizaje, por ejemplo, en el trabajo del profesor e investigador John Hattie (2009). En su estudio pionero, que se basa en la importancia de la multicausalidad y la naturaleza dinámica y contextual del aprendizaje, Hattie tuvo el atrevimiento de recopilar datos de más de 800 metaanálisis en la búsqueda de las variables clave para el aprendizaje visible.

A esta primera motivación de ensanchar la mirada a variables *outliers* que inciden en el rendimiento cognitivo, junto con una perspectiva desde la neurociencia, se unió mi motivación para buscar modelos explicativos complejos y la herramienta metodológica para realizar un análisis de las diez variables. Este último se concretó en la herramienta de análisis de redes.

De esta manera, esta tesis propone contribuir al conocimiento teórico que informa la praxis en contextos educativos, pero además aspira a contribuir a cambios en la realidad de la educación en Chile.

## **b) La importancia del tema**

En la definición de los objetivos de esta investigación también fue relevante la importancia que le atribuyo al tema. El desarrollo óptimo del niño y la niña y de su cerebro es influenciado por factores de contexto como también de genética. El potencial de una sociedad reside en sus niños y niñas. Ellos son el potencial para la innovación, el progreso, el mejoramiento. La literatura señala que niños y niñas con mejor rendimiento

cognitivo tienden a desarrollar vidas más sanas, prósperas, equilibradas y felices en lo familiar y laboral. A la vez, los estudios indican que niños y niñas que tienen una dieta saludable, menor sedentarismo, mejor estado físico, o menos vulnerabilidad socioeconómica, muestran mejor rendimiento cognitivo. Lógicamente, niños y niñas que se crían en entornos con niveles altos de estrés, desnutrición, vulnerabilidad socioeconómica, o sedentarismo - todos de los cuales impactan la salud cerebral y rendimiento cognitivo -. Parten con una desventaja y muestran el rendimiento cognitivo mermado, y a la vez tienen menor potencial de contribuir a la sociedad y afrontar los desafíos del futuro, sino todo lo contrario. Desde esta perspectiva, propongo que la temática de los factores que inciden en rendimiento cognitivo es de importancia trascendental, no solo para los resultados académicos, sino para el bien de la sociedad humana futura.

Conocer cuáles son los factores clave del rendimiento cognitivo en escolares chilenos, que a la vez influyen en los procesos de aprendizaje, importa en el escenario global de un creciente mirada sistémica y compleja. El reconocimiento por parte de instituciones internacionales de la interrelación entre factores contextuales y el éxito académico, del vínculo entre salud físico, psicosocial y el desarrollo y rendimiento cognitivo, es una evidencia de la importancia estudiar el tema.

Hay rasgos de la sociedad humana del siglo XXI que inciden en el desarrollo y rendimiento cognitivo tales como el sedentarismo, la obesidad, el estrés o una dieta alta en alimentos procesados, azúcares y grasas saturadas y grasas trans. A la vez, las exigencias de este siglo en cuanto a innovación y creatividad requieren de individuos con las capacidades cognitivas a la altura de poder proponer soluciones originales a problemas y desafíos inéditos, como son el cambio climático o las pandemias virales. Si logramos identificar las variables clave en esta interacción compleja, podemos empezar a analizar rutas apropiadas de intervención para incidir en esa asociación e impulsar una interacción favorable para el rendimiento cognitivo.

Conocer estos factores clave para el rendimiento cognitivo importa también en el contexto local de Chile. Desde el punto de la idea que tenemos de la educación escolar en una sociedad con altísimos niveles de desigualdad y que ha intentado en las últimas décadas

reformas con resultados insatisfactorios. Desde la implementación de un modelo económico neoliberal en la década de 1980 (en un contexto de dictadura militar), la educación se enfrentó como un área de despliegue de los intereses de empresas privadas con ánimo de lucro. Un estado subsidiario, que explícitamente renunciaba a la responsabilidad de educar a todos por igual, hace muy interesante ser estudiado con ideas más cercanas a la ciencia que a la dinámica política contingente. De ahí la importancia específica de estudiar el caso chileno.

Detalladas estas motivaciones y la relevancia del tema, a continuación, explico los objetivos de esta investigación, el objetivo general y los objetivos específicos. Estos objetivos se orientan a contribuir a la construcción del conocimiento en una zona periférica y transdisciplinar que aún se mantiene poco explorada.

### **c) El objetivo general**

*Explorar la naturaleza de las interrelaciones entre las 10 variables seleccionadas, con hincapié en sus vínculos con el rendimiento cognitivo en escolares adolescentes chilenos.*

Desde la premisa que hay múltiples factores que inciden en el rendimiento cognitivo y en el proceso de aprendizaje en el contexto escolar chileno, esta tesis propone identificar 10 variables de características del entorno, características fisiológicas, de estilo de vida. Se seleccionan porque ya existe evidencia de su relación de relevancia con el rendimiento cognitivo en alumnos. En este estudio, proponemos examinar la interrelación de estas 9 variables entre sí, más la décima variable del rendimiento cognitivo. Nos interesa examinar y desglosar las múltiples interacciones entre todas ellas, para poder identificar las de mayor relevancia, y de entender las interacciones y asociaciones entre pares o grupos de variables. El objetivo es entender mejor cómo se comporta esta red de asociaciones, con particular hincapié en la variable de rendimiento cognitivo. Si el aprendizaje y el rendimiento cognitivo no lo podemos comprender bien desde una perspectiva simple, porque inciden muchos factores, esta propuesta trata de tener una mirada compleja al proceso de aprendizaje y el rendimiento cognitivo.

Vale la pena insistir en que este estudio forma parte de una tendencia general de medir y valorar los vínculos entre variables como obesidad, vulnerabilidad socioeconómica, sedentarismo y dieta y factores como resultados académicos, rendimiento cognitivo, o funciones y estructura y funciones cerebrales. Gran parte de las investigaciones que alimentan estas iniciativas se realizaron en países ricos y desarrollados, con niveles de vida y problemáticas bien distintas a los de los países en vías de desarrollo, y particularmente a Chile. Estudiar el caso chileno es interesante, entonces, por tratarse de un país en vías de desarrollo, con índices bastante altos de desigualdad, y además integrante de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Hay un creciente banco de estudios y conocimiento que está siendo construido de parte de los equipos de investigación de las universidades chilenas, como también organismos públicos y esta tesis aspira a poder aportar a este repositorio de saberes.

Quisiera, además, resaltar la relevancia de esta investigación por la franja etaria que estudia. Estudiamos niños, niñas y adolescentes entre las edades de 10 y 14 años, que son escolares mayoritariamente todavía cursando su educación básica obligatoria. En términos de desarrollo estructural y funcional del cerebro, en términos de la neuroplasticidad, y el establecimiento de patrones y pautas de vida, es una franja de edad clave.

#### **d) Los objetivos específicos**

- (i) *Realizar un análisis de redes sobre diez variables de salud física y psicosocial de 1.296 estudiantes adolescentes chilenos, obtenidas de la base de datos del proyecto Cogni-Acción. Las diez variables que serán analizadas estadísticamente son: a) rendimiento cognitivo, b) condición física, c) actividad física, d) calidad de vida asociada a la salud, e) calidad de sueño, f) estrés escolar, g) dieta saludable, h) obesidad, i) tipo de escuela y j) vulnerabilidad escolar.*

A partir del reconocimiento de la complejidad del ser humano y el cerebro, planteamos en esta investigación emplear para el análisis de las relaciones entre las 10 variables la herramienta estadística de análisis de redes. Se trata de una herramienta de análisis estadístico capaz de procesar datos desde una perspectiva de modelos de sistemas complejos. En las últimas décadas la aplicación del análisis de redes se ha extendido a campos como los de la psicología, la sociología y la neurociencia. No se puede descartar que en el futuro esta tendencia se imponga en otros campos de la investigación.

En este estudio, los resultados se visualizan en una representación gráfica del análisis de redes. Éste es un análisis multifactorial, una aproximación metodológica que permite estudiar, entender y representar múltiples variables y las interacciones dinámicas entre ellas. Las variables se influyen mutuamente unas a otras. En suma, es ver un conjunto de variables como un sistema complejo dinámico (Fonseca, 2017). La red es una representación gráfica de un conjunto de nodos y aristas. Los nodos o esferas representan los factores o variables del estudio y las aristas o líneas que les interconectan representan las conexiones entre los nodos.

- (ii) *Identificar la naturaleza (positiva o negativa) y la magnitud de las interconexiones entre las 10 variables. Identificar las variables de mayor fuerza en la red e identificar cuáles son las variables sobre las que se puede intervenir para cambiar el balance de fuerzas en la red y así incidir de forma positiva sobre el rendimiento cognitivo.*

Este objetivo es la materialización de la aproximación que hasta aquí hemos llamado complejidad. La complejidad implica contemplar el mundo y el conocimiento desde una perspectiva de los sistemas complejos. Se trata de una mirada sistémica, donde ningún elemento queda aislado. Un sistema complejo es un conjunto de diversas partes altamente interconectadas y capaces de adaptarse, y que juntos cumplen una función colectiva, tales como lo hacen un ecosistema o el cerebro humano. Los sistemas complejos se caracterizan por la no-linealidad, la hiper interconectividad y la adaptación y evolución. También se caracterizan

por la incertidumbre: debido al complejo conjunto de interacciones y adaptaciones dentro de los sistemas complejos, es casi imposible predecir con certeza el estado futuro de un sistema complejo. El input de interacciones no corresponde al output en un sistema complejo. En las palabras de Aronson:

“La complejidad convoca a enlazar y articular la evidente dispersión del conocimiento, con el propósito de aumentar y mejorar la comprensión del mundo natural y social. Para ello, es preciso superar las fronteras disciplinares, realizar una lectura oblicua (no-lineal) de la realidad y articularla con la lógica de la complejidad y la necesidad de expresar cómo se atraviesan las múltiples dimensiones del conocimiento” (Aronson, 2013 en Becerra, 2020).

- (iii) *Recomendar algunas intervenciones que podrían impactar en el estudiante individual y podrían mejorar el entorno educativo, incidiendo de este modo en el rendimiento cognitivo de los/las escolares.*

En el apartado de motivaciones expliqué cuánto importa incidir en la mejora de la educación a través de conocer mejor el mosaico de variables relacionadas con el rendimiento cognitivo. Es crucial aquí resaltar la importancia de la neuroplasticidad, esa característica del cerebro que le permite adaptarse y cambiarse a lo largo de la vida – especialmente en la etapa de la infancia, niñez y adolescencia -. Si el entorno del niño y la niña, o características personales que se moldean según el hogar, la familia y experiencias tempranas, influyen en el cerebro y en el rendimiento cognitivo (y por extensión, en los resultados académicos), la propuesta que esta tesis pone sobre la mesa es que podemos, entonces, proponer intervenciones en entorno, en las experiencias del niño y la niña para incidir en la plasticidad neuronal y potenciar un desarrollo favorable al rendimiento cognitivo.

Lo que propone esta tesis es identificar una serie de intervenciones que se podría realizar con vistas a una mejora en el rendimiento cognitivo de los alumnos adolescentes chilenos. La aspiración con esta propuesta es que esta tesis contribuya al conocimiento usable, que contribuya a la sociedad chilena, a las

vidas de los y las escolares adolescentes. Y que no se quede en el desarrollo del conocimiento teórico.

## **Preguntas de investigación e Hipótesis:**

### **Pregunta 1:**

¿En escolares adolescentes de Chile, cómo se vinculan, a través de un análisis de redes, el rendimiento cognitivo y las variables de dieta saludable, obesidad, calidad de sueño, condición física, actividad física, estrés escolar, calidad de vida, vulnerabilidad escolar y tipo de colegio?

### **Pregunta 2:**

¿Qué factores exhiben mayor fuerza en esta relación y en qué factores se pueden intervenir para cambiar el balance de fuerzas?

### **Hipótesis 1:**

Un análisis de redes aplicada a las diez variables de rendimiento cognitivo, dieta saludable, obesidad, calidad de sueño, condición física, actividad física, estrés escolar, calidad de vida, vulnerabilidad escolar y tipo de colegio permitirá saber de la naturaleza de las asociaciones entre estas, si son positivas o negativas, y la magnitud de las asociaciones.

### **Hipótesis 2:**

Mediante el análisis de redes se identificará la variable de mayor fuerza y las variables que tienen el potencial de cambiar el balance de fuerzas en la red.





# **CAPÍTULO 1**

## **El marco teórico**

## 1.1. Los campos de conocimiento contextuales

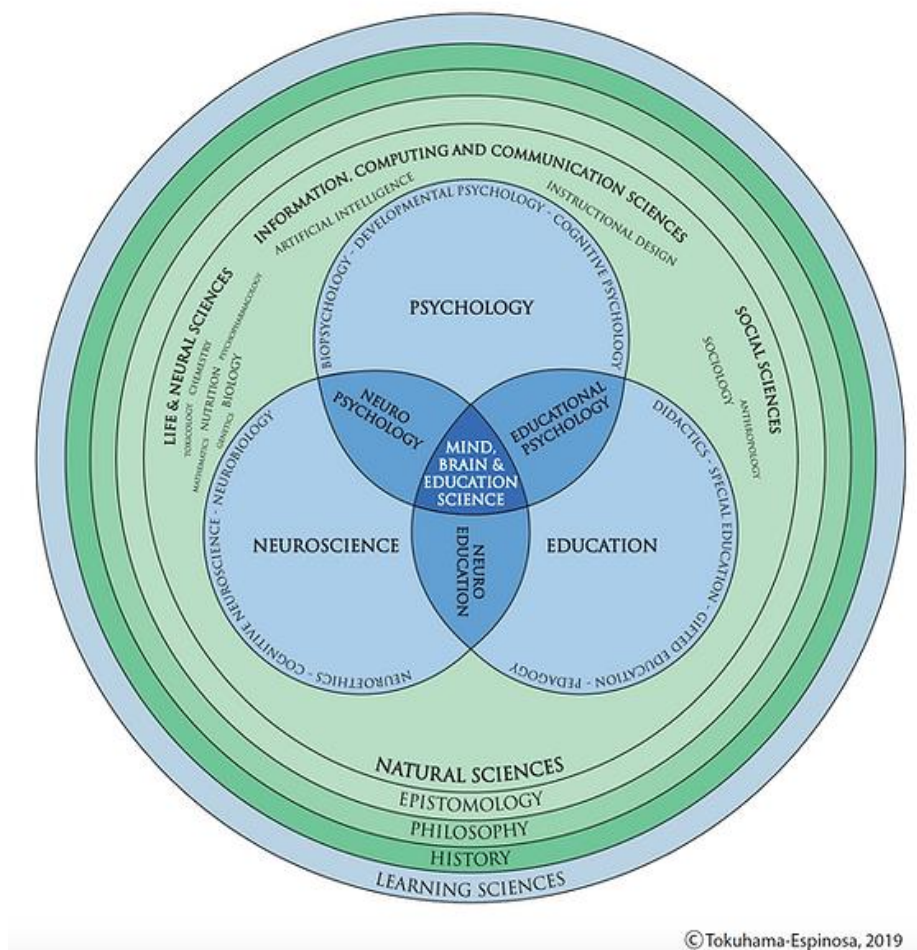
### 1.1.1. La neuroeducación

Esta tesis se sitúa en el campo de la neuroeducación, un campo híbrido y relativamente nuevo que ha surgido en las últimas décadas fruto de la interacción y el acercamiento entre la neurociencia, pedagogía, psicología, sociología, y medicina (Bueno y Forés, 2021, p. 15). Tokuhama-Espinosa (2017) plasma este encuentro o solapamiento entre campos de conocimiento en una representación gráfica, donde posiciona la neuroeducación como la confluencia de la educación y neurociencia, mientras distingue también el campo de la ciencia de Cerebro, Mente y Educación (CME), producto del encuentro entre la neurociencia, psicología y la educación (ver Figura 1). El neurocientífico Jaime Lavados describe el propósito de su libro *El cerebro y la educación. Neurobiología del aprendizaje*, como una exploración de la manera en que los conocimientos neurobiológicos del aprendizaje y el cerebro “pueden proporcionar orientaciones más eficaces a los sistemas educativos y a las estrategias pedagógicas” (Lavados, 2012, p. 13).

Si nos remontamos a los orígenes de la neuroeducación, Friedrich y Preiss son conocidos como los “fundadores” del concepto de la neurodidáctica ya en 1988. Proponen que los y las docentes, que por su profesión trabajan con procesos cerebrales como es el aprendizaje, deben tener conocimientos base sobre los procesos neurobiológicos del aprendizaje para poder potenciar esos procesos en el aula (Friedrich y Preiss, 2003). Ellos abrieron paso en un campo novedoso, que cobraba importancia décadas después, creciendo y difundiéndose hasta llegar a los niveles de popularidad que presenciamos hoy en día.

Originalmente, John Bruer (1997) en su artículo “Cerebro y educación, un puente demasiado lejos” expresaba su escepticismo sobre el futuro de este campo, justo por la vasta distancia que hay entre la sala de clase y el laboratorio neurocientífico, la complejidad de los conceptos y la nomenclatura de cada campo de conocimiento. Él proponía que la neuroeducación necesitase el apoyo de un campo como la psicología cognitiva que hiciera de puente con la neurociencia.

**Figura 1:** Ciencia del cerebro, le mente y la educación (CME).



Fuente: Tokuhama-Espinosa (Betts et al., 2019)

Esta tesis se enmarca en este campo joven, híbrido y emergente, que tiene distintos nombres – como la neuroeducación, la neurodidáctica, la neurociencia aplicada a la educación, entre otros - pero en su esencia es la confluencia de los saberes de la pedagogía, las neurociencias y la psicología. (El término en plural, las neurociencias, se emplea en reconocimiento de las diferentes ciencias dentro de la neurociencia: la neurobiología, la neurofisiología, etc. En esta tesis, se emplea el término en singular.)

Siendo la neuroeducación un campo de conocimiento relativamente nuevo, y dada además la enorme complejidad de ese órgano predilecto, el cerebro y sus mil millones de neuronas (la cifra es una aproximación), y el vertiginoso avance de las investigaciones y los cambios respecto a los conocimientos, no es infrecuente que las bases del conocimiento se editen, se corrijan, se reajusten a medida que se vayan actualizando y

precisando los descubrimientos que hace la comunidad científica. Lo que se había tomado como un hecho establecido debe ceder cuando aparece evidencia que pone en duda su veracidad. Y con esta realidad, viene también la necesidad de una actitud cautelosa, de enorme respeto frente al objeto complejo de nuestro interés e investigación: el cerebro. Entonces, debemos teñir de cautela nuestro entusiasmo por desvelar conexiones, explicaciones, o por saltar a conclusiones precipitadamente. El rigor científico es un compañero de viaje crucial para adentrarnos en este campo de la neurociencia aplicada a la educación.

De igual forma, merece mencionar que la neurociencia ha cautivado la atención del mundo. Está en boga y se ha presenciado en las últimas décadas, una proliferación de investigaciones, libros, cursos de estudio y congresos. También la neurociencia aplicada como parte de divulgación de la ciencia ha crecido con un aparente sin-fin de filiales o subcampos, con su gran atractivo de la promesa de poder abordar los desafíos o entender distintos problemas, armados con el conocimiento de cómo funciona el cerebro. Lo “neuro” se ha vuelto “pop”: tenemos hoy la neurofilosofía, el neuromarketing, la neuroética, neurocoaching, entre muchos otros.

Desafortunadamente, esta explosión de popularidad ha conllevado distorsiones y malinterpretaciones. En 1997, John Bruer escribió un artículo en que expresó su preocupación por la distancia aparentemente infrangible entre el laboratorio de neurociencia y la sala de clase. Efectivamente, hay un gran trecho entre los dos campos de conocimiento y la transferencia de conocimientos y conceptos no es sencilla, como afirma Facundo Manes (2017). Aunque sigue siendo relevante la preocupación de Bruer, actualmente hay numerosos expertos con formación tanto en el ámbito de la neurociencia como en educación – tales como Tracey Tokuhama-Espinosa, Francisco Mora, Ignacio Morgado, Amanda Céspedes, Paul Howard-Jones, Judy Willis, entre otros. Estos expertos han jugado el rol valioso de guiar el acercamiento entre estos campos tan alejados, forjando el área de la neuroeducación y contribuyendo al rigor de este campo.

Bruer también advirtió sobre la propagación de creencias equivocadas sobre el cerebro, los “neuromitos”, que pueden llevar a la praxis docente potencialmente perjudicial para el aprendizaje (Bruer, 1997). Desde esa primera referencia a los neuromitos, se ha hecho

eco de la preocupación de Bruer en numerosos trabajos en el campo de la neuroeducación (Goswami, 2006; Forés et al., 2015; Betts et al., 2019). Los neuromitos son creencias erróneas basadas en información parcial, atajos, o en una interpretación equivocada de información sobre el cerebro que influyen en el actuar de los y las docentes en el aula. Algunos de los neuromitos más extendidos son, por ejemplo, que solo usamos el 10% de nuestro cerebro. Gamo y Trinidad (2015, p. 114) afirman cómo mediante tecnologías como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional (RMf) tenemos acceso a imágenes en vivo de la actividad cerebral, se ha demostrado que utilizamos el cien por cien del cerebro.

Otro neuromito es que a las personas se les pueden clasificar como de cerebro izquierdo (personas prácticas y racionales), que se elaboró erróneamente en base a la diferenciación de algunas funciones cerebrales en distintos hemisferios. Se extrapoló a que personas con el cerebro izquierdo dominante (razonamiento, cálculo, lenguaje) o cerebro derecho (dibujo, imaginación, creatividad), que ignora que los dos hemisferios funcionan de forma completamente interrelacionada (Mora, 2017, p. 153).

Existe aún también el mito de la gimnasia cerebral, Brain-Gym®, desarrollado por los psicólogos Paul y Gail Dennison en los años setenta, que consiste en una serie de ejercicios y posturas físicas diseñadas para estimular ciertos puntos del cerebro, gatillando diferentes funciones cognitivas y así fomentando el aprendizaje o diferentes capacidades cerebrales (Cohen y Goldsmith, 2000). No existe ningún estudio científico que corrobore los fundamentos teóricos ni la práctica del Brain Gym®. Sin embargo, los libros, videos, cursos, etc. de la gimnasia cerebral siguen acaparando ventas online exitosas hasta el día de hoy.

Los neuromitos son una realidad y aún hoy en día persisten entre docentes (Howard-Jones, 2014; Betts et al., 2019), pero a la vez, el perfil que se ha dado a la exposición de los neuromitos ha provocado una autocrítica de parte de docentes y un esfuerzo significativo de desmontar estos mitos, y divulgar su corrección, así contribuyendo al mejoramiento de la calidad de los conocimientos, tal como es la contribución de docentes del campo de la neuroeducación como Anna Forés, José Ramón Gamo, Carme Trinidad,

Jesús Guillén y Marta Ligoiz en el libro *Neuromitos en Educación. El aprendizaje desde la neurociencia* (Forés et al., 2015).

Por otra parte, la trayectoria de la investigación neurocientífica ha visto un salto de calidad espectacular en el desarrollo de nuevas tecnologías que ha significado el desarrollo de técnicas de visualización de actividad cerebral no invasivas y con cerebros sanos. Merece recordar que inicialmente, los estudios del cerebro tenían lugar solamente en laboratorios con animales, y en hospitales con humanos durante cirugías asociadas a patologías o accidentes, o en la morgue. Hoy existen tecnologías no invasivas como la resonancia magnética funcional (RMf), tomografía computarizada (CT), tomografía por emisión de positrones (PET), electroencefalografía (EEG) y magnetoencefalografía (MEG) que permiten un trabajo con sujetos sanos, y algunos incluso en una variedad de contextos. Actualmente, algunos de los experimentos neurocientíficos se pueden realizar fuera del laboratorio. Se permite el estudio de la actividad cerebral in situ, en la sala de clase, en situaciones relativamente habituales de la vida cotidiana.

La neurociencia aplicada a la educación ha contribuido de manera valiosa para facilitar la comprensión de procesos cognitivos clave para la enseñanza y aprendizaje de parte del profesorado. Para los y las expertos de la educación, saber del cerebro, el órgano donde tiene lugar el aprendizaje es vital. La neurocientífica Lesley Hart propuso hace décadas que “enseñar sin saber del cerebro es como diseñar un guante sin conocer la mano” (Hart, 1975). La investigación neurocientífica ha acercado al profesorado conocimientos sobre procesos como la motivación, la atención, la memoria, las funciones ejecutivas, la toma de decisiones, el lenguaje y la emoción, que son elementos esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por otra parte, la neurociencia ha hecho una importante contribución con investigaciones sobre la diversidad neurológica, la “neurodiversidad”, esclareciendo información sobre los trastornos del espectro autista (TEA), trastornos de déficit de atención (e hiperactividad) (TDA+H), dislexia, entre otros, que permite al profesorado y especialistas ajustar su actuar para ser más efectivo (Manes, 2017; Jensen, 2005).

Quisiera destacar algunas de las contribuciones centrales de la neurociencia a la educación, desde mi perspectiva. En primer lugar, es la afirmación de que todo está

interconectado. El aprendizaje académico no se puede divorciar del entorno afectivo del estudiante. Si en el aula o en la casa, un niño o niña experimenta altos niveles de estrés, va a perjudicar su funcionamiento cerebral y su capacidad de aprendizaje (Willis, 2009; Jensen, 2005).

Emociones y aprendizaje académico están entrelazados – tal como explican Immordino-Yang y Damasio (2007) en Marta Ligoiz (2015), explora en su artículo “La educación, una cuestión muy seria. Una mirada hacia la dopamina” la importante relación entre los distintos neurotransmisores y las emociones en el aprendizaje. Afirma que: “Las emociones son esenciales, son el «pegamento» del aprendizaje, el cemento de nuestros recuerdos; los consolidan” (Ligoiz, 2015, p. 95). La autora explica que los neurotransmisores como dopamina y serotonina se asocian a la motivación, la recompensa, el buen ánimo, la empatía y la colaboración y promueven el aprendizaje. En contraste, las emociones negativas como el estrés y el miedo gatillan la liberación de adrenalina y cortisol que estimulan las amígdalas del cerebro, dificultando el aprendizaje. Se sabe, además, que el estrés crónico - la constante exposición a cortisol - afecta el hipocampo: primero destruye las conexiones neuronales, y después las mismas neuronas (Ligoiz, 2015, p. 94).

La neurociencia también señala que la actividad física y la condición física (*fitness*) de los individuos influyen en la función cerebral y capacidad de aprendizaje (Chaddock et al., 2010 y 2011; Castelli et al., 2014). En su artículo, “Beneficios cognitivos de la actividad física: bueno para el corazón, bueno para el cerebro”, docente e investigador en neuroeducación, Jesús Guillén destaca que la evidencia sugiere que “el ejercicio regular es capaz de modificar el entorno químico y neuronal mejorando el funcionamiento cerebral y favoreciendo el aprendizaje” (Guillén, 2018, p. 49). De similar forma, Doherty y Forés hacen hincapié en el conjunto de estudios neurocientíficos que avalan el vínculo favorable entre actividad física, condición física y función cerebral y rendimiento cognitivo y académico (Doherty y Forés, 2019, p. 2). Adele Diamond, desde la neurociencia, subraya la importancia de dirigirse al niño/la niña como un ser integral, no como un cerebro. Lo físico, social y afectivo impactan sobre su aprendizaje (Diamond, 2010).



La corteza prefrontal, donde se entrelazan redes de las funciones más sofisticadas del cerebro, las funciones ejecutivas, esenciales para el aprendizaje, es altamente susceptible al estrés, señala Diamond (Diamond, 2010, p. 783; Cacioppo y Patrick, 2008). El aislamiento social, el *bullying* y el estrés perjudican el aprendizaje, dejan su huella en los circuitos neuronales: esculpen el cerebro. Efectivamente, como afirma Francisco Mora, neurobiólogo y autor de *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama.*: “Un medio ambiente estable, estimulante y protector construye en el cerebro infantil los pilares sólidos para una enseñanza efectiva”. “Por el contrario, un medio ambiente adverso, castigador y estresante influye en, y de hecho impide, el normal desarrollo de los circuitos cerebrales que permiten ese aprendizaje normal” (Mora, 2017, p. 58).

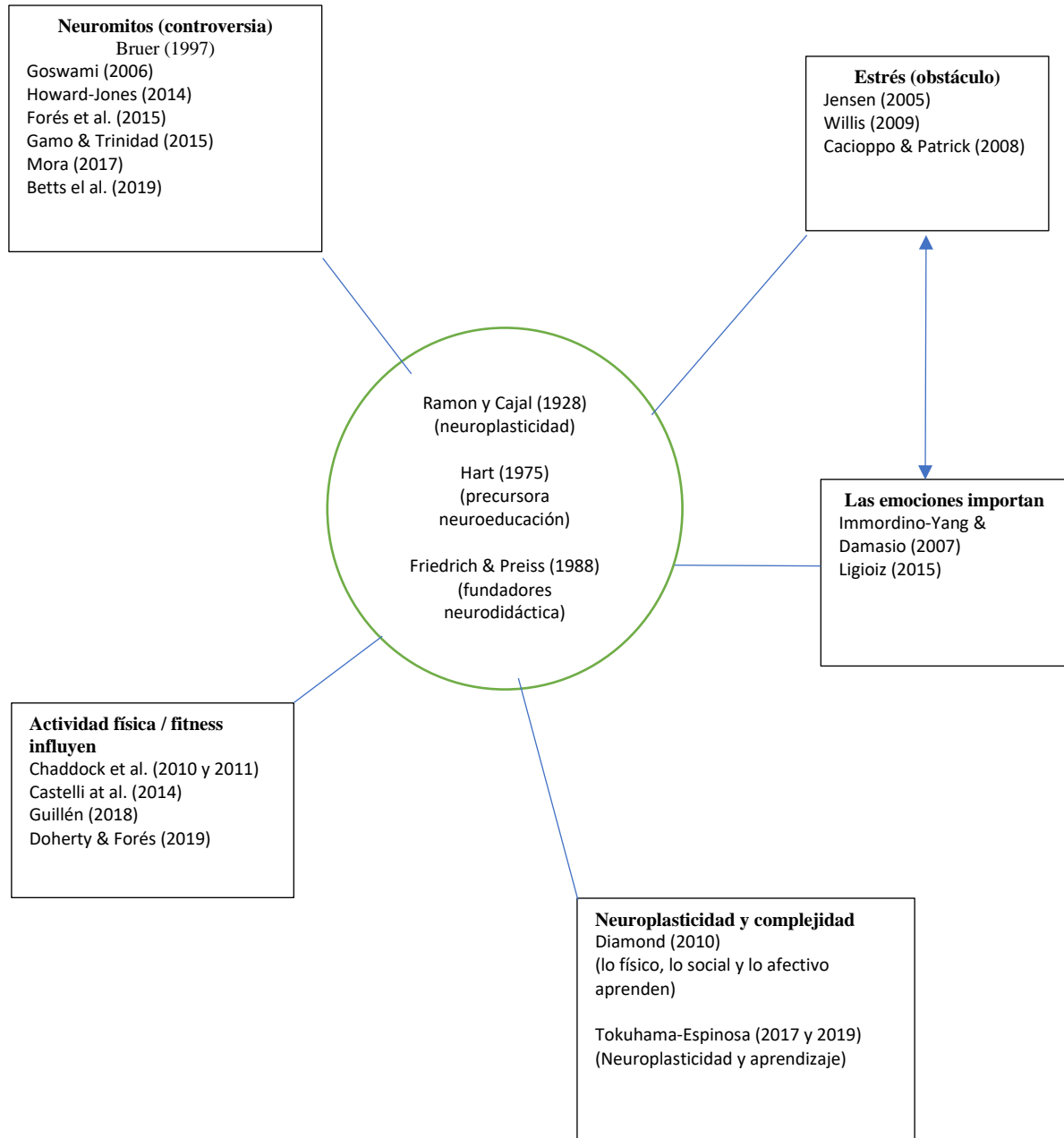
Otros factores del entorno que inciden en el desarrollo cerebral y el aprendizaje son el tipo de dieta, la pobreza o vulnerabilidad, el nivel de sedentarismo versus vida activa. Lo que aporta la neurociencia es la afirmación que el cerebro se tiene que considerar en el contexto único del individuo y de su entorno. Cada cerebro es esculpido por sus vivencias, en un proceso de neuroplasticidad que dura a lo largo de la vida (Tokuhama-Espinosa, 2020).

**Figura 2:** La neuroeducación. Autores citados

•

## La Neuroeducación

De una idea simple a una compleja



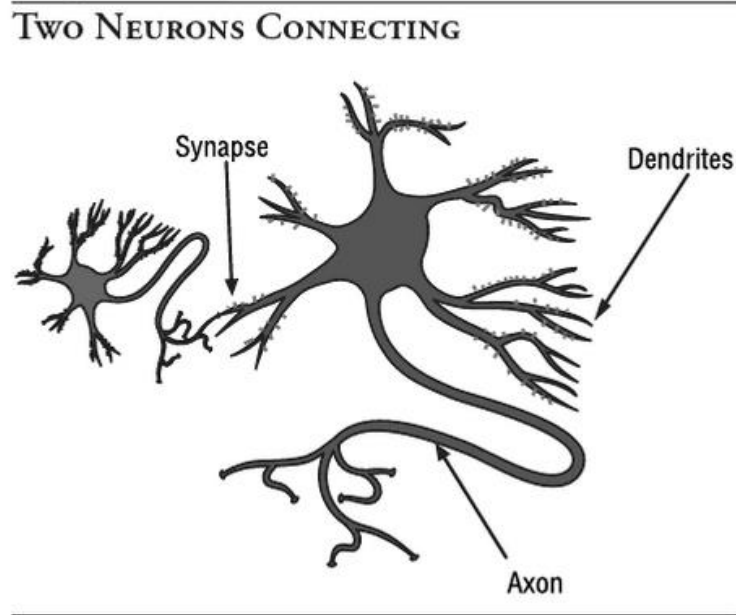
### **1.1.2. La neuroplasticidad**

Los avances tecnológicos mencionados arriba además han permitido observar y documentar el comportamiento de las redes neuronales, que constituye la base de la neuroplasticidad y del aprendizaje. La neuroplasticidad es una idea clave en esta tesis y vamos a ahondar en su significado. El concepto de la neuroplasticidad fue descubierto y explicado por primera vez por el médico, citólogo e investigador neurocientífico, Santiago Ramón y Cajal, conocido por algunos como el padre de la neurociencia. ¿Qué significa exactamente? Pues, hasta hace relativamente poco, los 1980s, se creía que el cerebro era un órgano fijo, estático. Se creía que uno nació con un “tipo” de cerebro y esto determinaba tu trayectoria en la vida: la naturaleza pesaba más que el entorno.

Pero hace un poco más de 100 años, este científico hizo un descubrimiento que señaló que nuestro cerebro es maleable, dinámico; que cambia y se cambia a sí mismo en cuanto a su estructura y funcionalidad. Ramón y Cajal, en Barcelona del siglo XIX, descubrió la individualidad de las neuronas, que las neuronas no se conectan físicamente para formar una red neuronal continua (la creencia del momento), sino que, para transmitir un impulso, la señal eléctrica nerviosa tiene que traspasar el espacio (la sinapsis) entre neuronas mediante la liberación de unas sustancias químicas, los neurotransmisores (ver figura 2). El tipo de neurona y neurotransmisor (acetilcolina, dopamina, serotonina, norepinefrina, por ejemplo) varían según la asociación emocional que conlleva la experiencia, y esto afecta la naturaleza física de la conexión en la sinapsis, ya que se forman receptores específicos en la dendrita receptor para cada neurotransmisor diferente.

Así que, los circuitos neurales no son fijos, sino que se forjan con la repetición de un impulso y podemos cultivar un circuito u otro según el tipo de estímulo o experiencia. Con la repetición de un camino o circuito neural, se fortalece y se hace más eficiente, más fluida esa conexión entre neuronas, en un proceso llamado “la potenciación a largo plazo”. A raíz de este descubrimiento, Ramón y Cajal declaró que “todos podemos ser arquitectos de nuestro propio cerebro” (1928). Efectivamente, el apasionado investigador y médico español había desvelado un concepto que iba a revolucionar el conocimiento neurocientífico: la neuroplasticidad.

**Figura 3:** La conexión entre dos neuronas



Fuente: Jensen, 2005, p. 17.

La neuroplasticidad es fundamental para entender el cerebro, su dinamismo y el mecanismo del aprendizaje. Es la capacidad del cerebro de forjar nuevas conexiones neuronales y de reorganizar las conexiones que conforman un circuito. Esto ocurre gracias a procesos como la neurogénesis (crecimiento de nuevas neuronas) y sinaptogénesis (crecimiento de nuevas conexiones entre neuronas). En los primeros años de vida tenemos altos niveles de neuroplasticidad y el cerebro forja innumerables circuitos a base de las experiencias, del impacto del entorno. Y luego vienen épocas de “poda” neuronal, en que los circuitos neuronales que no se han activado o estimulado, se eliminan. Como mencionamos arriba, con la repetición de comportamientos o estímulos, estos circuitos neuronales se “graban” o se establecen mediante un proceso llamado la potenciación a largo plazo en que se forma una vaina aislante de mielina alrededor de la neurona para favorecer la rápida transmisión del impulso y potenciar en circuito en sí. Conocido como el principio Hebbiano (Hebb, 1949), se puede parafrasear como “las neuronas que disparan juntas cablean juntas”. De esta forma la repetición de la “huella” de un circuito forja cambios estructurales cerebrales. Y según las experiencias del entorno, o los estímulos que recibe el cerebro, la naturaleza de estos circuitos varía.

El aprendizaje es cambio. Es el cambio de una conducta, mediante cambios en la estructura y funcionamiento del cerebro. La novedad implica la activación de nuevas conexiones neuronales o la modificación de redes existentes. Estas redes neuronales y los cambios que experimentan pueden ser mapeados, evidenciando las áreas cerebrales de mayor activación neural (Galván, 2010). Evidentemente, madres y padres como también profesores tienen un rol primordial en la determinación del tipo de entorno y los estímulos al que está expuesto un niño/a. Como expresó con elocuencia el neurocientífico y docente Paul Howard-Jones, los docentes son los únicos profesionales encargados de cambiar el cerebro en su conectividad y estructura cotidianamente. Esto se entiende desde el prisma de la neuroplasticidad: nosotros docentes, con nuestra metodología, técnicas y dinámicas de enseñanza, el contenido que presentamos, nuestra interacción con el alumnado, estamos influyendo en el tipo de conexiones que se forjan en sus cerebros.

El neurobiólogo, Francisco Mora describe este proceso de neuroplasticidad con su afirmación que aprender es cambiar el cerebro en su física, química, conectividad y estructura. (Mora, 2017). El cambio neuroplástico ocurre debido a nuestro entorno y nuestra interacción con el mismo. Además, nuestros pensamientos y emociones pueden también incidir en estos cambios. Merece destacar la importancia de esta afirmación para mi tesis: que las condiciones del entorno, y las experiencias de vida (experiencias físicas y afectivas) impactan sobre el cerebro y se reflejan en la neuroplasticidad, en el tipo de esculpido que ocurre en cada cerebro único que se moldea fruto de las experiencias, emociones y pensamientos.

Es también una de las conclusiones centrales del proyecto de la OCDE resumido por Tokuhama-Espinosa (2020, p. 65). Si consideramos al adolescente escolar (entre 10 y 14 años) que está en pleno desarrollo cerebral, nos damos cuenta del papel importantísimo que tiene el entorno en su desarrollo cerebral y en procesos cognitivos requeridos en el aprendizaje. Forjar cerebros sanos y potentes en el entorno educativo está al alcance de las familias, instituciones educativas y de las autoridades. Y la neuroplasticidad es un hecho que acompaña en la vida más allá de la etapa de desarrollo cerebral.

En este sentido, el trabajo de la psicóloga Carol Dweck en la Universidad de Stanford y su desarrollo del concepto de mentalidad de crecimiento y mentalidad fija representa un

avanza importante en este campo (Dweck, 2017). Una mentalidad fija es una actitud mental cerrada, que ve la dificultad o el desafío como problemas, juzga, se autolimita, no asume riesgos ni se acostumbra a pensamiento creativo o divergente. En contraste, una mentalidad de crecimiento tiende a ver la dificultad como un desafío positivo, se motiva por la curiosidad, no percibe el fracaso como una amenaza, sino como una oportunidad de aprendizaje, etc. Lo que destaca Dweck es la importancia del entorno en moldear nuestra forma de reaccionar sobre todo a las desgracias de la vida (Dweck, 2017). Parecieran ser comportamientos aprendidos que internalizamos en casa y a la vez podemos cambiar. Dweck destaca la importancia de nuestra creencia que “sí podemos” cambiar, lo que nos lleva a cambios reales de comportamiento.

La neuroplasticidad también se evidencia en la reorganización cerebral cuando hay regiones cerebrales comprometidas por trauma o defectos de nacimiento y otras regiones asumen esas funciones, o se regenera la región comprometida (Bashir et al., 2012). En estos casos presenciamos la neuroplasticidad en una reorganización del cerebro, y un cambio estructural para paliar el impacto del daño. Neurocientífico Norman Doidge, en *El cerebro que cambia a sí mismo*, describe casos de personas que han cambiado su cerebro y superado importantes trastornos como el trastorno obsesivo compulsivo (TOC) o traumas cerebrales como la embolia cerebral. El caso de Barbara Arrowsmith-Young es especialmente impactante y ella declara en un TedTalk que la ciencia nos ha enseñado que nuestro cerebro moldea a quiénes somos. Es un órgano extremadamente complejo que medía nuestro ser y nuestra experiencia del mundo. Pero nosotros podemos moldear nuestro cerebro”, haciendo eco de Ramón y Cajal. En efecto, es exactamente lo que hizo Arrowsmith-Young para superar su grave impedimento cerebral con que había nacido.

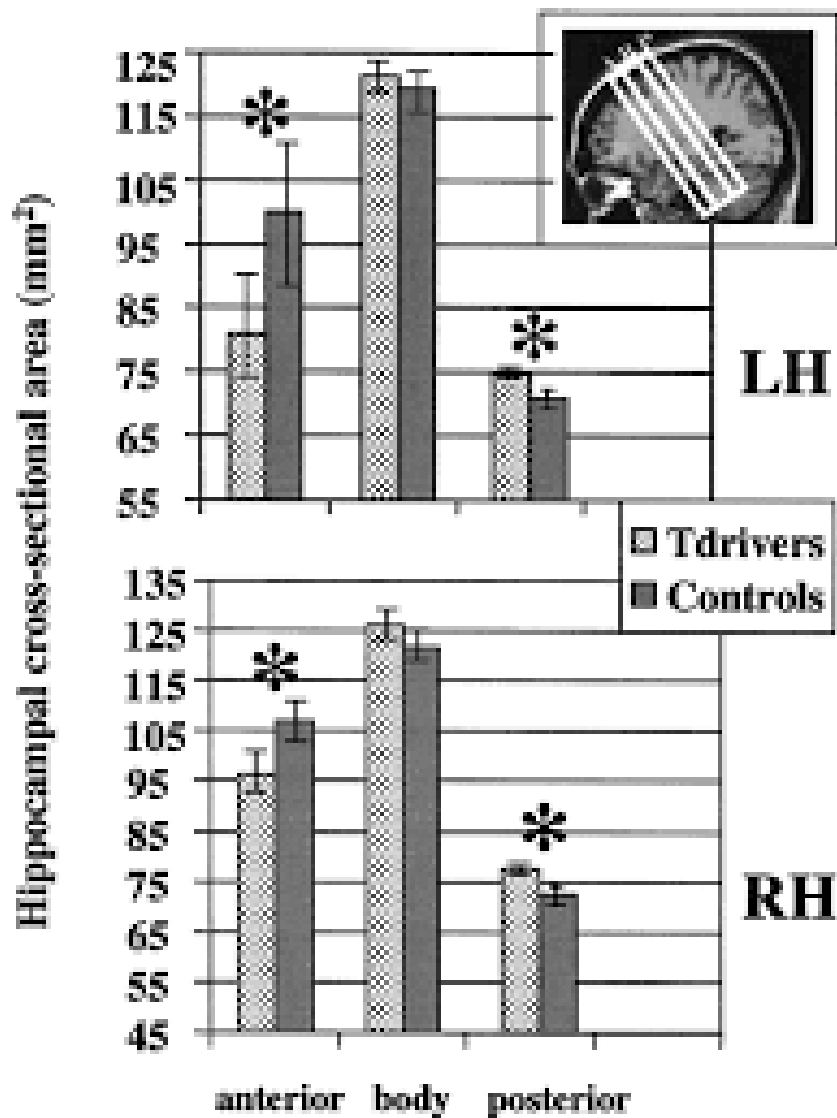
Retomando la idea de que “las neuronas que disparan juntas cablean juntas”, Tokuhamas-Espinosa (2018) explica como en tratamientos psiquiátricos y de psicoterapia, la plasticidad puede jugar un rol vital en el recableado de circuitos (Morris et al., 2014). Por ejemplo, para el estrés post traumático, los sujetos necesitan un largo proceso de tratamiento para poder establecer nuevos circuitos neuronales que puedan reemplazar los circuitos de miedo que se gatillaron en asociación a la experiencia traumática. La idea central aquí es que la neuroplasticidad es cambio, es aprendizaje y esto puede ser positivo o negativo, según la naturaleza del circuito neural.

La neuroplasticidad no se limita a los primeros años de vida, aunque va disminuyendo con los años. El cerebro no para de cambiar a lo largo de la vida. Cualquier experiencia de lo novedoso, cualquier aprendizaje (bueno o malo), produce un cambio en el cerebro. Se puede describir el cerebro como un sistema complejo, dinámico e integrado que cambia constantemente fruto de las experiencias (Tokuhamma-Espinosa, 2017, p. 18). Hasta 1998 se creía que neurogénesis no ocurría en el cerebro humano adulto. Sin embargo, el trabajo fundacional de Goldman y Nottenbohm (1983) mostró cómo el cerebro de un canario adulto produce neuronas nuevas para aprender una nueva canción y después en 1998, Ericksson y su equipo descubrieron que el cerebro humano adulto produce neuronas nuevas y concluyeron que el hipocampo adulto retiene su capacidad de neurogénesis a lo largo de la vida.

La plasticidad se asocia con cambios en la estructura y organización cerebral, que se evidenció en las siguientes investigaciones. En el Gráfico 1 a continuación se observan los hallazgos del estudio de Eleanor Maguire y equipo en 2000. El experimento de Maguire et al con taxistas londinenses mostró que después de diez años de trabajo, la región posterior hipocampal, de orientación espacio visual, estaba superdesarrollada - producto del uso intensivo de los taxistas de estas funciones cerebrales - y la formación constante de múltiples conexiones nuevas a medida que los taxistas navegaron la ciudad. Esta singularidad estructural no se observó en choferes de bus, ni en taxistas novatos. Esa investigación evidenció la plasticidad cerebral: se moldea según el uso o esculpimos a nuestro cerebro (Maguire et al., 2000).

Otro ejemplo es el estudio de Gaser y Schlaug (2003) en que realizaron una comparación de los cerebros de músicos profesionales con los de amateurs y no-músicos. Encontraron mayor volumen de materia gris en los músicos profesionales, seguido por los músicos aficionados, y finalmente por los no-músicos. Las regiones cerebrales que destacaron por su desarrollo eran las que se involucran cuando se toca música.

**Gráfico 1:** Tamaño hipocampal de taxistas y grupo control.

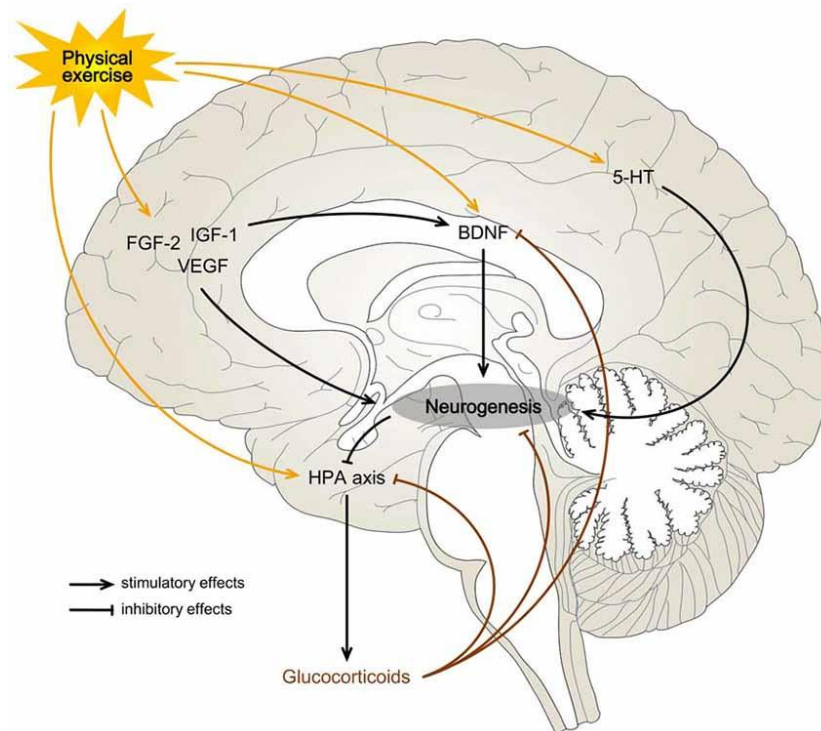


El hipocampo posterior está más desarrollado en los taxistas. Fuente: Macguire et al, 2000.

La neurogénesis ocurre a lo largo de la vida. ¿Dónde se produce en adultos? En adultos se ha observado en dos áreas: en el hipocampo, región asociada a funciones cognitivas como el aprendizaje y memoria y también a emociones, estado de humor, ansiedad y respuesta al estrés (Lieberwirth et al., 2016; Knoth et al., 2010); y en el estriado, una región conocida por su rol en la coordinación motora, pero también vinculada a la regulación de recompensa, aversión, motivación y placer (Cools et al., 2006). La neurogénesis es un mecanismo de adaptación. Como el cerebro es un sistema dinámico, complejo e interactivo, responde a su entorno y a las experiencias vividas a lo largo de la vida. Como ya mencionamos, Opendak y Gould (2015) notaron el impacto del estrés y el ejercicio en la neuroplasticidad.



**Figure 4:** Posibles mecanismos para los efectos del ejercicio sobre la neurogénesis hipocampal.



Fuente: Baptista y Andrade, 2018.

Van Praag (1999), en un experimento con ratones descubrió que correr fomentaba la neurogénesis, aprendizaje y PLP. Luego, Erickson (2010) mostró que el ejercicio aeróbico incrementa el volumen de materia gris y blanca y tamaño hipocampal en adultos con mejora en la función de memoria. En su experimento, adultos que ya experimentaban la reducción del tamaño hipocampal debido a la muerte neuronal (proceso natural que ocurre después de los 40 años aproximadamente), consiguieron contrarrestar el proceso después de un régimen de actividad física, mientras que el grupo control experimentó una reducción en el tamaño hipocampal como normalmente ocurre.

Las condiciones de vida, las experiencias y el entorno físico y afectivo se reflejan en la neuroplasticidad: tienen un impacto directo sobre el esculpido del cerebro y las capacidades y rendimiento cognitivo. Para este estudio, es clave remarcar la interconectividad de estos elementos. Cerebro y rendimiento cognitivo no se pueden contemplar divorciados del entorno más amplio del individuo o grupo humano. El

contexto es de una importancia clave. Por esta razón, en este estudio examinamos el impacto que tienen distintas variables sobre la cognición de forma interactiva, simultánea y emergente. Porque mediante la neuroplasticidad factores como dieta, ejercicio, estrés, condición física, vulnerabilidad, calidad de sueño, etc. influyen en el desarrollo cerebral, en el rendimiento cognitivo y en el desempeño académico.

### **1.1.3. La epigenética**

En este apartado tratamos el concepto de la epigenética, que está estrechamente vinculado con la neuroplasticidad del apartado anterior. ¿Un cerebro se nace o se hace? Pareciera que no se trata de una dicotomía tan estricta, y que tanto la naturaleza como la crianza o el medioambiente intervienen de forma significativa en ese moldeado del cerebro. Afortunadamente, la neurociencia ha contribuido a desmontar la idea de que el cerebro con que nacemos es inmutable y que la inteligencia es fija, ideas que en el pasado han llevado, por ejemplo, en el aula, a un trato “determinista” de los estudiantes, en que se etiquetan y encasillan (Elliot, 1968). Tal como exploramos en el apartado anterior, la neuroplasticidad ha abierto un mundo de posibilidades y horizontes en lo que concierne nuestro entendimiento del cerebro.

El neurocientífico Jean Pierre Changeux, junto con Antoine Danchin, desarrolló el concepto de la epigénesis en su trabajo sobre los neurotransmisores: “Durante su desarrollo, el cerebro se desarrolla en constante interacción con el ambiente físico, social y cultural, en un proceso durante el que algunas conexiones son eliminadas y otras se conservan y amplifican. Esta teoría que elaboré con Antoine Danchin se conoce como ‘epigénesis por estabilización selectiva de las sinapsis’ (Intramed, 2014).

La epigenética significa “sobre la genética” o “además de la genética”. Sorprendentemente, Aristóteles se había referido al concepto cuando describía el desarrollo de los seres vivos. Su descripción se refleja en la definición actual de “epigenesis” que según la RAE es: “Doctrina según la cual los rasgos que caracterizan a un ser vivo se configuran en el curso del desarrollo, sin estar preformados en el huevo fecundado” (RAE, 2021). Para describir el estudio de esta relación entre genes y ambiente, Conrad Waddington, genetista, acuñó el término en 1943. Evidentemente, cada

persona tiene una herencia genética, mediante la que heredamos una parte de la materia genética de nuestra madre y nuestro padre biológicos: nuestro genoma estable y única. Algunas expresiones de los genes son evidentes, por ejemplo, el color de los ojos. Sin embargo, hay características de nuestro organismo que no están “decididas” al nacer, y aquí interviene la experiencia o el ambiente. El epigenoma es dinámico y fluido y se puede concebir como un potencial que, según el medioambiente y las experiencias de vida se expresará o activará de manera diferente.

Tal como examinamos en el apartado “neuroplasticidad”, las experiencias de vida influyen sobre qué tipo de neurotransmisor se libera en un circuito neuronal, y las asociaciones emocionales que acompañan una experiencia. Con el tiempo y la repetición, los circuitos se graban o, en contraste, si no se repiten, se borran o se pierden como una huella en el campo. En lo que concierne la epigenética, avanzamos un paso más. Las experiencias de vida o el impacto del medio en factores como la nutrición, la exposición a drogas o químicos y el envejecimiento hacen que ciertos genes se activen, regulen o expresen y ciertos no. Un ejemplo de la epigenética es el impacto del hábito de fumar. Tiene un impacto negativo sobre el epigenoma y favorece el desarrollo del cáncer (Zahonero, 2017).

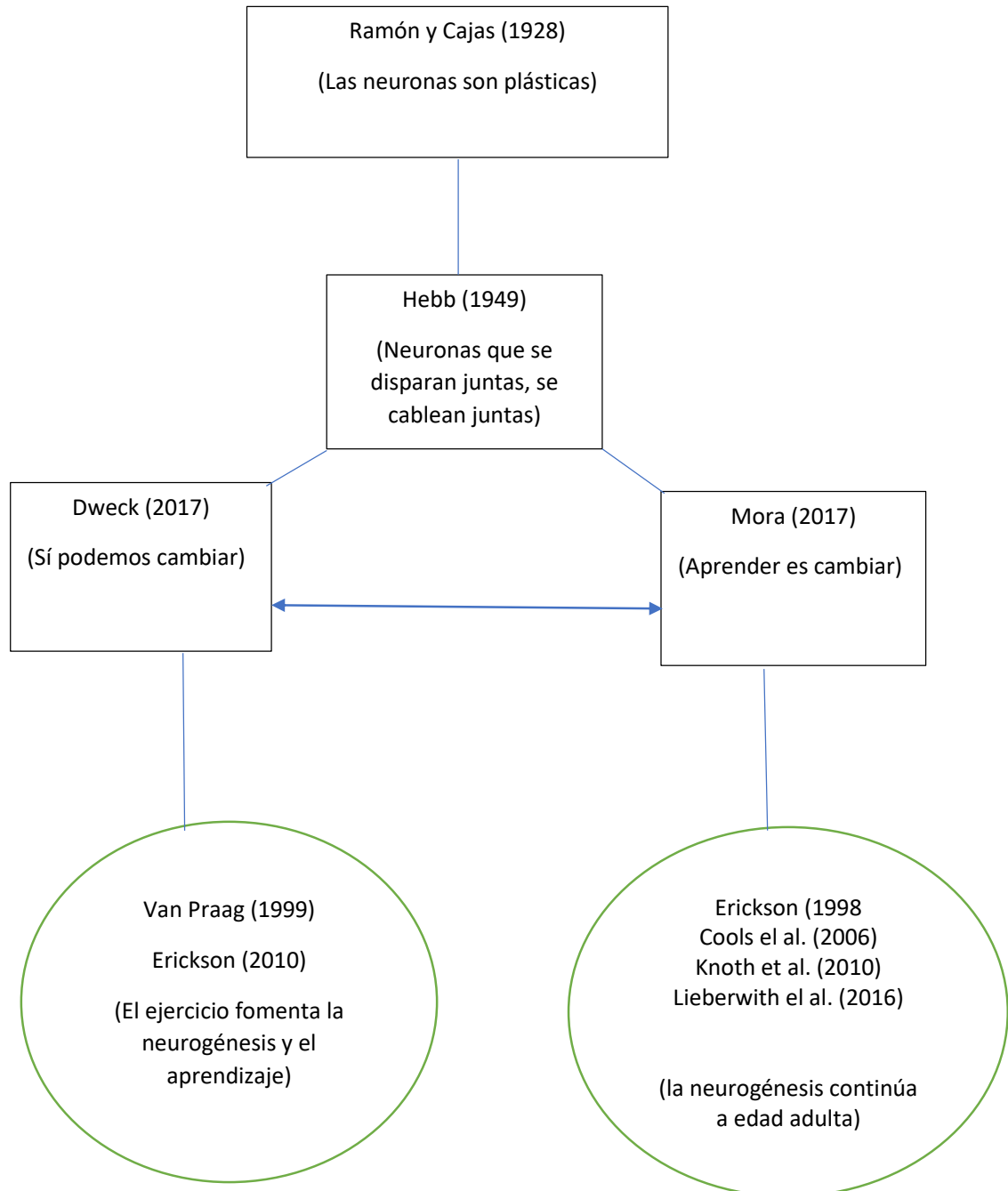
Jaime Lavados, neurobiólogo, describe la epigenética como intrínsecamente ligada al concepto de la “emergencia” en los sistemas complejos (que exploramos en el siguiente apartado). Según Lavados, si bien hay constituyentes neuronales básicos que son innatos, “El estudio de los sistemas complejos adaptativos como el cerebro, ha mostrado como las nuevas capacidades epigenéticas pueden “emerger” cuando se trata de sistemas con relaciones no lineales, con relaciones recíprocas entre componentes extremadamente complejos y eventualmente variables en el tiempo (según cuándo se produce la interacción) y en el espacio (según qué componentes interactúan)” (Lavados, p. 48, 2012).

En un entorno de aprendizaje, y si tomamos en cuenta también factores del entorno más amplio como es el hogar, el colegio y el vecindario, debemos tener en mente el potencial de estos factores a dejar una huella no solamente en ciertas redes neuronales, sino que también en la misma expresión genética del niño o la niña. En el contexto del estudio de esta tesis, el concepto de la epigenética es clave cuando contemplamos el impacto de los

factores ambientales en el proceso de aprendizaje y rendimiento cognitivo de los escolares.

**Figura 5:** Resumen de la neuroplasticidad a la neurogénesis

**De la Neuroplasticidad a la Neurogénesis**

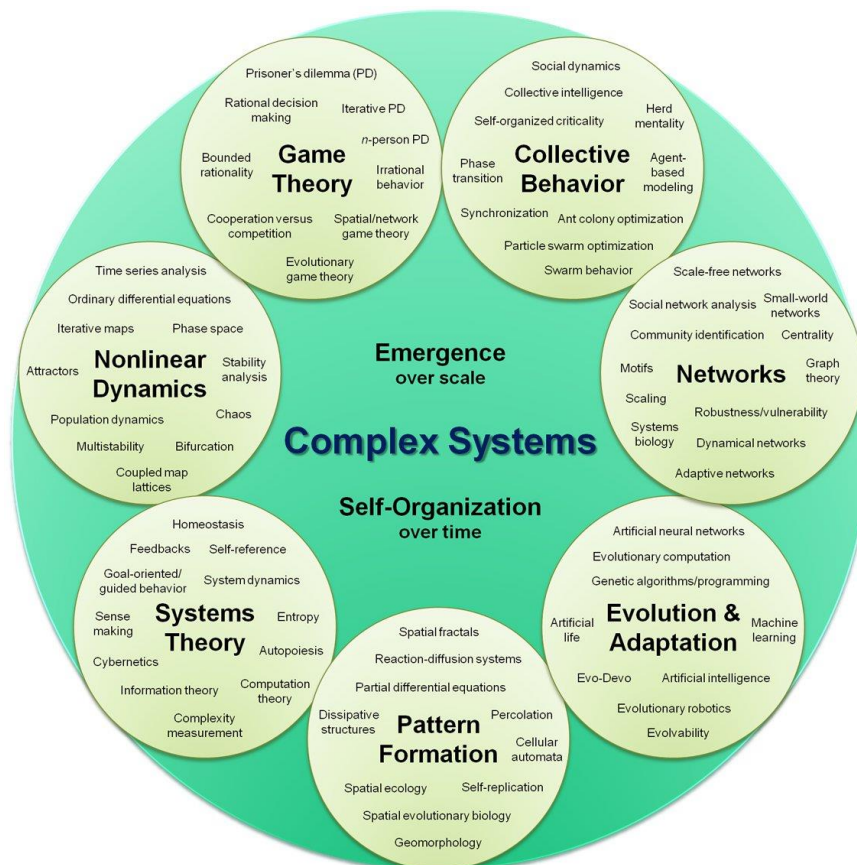


Fuente: elaboración propia

### 1.1.4. Los sistemas complejos, dinámicos e interactivos.

Esta investigación se alinea con la teoría de la complejidad, un campo relativamente nuevo. La teoría de complejidad es un término paraguas que abarca un abanico de marcos teóricos tan diversos como la física, la biología, la química, la matemática, la teoría del caos, la meteorología, la computación, etc. con sus correspondientes modelos y métodos, (ver el Anexo 1). No es una teoría cohesiva; tampoco es una única ecuación. Es una colección de ideas sobre el concepto de cambio en sistemas complejos y adaptativos. Se trata, sobre todo, del cambio y lo impredecible y complejo que es el cambio. Esta teoría no invita hablar necesariamente de causa y efecto, ni de linealidad. Hay demasiados factores interrelacionados, como expresa Edward Lorenz con su famosa reflexión sobre si el aleteo de las alas de una mariposa en Brasil podría contribuir a provocar un huracán en Texas (Lorenz, 1972 y 1993, p. 182).

**Figura 6: Sistemas complejos.**



Fuente: Antonopolous, 2016

Los sistemas dinámicos complejos se han utilizado como herramienta conceptual en la termodinámica, modelada a partir de las recientes teorías del caos (Lorenz, 1972 y 1993), la biología (Prigogine y Stengers, 1984; Varela y Maturana, 1993), la psicología y la neurociencia en las últimas décadas (Bezerra et al., 2021). Un punto de partida clave es que las teorías de los sistemas dinámicos, basadas en principios termodinámicos, se apartan de los supuestos de la explicación unidireccional o causal estricta, al menos en un sentido. Los sistemas cerebrales, con su dinámica compleja y temporalmente intrincada, han sido difíciles de desentrañar y comprender. Siegelmann (2010) explica como en las últimas décadas la neurociencia ha aplicado la teoría de sistemas complejos para analizar las relaciones entre distintos sistemas y comportamientos cerebrales.

A continuación, describimos unas de las características centrales de la teoría de la complejidad. En primer lugar, se trata de sistemas complejos, compuestos por diversas partes que son altamente interconectadas y capaces de adaptarse. Un sistema complejo es un conjunto de partes que realizan alguna función colectiva, por ejemplo, un ecosistema, un grupo social o el cerebro humano. Hace 100 años, el francés Edgar Morín, conocido como el filósofo de la complejidad, afirmaba que al ser humano se debía considerar y entender desde una perspectiva de la complejidad. El académico y sociólogo Antonio Leal reflexiona sobre el pensamiento de la complejidad de Morín en la próxima cita:

“La realidad compleja del siglo XXI, post moderna, requiere de un tipo de pensamiento que supere la simplicidad, lo lineal, el determinismo, la separación del conocimiento científico y filosófico que ha caracterizado el racionalismo dominante a partir de los paradigmas cartesianos que han buscado explicar la realidad ordenándola, dominándola, separándola del sujeto pensante” (Leal, 2021).

A partir de esta perspectiva, se aboga por un enfoque sistémico, donde ningún elemento o variable está aislado. “Es la interacción entre seres humanos y entre seres humanos y medio ambiente que tienen lazos biológicos, económicos, espirituales, políticos, culturales, y es ello lo que permite comprender el lugar que nuestro lugar y el papel en el universo” (Leal, 2021).

Otra característica clave de los sistemas complejos es la no-linealidad. Linealidad implica causa y efecto. Causalidad. Sin embargo, en un sistema complejo las relaciones o asociaciones entre las partes constituyentes del sistema y entre las partes y el exterior son bidireccionales, y el número de conexiones es muy superior al número de partes constituyentes de un sistema. Es difícil atribuir un factor como causa de un efecto, ya que muchos factores ejercen una influencia sobre ese efecto (Hardman, 2015). El input de interacciones no corresponde al output en un sistema complejo – un ejemplo sería como el simple disparar de neuronas en el cerebro produce un pensamiento capaz de componer una ópera, o el ejemplo de Lorenz y el aleteo de la mariposa en Brasil.

Los sistemas consisten en redes: están hiper interconectados, por lo que los modelamos como redes de relaciones entre nodos. Un ejemplo sería un ecosistema en que todos los organismos y su comportamiento están interrelacionados. Otro sería los sistemas financieros. Son redes compuestas por muchos operadores altamente interconectados, que actúan y reaccionan ante el comportamiento de los demás mediante una densa red de interacciones. Las palabras de Aronson (2013) invitan a una nueva “revolución científica” en que se da un lugar privilegiado a la complejidad de la interconectividad. “La complejidad convoca a enlazar y articular la evidente dispersión del conocimiento, con el propósito de aumentar y mejorar la comprensión del mundo natural y social. Para ello, es preciso superar las fronteras disciplinares, realizar una lectura oblicua (no-lineal) de la realidad y articularla con la lógica de la complejidad y la necesidad de expresar cómo se atraviesan las múltiples dimensiones del conocimiento (Aronson, 2013 en Becerra, 2020). Hace eco de esta apuesta por los sistemas complejos el astrónomo chileno José María Maza, cuando reflexiona en su libro del mismo nombre, que “Somos polvo de estrellas” (Maza, 2017).

Otra característica de los sistemas complejos es la adaptación y la evolución. Los elementos de los sistemas complejos tienen la capacidad de adaptarse y, por tanto, de evolucionar con el tiempo. La adaptación es la capacidad de un sistema para responder a algún cambio en su entorno, y así evolucionar con el tiempo en respuesta a cambios en el entorno o en las acciones de otras variables. Tiene un elemento de incertidumbre, debido al complejo conjunto de interacciones y adaptaciones dentro de los sistemas complejos, es casi imposible predecir con certeza el estado futuro de un sistema complejo.



El ser humano y su comportamiento se puede considerar como un sistema complejo dinámico, donde numerosas variables interactúan simultáneamente como “constelaciones dinámicas” (Fonseca-Pedrero, 2020, p. 20). Estas constelaciones dinámicas se caracterizan por la autoorganización. No tienen un punto de coordinación central, un centro de comandos, sino que las interacciones a nivel local ordenan la organización de patrones globales. El orden emerge desde abajo hacia arriba. El comportamiento humano se adapta a experiencias y factores demográficos, psicológicos, sociológicos que cambian constantemente a través del tiempo (Ramos et al, 2019). Fonseca-Pedrero en la misma línea, afirma que:

“La conducta humana se ajusta mal a lo lineal, a lo estático y a lo unicausal. El comportamiento humano y sus diferentes expresiones como pueden ser la salud mental y el bienestar emocional, reclaman de modelos más sofisticados que consideren su enorme complejidad y diversidad, así como una perspectiva contextual, dinámica, personalizada y multicausal” (Fonseca-Pedrero, 2020, p.20)

Tokuhama-Espinosa (2013, p. 20) se hace eco de esta reflexión con su afirmación que “El cerebro es un sistema complejo, dinámico e integrado, que constantemente está cambiando con la experiencia ...”. Esta perspectiva encaja perfectamente con la neuroplasticidad, explorado en el apartado 1.1.2. Tanto Hattie (2009) como Tokuhama-Espinosa (2013 y 2020) abogan por una mirada compleja en nuestro intento de analizar e identificar los factores claves que influyen e impactan el aprendizaje (y el rendimiento cognitivo).

Desde esta concepción del ser humano como un sistema complejo dinámico e interactivo, se entiende que las relaciones entre elementos no son sencillas, lineales, unidireccionales. Por ende, estudiar la asociación entre dos o unas pocas variables individuales corre el riesgo de ignorar las numerosas interacciones entre las demás variables y su influencia entre sí.

La perspectiva global que rige este estudio es la concepción del ser humano y del cerebro como sistemas complejos, dinámicos e interactivos. Es en base a este fundamento que se construye la investigación. Además, concebir del ser humano como también del cerebro como sistemas complejos, dinámicos e interactivos encaja perfectamente con el concepto

de la neuroplasticidad descrito arriba. Galván (2010, p. 879) se refiere a la naturaleza emergente de los procesos de desarrollo y de aprendizaje, llamándolos “agentes de cambio” y describe cómo se apoyan en procesos neuronales emergentes que reflejan y apoyan las modificaciones del comportamiento y la reorganización neuronal.

En este estudio propone realizar un análisis de redes a una variedad de variables para identificar su interrelación, con especial atención al rendimiento cognitivo en escolares adolescentes chilenos. ¿Por qué el análisis de redes? Hay una creciente tendencia a investigar y analizar el ser humano y su comportamiento desde la perspectiva de la teoría de sistemas dinámicos, complejos e interactivos. Consecuentemente, se justifica el uso del análisis complejo estadístico, el análisis de redes, debido a la relación dinámica, interactiva y no lineal entre las diversas variables dentro de un sistema complejo, en que hay una interacción simultánea de diversos factores.

#### **1.1.5. El análisis de redes**

La exploración del concepto de sistemas complejos dinámicos e interactivos en el apartado anterior es clave para entender el tipo de análisis estadístico empleado en este estudio. El cerebro como un sistema complejo que cambia a sí mismo merece ser explorado desde una perspectiva compleja, tomando en cuenta el impacto de múltiples variables simultáneamente entre sí. Hemos visto en los apartados anteriores que la neuroplasticidad significa que el cerebro se moldea según su entorno, el input, y las experiencias de vida del individuo. Las diez variables seleccionadas para esta investigación tienen ya una presencia en la literatura. En los apartados a continuación, se resumen los hallazgos de la literatura, indagando en algunas investigaciones sobre la relación entre una variable (o varias) como dieta, estrés, condición física (*fitness*), vulnerabilidad socioeconómica u obesidad entre sí, como también en interacción con el rendimiento cognitivo y/o el desempeño académico de los escolares.

Es importante resaltar que estas relaciones no son lineales, sencillas, ni se pueden reducir simplemente a una de causa y efecto. La literatura esclarece también las asociaciones entre distintas variables, por ejemplo, las interrelaciones entre dieta, obesidad y rendimiento cognitivo; o entre estrés, vulnerabilidad y actividad física, o que intervienen

otros factores no contemplados, o comorbilidades que afectan y matizan las interrelaciones.

Como vimos en el apartado anterior, en un sistema de interrelaciones complejas los input y output no son lineales ni menos predecibles. A consecuencia de la creciente consciencia sobre la complejidad de las interrelaciones entre variables, se observa en la literatura que los últimos estudios tienden a emplear metodologías más complejas para identificar y representar no solamente relaciones directas, sino también las variables que interactúan de forma indirecta, con una variable actuando como intermediaria o mediadora de otras variables, mediante metodologías multivariados. Un modelo teórico más integrador y complejo, como el análisis de ecuaciones estructurales, aparece para mejorar la comprensión en este ámbito debido a su capacidad de analizar la interacción simultánea entre diversos factores implicados en el rendimiento cognitivo (Lemes et al., 2021). Cristi-Montero et al. (2022) observan que los estilos de vida humanos son complejos, con múltiples factores que interactúan y se afectan simultáneamente. Por ello, al estudiar la asociación bilateral entre variables individuales se corre el riesgo de pasar por alto las numerosas interacciones entre ellas.

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios en este campo que han investigado la relación entre cognición y variables fisiológicas, o de estilo de vida o entorno mediante un análisis bivariado, con una exploración de relaciones lineales y bilaterales. Lo han hecho con modelos de análisis estadístico como es la regresión, mediación o análisis estructural (Solis-Urra et al., 2021; Lemes et al., 2021). Dichos estudios han aportado información valiosísima al campo de conocimiento y brindan un análisis muy detallado de la interacción entre variables, por ejemplo Solis-Urra et al. (2021) consiguen identificar cuáles de los tres tipos de condición física (*fitness*) (cardiorrespiratoria CRF, agilidad velocidad SAF, muscular MF) se interrelacionan con mayor fuerza con rendimiento cognitivo global, y además, cómo cada uno se relaciona con capacidades específicas de rendimiento cognitivo, por ejemplo memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva o inhibición de respuesta (Solis-Urra et al., 2021, p. 6-7). Por otra parte, el trabajo de Lemes et al. (2021) señala que la condición física desempeña un rol mediador o amortiguador entre la vulnerabilidad y el rendimiento cognitivo, como también entre sobrepeso obesidad y el rendimiento cognitivo, detallando las relaciones de mediación entre estos conjuntos de relaciones (Lemes et al., 2021, p. 7-8).

Las investigaciones mencionadas arriba, lógicamente, operan con un número acotado de variables, para rendir resultados bastante detallados. No obstante, están limitadas en el sentido de que no reflejan la multiplicidad de otras variables que podrían estar incidiendo en las interacciones. Para ejemplificar, si un estudio está enfocado en la relación entre sobrepeso-obesidad y rendimiento cognitivo, y la influencia de condición física sobre esta relación, ignora la potencial ponderación que tienen variables como dieta, estrés escolar cotidiano o vulnerabilidad socioeconómica así favoreciendo resultados que no reflejan la complejidad y el dinamismo más amplio del contexto. En este sentido, se identifica una creciente relevancia de estudios multivariados que se acercan más a un análisis de complejidad.

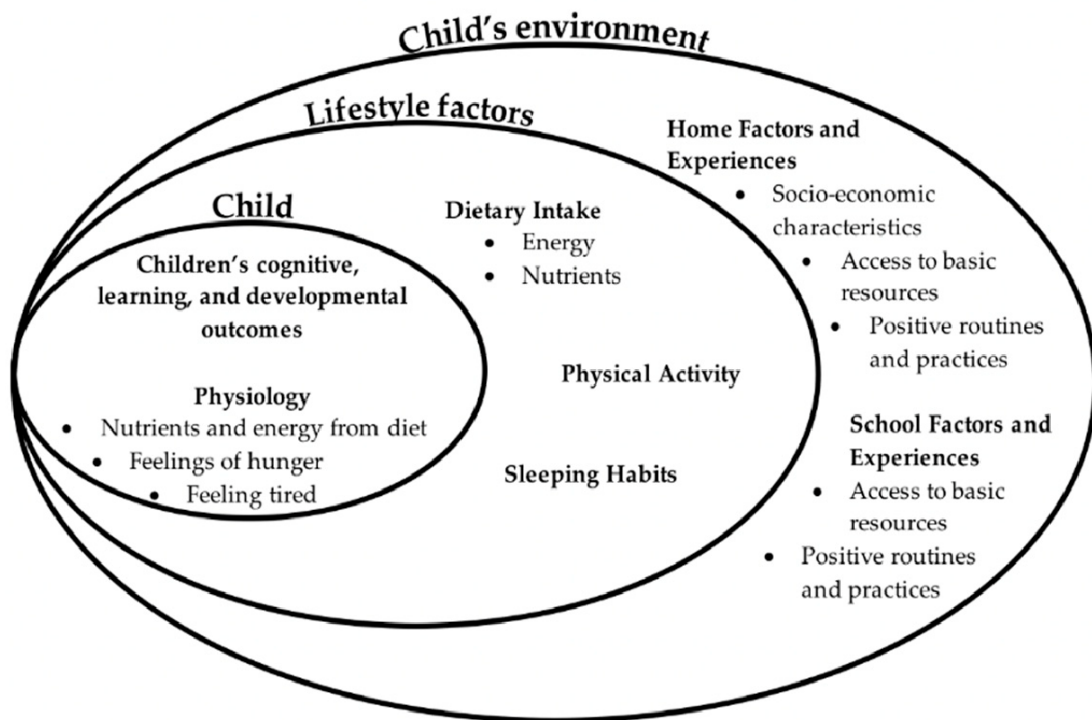
Diamond y Ling (2016, p. 42), entre otros, advierten contra la sobre simplificación de relaciones de causa y efecto. Proponen que se deben considerar interrelaciones complejas de diversas variables que impactan e interactúan entre sí, por ejemplo, vulnerabilidad, dieta, salud socioemocional, etc. Ellas proponen que una ecuación como “+ actividad física = + rendimiento cognitivo” es una simplificación lineal de lo que realmente podría acontecer. A la vez, llaman a la cautela ya que las asociaciones y relaciones causales son relativamente nuevos como objetivos de estudio. Además, en los estudios examinados se podría haber ignorado otras variables relevantes como factores que medían o confunden una asociación. Veremos a continuación que la interacción dinámica entre variables no está siempre a plena vista y requiere de más investigación de más precisión para identificar esas asociaciones múltiples y simultáneas.

Jirout et al. (2019) en un metaanálisis, describen los hallazgos de investigaciones sobre el efecto de dieta, actividad física y calidad del sueño sobre los procesos cognitivos, función ejecutiva y la capacidad de aprendizaje de un niño/a. También dentro del campo de la complejidad, Jirout emplea para su análisis un modelo ecológico para examinar los factores que contribuyen a los resultados cognitivos, de aprendizaje y de desarrollo de los niños (ver Figura 7).

El círculo más pequeño representa el propio cuerpo del niño, donde las condiciones fisiológicas, como los nutrientes y la energía que aportan las comidas y los tentempiés, así como los sentimientos de hambre o cansancio resultantes, pueden influir directamente

en la capacidad de los procesos cognitivos. Los factores del estilo de vida que afectan a la fisiología del niño son la alimentación, la actividad física y los hábitos de sueño. El círculo más externo representa el entorno más amplio del niño, como el hogar y la escuela. Los factores socioeconómicos tienen un efecto sustancial en el acceso a los recursos básicos, como un área para jugar y estar activo, el nivel de ruido a la hora de dormir y las rutinas y prácticas familiares establecidas. Del mismo modo, los recursos de la escuela, por ejemplo, los patios de recreo y los espacios verdes, así como las rutinas y prácticas, afectan a los comportamientos y estilo de vida del niño o la niña. Esta imagen ayuda a tener una perspectiva más integral de los factores que impactan sobre la cognición del niño o la niña.

**Figura 7:** Factores contribuyentes al rendimiento cognitivo, resultados de aprendizaje y metas de desarrollo.



Fuente: Jirout, et al., 2019

Esta investigación propone aplicar un análisis de redes para investigar la asociación simultánea entre las diez variables porque es una herramienta de análisis que permite explorar la complejidad de estas interrelaciones. En las palabras de Fonseca-Pedrero: “la conducta humana se ajusta mal a lo lineal, a lo estático y a lo unicausal. El comportamiento humano y sus diferentes expresiones como pueden ser la salud mental y

el bienestar emocional, reclaman de modelos más sofisticados que consideren su enorme complejidad y diversidad, así como una perspectiva contextual, dinámica, personalizada y multicausal” (Fonseca-Pedrero, 2020, p. 20).

Con el reconocimiento de ese grado de complejidad de la relación entre variables, durante el último tiempo se ha estado empleando la herramienta estadística de análisis de redes dentro de los modelos de sistemas complejos. En las últimas décadas la aplicación del análisis de redes se ha extendido a campos como los de la psicología, sociología, computación y neurociencia. En este estudio, los resultados se visualizan en una representación gráfica del análisis de redes. El análisis de redes es un análisis multifactorial, una aproximación metodológica que permite estudiar, entender y representar múltiples variables y las interacciones dinámicas entre ellas. Las variables se influyen mutuamente unas a otras. En suma, es ver un conjunto de variables como un sistema complejo dinámico (Fonseca, 2017).

En el análisis de redes, una red es una representación gráfica de un conjunto de nodos y aristas. Los nodos o esferas representan los factores o variables del estudio y las aristas o líneas que les interconectan representan las conexiones entre los nodos. Existen diferentes tipos de redes según si las aristas (interconexiones) están ponderadas o no ponderadas. Como explica McNally (2016, p. 96), en las redes no ponderadas el gráfico de la red muestra simplemente que las variables están conectadas por las aristas. En cambio, en las redes ponderadas las aristas o conexiones tienen un valor, un peso o coeficiente, que es indicativo de la magnitud de tal conexión entre los nodos. Este peso está representado por el grosor y la intensidad del color con que se dibuja la arista. Como mayor el grosor, mayor es la magnitud de la asociación. Si no hay una línea o arista entre dos variables o nodos, significa que la magnitud de la relación entre las dos variables equivale a 0, o también puede significar que la fuerza de la relación con otras variables es tan potente que resta fuerza de las relaciones menos potentes. Los valores de las aristas entre los nodos se calculan y representa además en la tabla llamada la matriz de ponderaciones (ver tabla 6, capítulo 2 metodología, apartado 2.5.6.).

Además, la asociación entre dos nodos puede ser positiva o negativa. Una relación negativa se suele representar con el color rojo y una positiva, con el color verde. Si dos nodos en una red están conectados positivamente, la arista se representa de color verde y

si la conexión es negativa, la conexión o arista se representa con el color rojo. (Fonseca, 2017).

Una red también puede mostrar interconexiones direccionales o no direccionales, donde la dirección de la asociación entre dos nodos se indica con una flecha direccional. Aunque parece ser muy interesante disponer de esta información, no es habitual indicar la direccionalidad de las aristas, y generalmente los gráficos del análisis de redes no representan direccionalidad, justo porque el análisis de redes en sí nace de una concepción de la complejidad y la simultaneidad de las interacciones bidireccionales. Además, un factor importante de destacar es que, en estudios como este, que son transversales, es problemático incluir aristas direccionales a causa de la falta de datos de temporalidad. En otras palabras, en los estudios transversales, que representan un corte en un momento en el tiempo, carecen de temporalidad. Consecuentemente, dado que no estamos midiendo cambios en el tiempo, no es aconsejable definir las aristas con direccionalidad (da Cunha Leme et al., 2020, p. 44).

Como observa McNally en referencia a su campo de investigación: “aunque los datos transversales no pueden confirmar por sí solos la causalidad entre los síntomas, los analistas de redes han ideado métodos que pueden acercarnos a la caracterización de los trastornos mentales como sistemas causales” (McNally, 2012, p. 225; McNally, 2016, p. 97). En el estudio de esta tesis, no tenemos una causalidad evidente. No es una exploración lineal de causa-efecto. Sin embargo, la naturaleza de la interacción entre las variables y su relativa ponderación se analizará con diversos procedimientos dentro del análisis de redes que nos ayudan a describir y cuantificar tanto a los nodos (variables) como a las aristas (asociaciones). Estos procedimientos de análisis incluyen la estimación de la matriz de asociaciones (que cuantifica la potencia de las asociaciones entre variables), como también la cuantificación de las medidas de centralidad, que ofrece una descripción de distintas características de las variables, por ejemplo, la variable de mayor fuerza de la red, o las variables que tienen el potencial de actuar como gatillos de cambio en la red en su conjunto. Esta información nos ofrece un visión más compleja y detallada de la red de asociaciones entre las diez variables.

En el Gráfico 11 del análisis de redes de esta tesis, se presenta de forma visual como esferas (nodos) a las diez variables de rendimiento cognitivo, obesidad, estrés escolar,

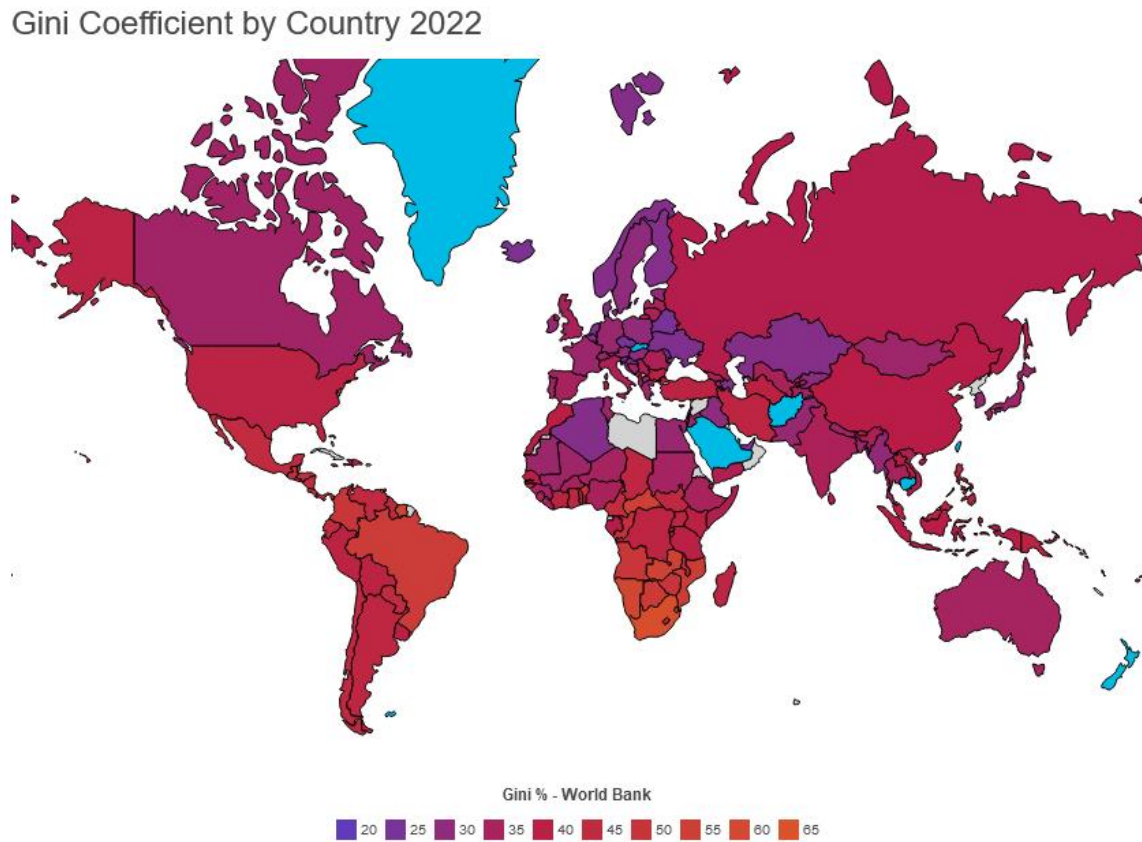
dieta saludable, calidad de vida, calidad de sueño, actividad física, vulnerabilidad escolar y tipo de colegio. Las líneas (aristas) representan la asociación entre estas variables. Una relación de mayor magnitud corresponde a líneas más gruesas y oscuras, y esta magnitud tiene asignado un valor. La posición relativa de una variable en la red, si es céntrico o periférico, y el número de conexiones o aristas que le conectan al resto de la red son características que se analizan en el análisis estadístico y se denominan las medidas de centralidad. Las medidas de centralidad indican características de los nodos como, por ejemplo, cuál es el nodo más relevante o con mayor fuerza de la red, o cuáles son los nodos que tienen el mayor potencial de incidir en el resto de las variables de la red y provocar cambios (influencia esperada). En la sección de metodología se describe en más detalle el análisis de redes.

#### **1.1.6. Chile y América Latina**

Este estudio se llevó a cabo en Chile, un país latinoamericano en vías de desarrollo que también forma parte de la Organización para Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), pero que, a la vez, tiene una tasa significativa de desigualdad de ingresos del 44,9% según el índice Gini del 2020 (Grupo Banco Mundial, 2022). El coeficiente de Gini es una medida estadística que sirve para calcular la desigualdad de ingresos que existe entre los ciudadanos de un territorio, normalmente de un país. Los valores van del 0 al 1 o del 0% al 100%. Cuanto más alto es el índice Gini, mayor es la desigualdad; al contrario, como más cercano al cero, menor es la desigualdad y 0 representa la igualdad completa. Las condiciones de vida en Chile se asemejan generalmente a otros países en vías de desarrollo, tanto en la región Latinoamericana como en otras regiones del mundo, como se puede apreciar en la imagen a continuación en la Figura 8.



**Figura 8:** Coeficiente Gini por país 2022.

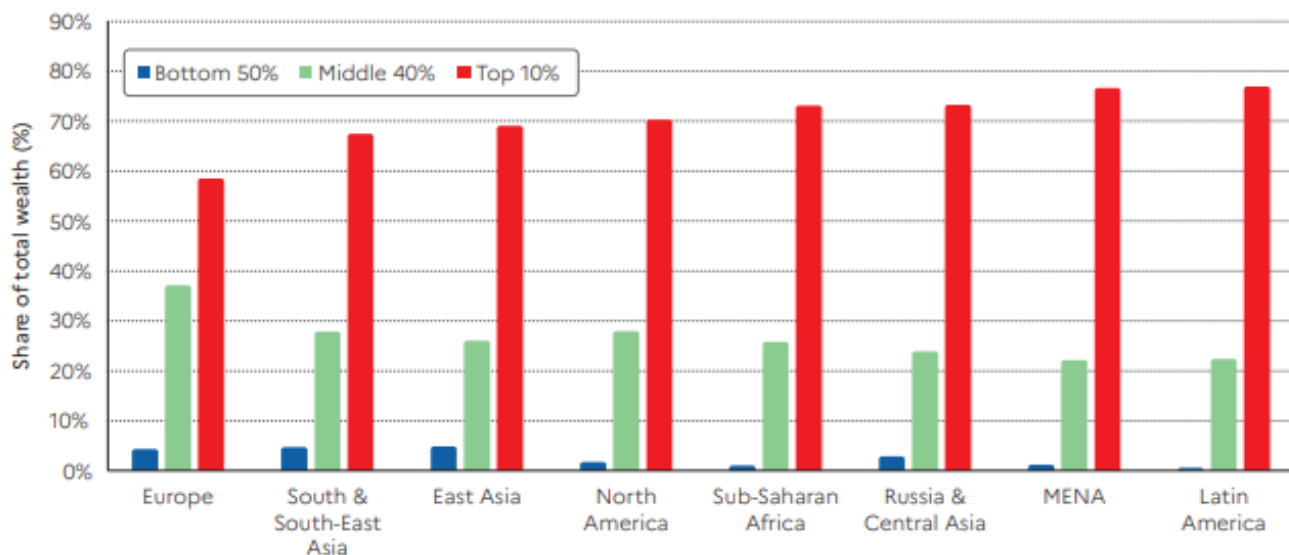


Chile coeficiente Gini: 44,9%. Fuente: World Bank. World Population Review.  
<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/gini-coefficient-by-country>

La desigualdad y niveles de pobreza en Chile y en América Latina son observables en los gráficos a continuación, publicados en el Informe de Desigualdad Mundial de 2022, donde el 77% de la riqueza es acaparada por el 10% más rico de la población, mientras que 1% de la riqueza está en manos del 50% más pobre (Chancel et al., 2022, p. 38). En el caso de Chile, merece mencionar que la riqueza acumulada del 50% menos rico es negativa, del -0,6 %, debido al endeudamiento de esta franja de la población (Forbes, 2021).

**Gráfico 2:** La extrema concentración de capital: desigualdad de riqueza en el mundo, 2021.

**Figure 1.11** The extreme concentration of capital: wealth inequality across the world, 2021

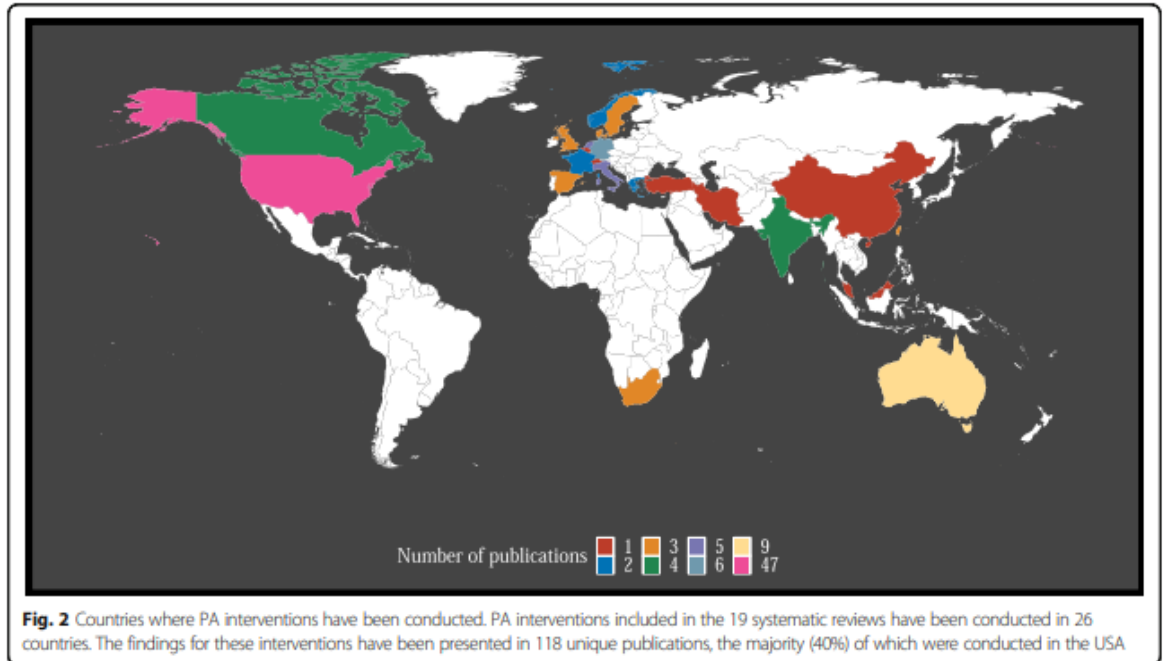


**Interpretation:** The top 10% in Latin America captures 77% of total household wealth, compared with 1% captured by the bottom 50%. Net household wealth is equal to the sum of financial assets (e.g. equity or bonds) and non-financial assets (e.g. housing or land) owned by individuals, net of their debts. **Sources and series:** [wir2022.wid.world/methodology](http://wir2022.wid.world/methodology)

Fuente: Chancel, L., Piketty, T., Saez, E., Zucman, G. et al. World Inequality Report 2022, World Inequality Lab.

La abrumadora mayoría de los estudios de este campo híbrido de neuroeducación, que exploran las condiciones de vida de niños/niñas escolares y su incidencia sobre procesos cognitivos, provienen de países desarrollados y hay una escasez de datos de calidad para el contexto de América Latina y Chile (Cristi-Montero et al., 2022; Wassenaar et al., 2020). Por ejemplo, en una revisión sistemática, Wassenaar y colegas (2020) examinaron revisiones sistemáticas realizadas sobre el impacto de la actividad física crónica sobre rendimiento cognitivo, resultados académicos y función cerebral y destacaron que los trabajos que cumplieron con los criterios de inclusión fueron casi exclusivamente los de los países desarrollados, principalmente de los Estados Unidos. No había ninguno de América Latina ni de África, con la excepción de un estudio en Sudáfrica (ver figura 7 a continuación).

**Figura 9:** Países donde se han realizado estudios de calidad sobre el impacto de la actividad física crónica sobre el rendimiento cognitivo, resultados académicos o función cerebral.



La gran mayoría de los 118 estudios originales examinados por Wassenaar et al. provenían de los Estados Unidos. Fuente: Wassenaar et al., 2021.

Aunque recientemente se ha observado un auge en los estudios originales en Chile y Brasil que tratan la temática de esta tesis, tales como el estudio de Flores-Alves et al. (2015), Lemes et al. (2021) Hernández-Jaña et al. (2021) y Solis-Urra et al. (2021) sigue habiendo una escasez de datos disponibles para Chile y América Latina. Es más, dado que los países desarrollados, donde se han realizado la mayoría de las investigaciones en este campo, tienen índices de riqueza y desigualdad socioeconómicos distintos a los de América Latina, la evidencia obtenida de estudios sobre esas poblaciones puede tener diferencias significativas e influir en los hallazgos, conclusiones y recomendaciones de dichos estudios. Merece tener en cuenta las idiosincrasias de Chile y de la región en cuanto al nivel socioeconómico de la población, condiciones de vida, acceso a servicios básicos de calidad como educación y salud, ingresos, dieta saludable, nivel de educación.

Esta tesis propone remediar en algo la laguna de investigación en este ámbito, contribuyendo al conocimiento sobre Chile en particular. Además, este estudio podría

contribuir a la literatura para América Latina y las sociedades en vías de desarrollo en general. Si la mayoría de los estudios en el campo se han realizado en países ricos o desarrollados, la estadística demográfica indica que la gran mayoría de niños y niñas en la próxima década provendrá de países en vías de desarrollo – semejantes a la sociedad chilena. Efectivamente, Solis-Urra et al. (2021) señala que para 2030, aproximadamente 63% de los niños y niñas del mundo estarán viviendo en países de ingresos medio-bajos, como los de la región de América Latina (UNICEF, 2019). Esta cifra subraya la relevancia de investigaciones en Chile y la región latinoamericana.

Existen estudios en Chile que apuntan a que factores de estilo de vida y entorno como son condición física, calidad del sueño, nivel socioeconómico, sobrepeso y obesidad, hábitos de actividad física versus sedentarismo, o el hábito de desayunar impactan sobre la salud cerebral, el rendimiento cognitivo o resultados académicos (Lemes et al., 2021; Peña-Jorquera et al., 2021; Palma y Cabezas, 2022). Además, la estadística señala que a nivel nacional (como global también) los niños/as y adolescentes no están cumpliendo con los requisitos mínimos y las cifras para niveles de actividad física, calidad de sueño, sobrepeso y dieta saludable son preocupantes a nivel global (Aguilar Farías et al., 2018; Chaput et al., 2020). En este estudio examinamos los datos para Chile y particularmente, esta tesis contribuye con la base de datos recogidos como parte del proyecto Cogni-Acción en colegios de la región de Valparaíso.

En términos generales, Chile refleja la tendencia global y presenta cifras no muy alentadoras para las categorías mencionadas arriba: tasas de sobrepeso y obesidad infantil están por encima del 30% de la población (Encuesta Nacional de Salud 2016-2017), solo tres de cada diez niños y dos de cada diez adolescentes cumplen con las recomendaciones de 60 minutos al día de actividad física vigorosa (Aguilar Farías et al., 2016). Hábitos de sedentarismo son evidentes en el 30,9% de los niños y en el 44,97% de los adolescentes chilenos (Ibid.). Además, según las investigaciones de Palma y Cabezas (2015) el sobrepeso está negativamente asociados a nivel educacional y nivel socioeconómico, evidenciando la multicausalidad, o la complejidad de las relaciones entre variables.

Chile, además, tiene un sistema educativo que segrega a los estudiantes en tres categorías de colegios: los colegios públicos, particulares subvencionados y privados según el nivel de ingresos familiares. En su investigación, Taut et al. (2009) observan que solo el 14%

de los padres y madres dicen tener en cuenta los puntajes de rendimiento del colegio cuando buscan uno, y parece que solo contemplan una opción para la escolarización de sus hijos. Pareciera poner en duda la idea de la libre elección del establecimiento educativo y sugiere que depende de otros factores, tales como nivel de ingresos. La estadística socioeconómica parece indicar que este sistema de segregar a los niños/as según el nivel de ingresos familiares contribuye directamente a la replicación de las divisiones socioeconómicas y las exacerba, además (Carrasco, 2019). Este tema se trata en detalle más adelante en el apartado de la variable “tipo de colegio”.

El presente estudio se contextualiza en ese marco social de Chile, una sociedad con una alta inequidad de ingresos, en vías de desarrollo e integrante de la región latinoamericana. En contextos de estas características, como América Latina, la fuerte desigualdad social se asocia de forma negativa con una variedad de comportamientos vinculados a la salud (como hábitos alimenticios, actividad física, tabaquismo) y que impactan sobre el desarrollo cerebral como también la salud cerebral. Berkowitz et al. (2017) señala que la literatura ha demostrado que uno de los predictores más fuertes del rendimiento académico es el nivel socioeconómico (NSE) del estudiante y de la escuela (Sirin, 2005). Investigadores de todo el mundo han encontrado una correlación significativa entre el NSE y el rendimiento académico, en detrimento de los estudiantes y las escuelas con entornos de NSE más bajos (National Center for Education Statistics, 2013; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2009). Consecuentemente, es clave, sobre todo en la etapa del desarrollo cerebral en la niñez y adolescencia, poder entender las relaciones entre el desempeño académico o rendimiento cognitivo y las demás variables seleccionadas para este estudio.

Durante esta etapa de desarrollo en la vida del niño, cuando el cerebro es altamente plástico y se moldea el cerebro, se graban circuitos neuronales, se adquieren hábitos (Cristi-Montero et al., 2022). Tal como discutimos en el apartado de neuroplasticidad, el cerebro se adapta a su entorno y cambia constantemente según los estímulos o experiencias. Si las condiciones del entorno son nocivas para el desarrollo y salud cerebral, se perjudica el potencial de rendimiento cognitivo del niño. Entonces, es necesario tomar en cuenta las implicancias de la alta desigualdad de ingresos y nivel socioeconómico en países en vías de desarrollo, como es Chile y la región latinoamericana, y su potencial impacto sobre el desempeño cognitivo y los resultados

académicos (Bor et al., 2015; Eozenou et al., 2021). Este tema se trata en más detalle en el apartado de vulnerabilidad social.

La originalidad de este estudio es que pretende aportar al campo con datos obtenidos en este contexto en particular. Hasta la fecha, como he señalado arriba, ha habido un número reducido de investigaciones en la temática de esta tesis. Propongo que, por las razones detalladas anteriormente, este estudio podría contribuir a la literatura, enriqueciendo el enfoque para incluir a Chile. Sobre todo, recalco la urgente necesidad de aportar estudios que, desde una perspectiva de complejidad, podrían contribuir al banco de conocimiento sobre el entorno educativo y el rendimiento cognitivo de escolares adolescentes en Chile.

## 1.2. Las variables del estudio

La motivación por entender cómo se aprende mejor e identificar las variables y categorías concretas que favorecen el aprendizaje llevó a John Hattie, profesor e investigador en el campo de la educación, a revisar más de 800 metaanálisis de más de 50.000 estudios. Su objetivo era identificar los factores concretos que contribuyen a hacer el aprendizaje visible. En 2009, John Hattie publicó su libro *El aprendizaje visible*, donde resume los resultados de estos 50.000 artículos de investigación y establece el tamaño de efecto que tienen las variables más relevantes según los trabajos revisados. Hattie (2009) considera el aprendizaje desde una perspectiva compleja y ecológica: identifica 6 dominios de investigación que inciden en el aprendizaje: el o la alumno/a, la escuela, la casa, el currículum, el o la docente, y la metodología. Además, señala que seguramente hay interacciones entre estos dominios que no se miden aún. En su libro, el autor describe las variables de cada dominio y registra su potencia, el tamaño de efecto que tiene sobre el proceso de aprendizaje.

En este sentido, esta tesis coincide con la concepción de la multifactorialidad de Hattie, aunque a una escala muy reducido. Pero, además, la presente tesis es una aproximación desde la complejidad que pretende desglosar un conjunto de factores, en un sistema complejo y dinámico, que interactúan entre sí, y pueden tener incidencia sobre el aprendizaje e impactan el rendimiento cognitivo del niño o niña. El autor de *El aprendizaje visible* identifica un umbral de tamaño de efecto del 0,4 que se aprecia en el Anexo 2 en la imagen de 149 influencias en los logros de los alumnos (del libro *Aprendizaje visible* de John Hattie, 2009). Esta imagen consigue cuantificar la relevancia de las variables según la recopilación realizada por Hattie.

Por su parte, esta tesis propone cuantificar la relativa importancia de cada variable en la red y la magnitud de las interacciones entre las 10 variables seleccionadas, que se detallan a continuación, mediante la aplicación de un programa de análisis estadístico de redes (explicado en detalle en el apartado de metodología).

Algunas de las variables identificadas por Hattie como importantes por su tamaño de efecto alto, y que solapan en parte con algunas de las variables de esta tesis incluyen: el estatus socioeconómico del hogar, el clima del hogar, autoconcepto del alumno, programas al aire libre, programas de juego. Aparte de la variable “bajo peso al nacer”, que tiene un tamaño de efecto alto y hace referencia a salud física o bienestar socioeconómico, hay poca referencia a las variables seleccionadas por este trabajo, posiblemente debido al posicionamiento de esta tesis en el campo de la neuroeducación y su eclecticismo de incorporar variables vinculadas a la salud física (sobrepeso y obesidad, dieta, actividad física y condición física) o variables del entorno y de estilo de vida (vulnerabilidad escolar, que incluye ingresos económicos del hogar, nivel de educación de los padres/madres, calidad de vida, calidad del sueño y estrés escolar). A continuación, se procede a describir las variables seleccionados para esta investigación y de justificar su relevancia en este estudio.

### **1.2.1. Rendimiento cognitivo**

Partiendo del núcleo central del modelo ecológico de Jirout et al. (2019), figura 7, empezamos con una indagación sobre el niño/a y su desempeño cognitivo. Considerando que la neuroeducación es un campo híbrido, con un legado que proviene tanto de ciencias de la mente como de la educación, la consideración de la cognición en el proceso de aprendizaje es clave para informar el actuar docente y las políticas educativas del establecimiento como también del Estado. En esta tesis consideramos el rendimiento cognitivo de una muestra de estudiantes adolescentes de Chile, y su interrelación con otras nueve variables. Según Donnelly et al. (2016) la cognición se puede describir como “el conjunto de procesos complejos que contribuyen a la percepción, la memoria, la acción y la inteligencia” (Donnelly et al., 2016, p. 3). Fuertemente vinculado con el proceso de aprendizaje, para los docentes es vital comprender algunos aspectos de los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje. Esto ha sido justamente uno de los papeles de la neuroeducación: sintetizar lo relevante respecto a la cognición para que pueda informar y mejorar la enseñanza-aprendizaje.

La cognición es un proceso mental complejo, fundamental para la adquisición de conocimiento, el desarrollo de patrones de comportamiento y el logro de metas personales

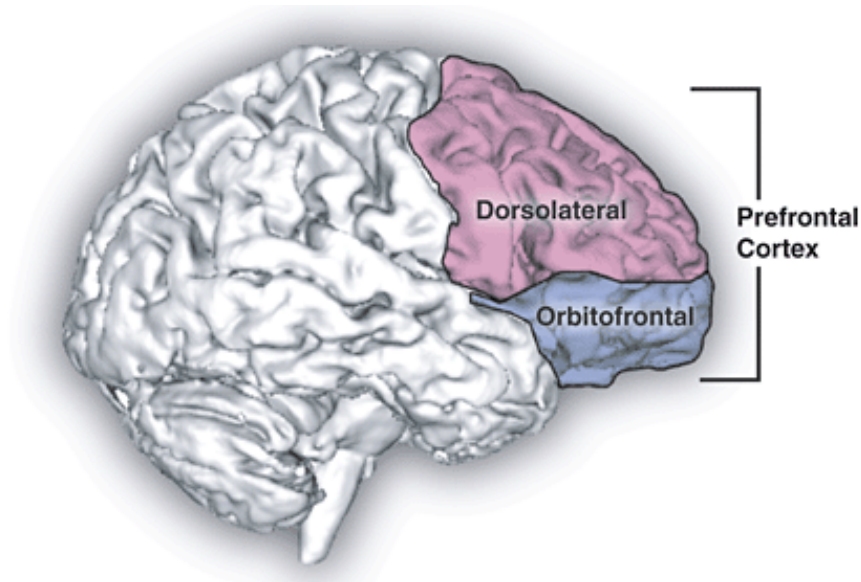


(Lemes et al., 2021). Tal como destacamos en el apartado anterior, estos procesos son cruciales en el entorno educativo. Además, la manera en que se desarrollan y nutren los procesos cognitivos tiene un impacto duradero para la vida futura de un adolescente. Según las investigaciones de Gale, se ha mostrado que, en la adolescencia, la cognición puede ser un predictor importante de la salud del individuo más adelante en su vida (Gale et al., 2010; Gale et al., 2012). Un sano desarrollo cognitivo durante la niñez no solamente impacta en su bienestar y logros del presente, sino que es también un fuerte predictor de salud mental y física, mayor calidad de vida y mayor estatus económico en el futuro (Feinstein y Bynner, 2020; Marmot et al., 2010).

Un buen rendimiento cognitivo mide, entre otras cosas, la calidad de las funciones ejecutivas del cerebro, que se describen como las funciones cerebrales más complejas y sofisticadas del ser humano, ubicadas en la corteza prefrontal, principalmente. Tirapu-Ustarroz y Luna-Lario (2008, p. 221) las describen como “una serie de mecanismos implicados en la optimización de los procesos cognitivos para orientarlos hacia la resolución de situaciones complejas o novedosas”. Son “los procesos que asocian ideas, movimientos y acciones y los orientan a la resolución de problemas” Tirapu-Ustarroz et al. (2012, p. 90). situadas principalmente en la corteza prefrontal (pero interconectadas con otras regiones cerebrales) y que cumplen un rol de director de orquesta, dinámico y creativo, dirigiendo y coordinando los procesos cognitivos implicados en el control consciente de las conductas y los pensamientos.

Las funciones ejecutivas son funciones de control cerebral que necesitamos para concentrarnos y pensar, y no actuar impulsivamente. La literatura identifica tres funciones ejecutivas básicas: la inhibición de respuesta (la capacidad de autorregulación y autocontrol, la capacidad de sostener la atención, de no reaccionar impulsivamente), la memoria del trabajo (la capacidad de mantener información en tu mente mientras trabajas con ella para resolver otra tarea cognitiva) y la flexibilidad cognitiva (la capacidad de ver un problema de distintas perspectivas, o de cambiar nuestro punto de vista) (Miyake et al., 2000, p. 53). Estas forman la base para las funciones ejecutivas más sofisticadas como el razonamiento, la evaluación, la resolución de problemas y la planificación (Collins y Koechlin, 2012; Lunt et al., 2012). Las funciones ejecutivas comprenden redes entre la corteza prefrontal, cerebro medial y diversas otras regiones.

**Figura 10:** La corteza prefrontal.



La corteza prefrontal, ubicación principal de las funciones ejecutivas. Fuente: Elaboración propia.

Evidentemente, el sano funcionamiento de las funciones ejecutivas favorece la toma de decisiones oportunas en lo afectivo, social, académico, profesional y laboral. En las palabras de Adele Diamond, las funciones ejecutivas son: “algunas de las habilidades más importantes para la felicidad y el éxito en la escuela y en la vida” (Diamond, 2013, p. 2). Un buen desarrollo de las funciones ejecutivas facilita la toma de decisiones, la resolución de problemas, la planificación y el actuar en ámbitos diversos que requieren la sana gestión de emociones, de relaciones sociales, la planificación de nuestra vida profesional y laboral como también desafíos académicos de razonamiento.

John Medina las describe como un conjunto de capacidades mentales que nos ayudan hacer cosas. Localizado en el lóbulo frontal del cerebro, nos ayudan a establecer prioridades, planificar y ajustar planes si necesario, resolver problemas, controlar impulsos, y sopesar las consecuencias de nuestras acciones y gestionar nuestra atención (John Medina, 2014, p. 10 & 11). José Antonio Marina, refiriéndose a la inteligencia ejecutiva que nace de las funciones ejecutivas bien entrenadas, resume que:

“Se las relaciona con los lóbulos frontales, que trabajan como un director de orquesta del resto de la actividad cerebral. En torno a la inteligencia ejecutiva se han identificado nueve funciones principales: activación cerebral intencionada, inhibición del impulso, control de la atención, selección de metas, mantenimiento del flujo de energía dirigido a una meta, memoria operativa, flexibilidad, regulación emocional y metacognición.” (Marina, 2018, p.6).

**Figura 11:** Las funciones ejecutivas.

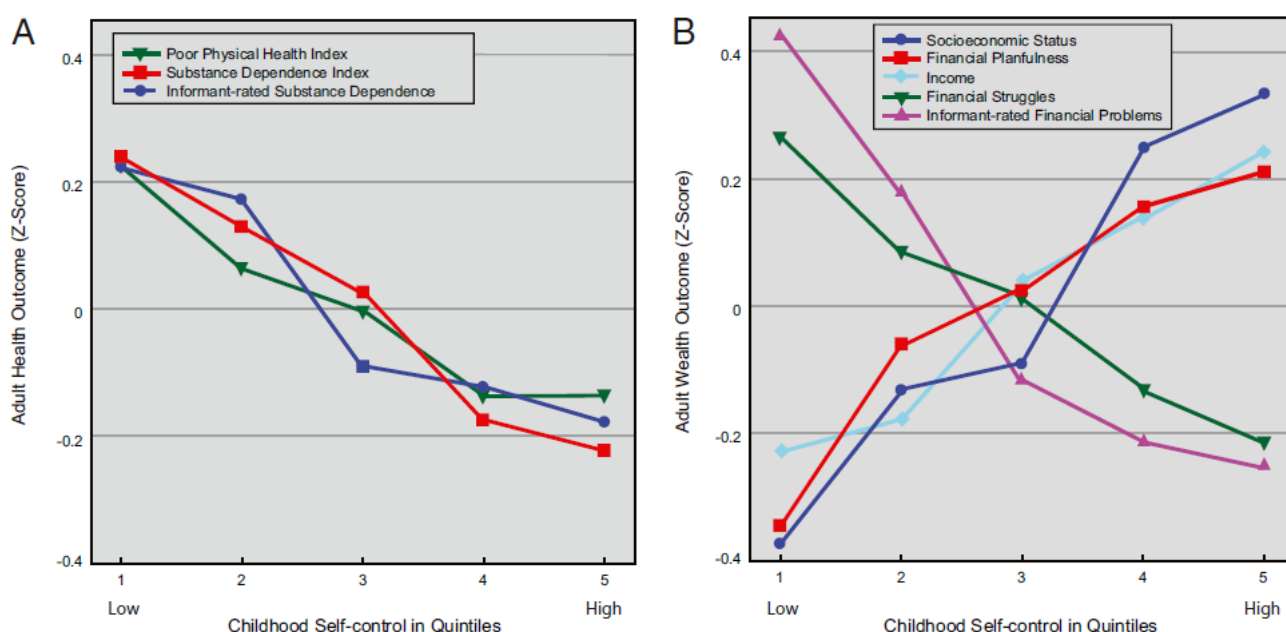


Las funciones ejecutivas del cerebro, según Marina. Fuente: Marina (2018)

Diversos estudios muestran que el buen rendimiento cognitivo en la adolescencia es trascendental para la vida adulta del individuo. En un estudio longitudinal, Cheng y Furnham (2012) afirmaron que el funcionamiento cognitivo a la edad de once años era un fuerte predictor de prestigio ocupacional a la edad de 50. Moffitt et al. realizaron un estudio longitudinal con 1.000 niños que estudiaron desde los once años hasta treinta años

después (Moffitt, 2011; Moffitt, 2012). La investigación reveló que los niños y las niñas con menor capacidad de inhibición de respuesta entre las edades de tres y once, luego de treinta años, como adultos, mostraron tener peor salud, ganar menos, ser menos felices y cometer más crímenes que sus pares. Algunos de los resultados pueden ser observados en el Gráfico 3 a continuación.

**Gráfico 3:** La curva del autocontrol. Niños con menor autocontrol tenían mayores problemas de salud (A) y más problemas económicos (B).



El pendiente del autocontrol. Gráfico A muestra bajo autocontrol en la niñez asociado a problemas de salud. Gráfico B muestra bajo autocontrol en la niñez asociado con problemas económicos financieros.

Fuente: Moffitt et al, 2011.

Esta tesis se construye sobre el entendimiento que el rendimiento cognitivo escolar tiene importantes implicaciones para los ciudadanos/as futuros y para la sociedad. Estas funciones ejecutivas del cerebro son además críticas para el éxito en el colegio (Alloway y Alloway, 2010) en el trabajo (Bailey, 2007), en las amistades (Rotenberg et al, 2008), en relaciones de pareja (Eakin et al, 2004), para la salud mental y física (Miller et al 2011) y para la calidad de vida (Davis et al., 2011). El rendimiento cognitivo y los logros académicos han sido declarados recientemente resultados críticos para los niños y

adolescentes por la Organización Mundial de la Salud (Chaput et al., 2020). Cristi-Montero et al. (2022) observan que, en este sentido, los comportamientos relacionados con la salud son cruciales durante la infancia debido a su impacto sobre las características del cerebro (la estructura, la función, la perfusión), la neurogénesis del hipocampo, la liberación de factores neurotróficos, la cognición, la capacidad de aprendizaje y los logros académicos.

Mientras la cognición puede actuar como predictor de factores de calidad de vida y rendimiento académico, es a la vez impactada y afectada por diversas variables. La cognición se puede considerar como parte de una compleja red interconectada de variables a nivel individual y social. Sin embargo, la actitud quizás predominante que se observa en contextos educativos y actitudes hacia el aprendizaje y enseñanza es una que hace eco de la declaración del filósofo René Descartes “Pienso, luego existo”, como si el pensamiento abstracto, el raciocinio se pudiera separar del resto de nuestro ser y entorno. Refleja la tendencia del pensamiento occidental de entonces a compartimentar distintas facetas del ser humano y la vida humana. Entonces en un contexto académico y educativo, se tiende a considerar la educación y el aprendizaje como propios de o implicando exclusivamente procesos de pensamiento abstracto, y “académico”.

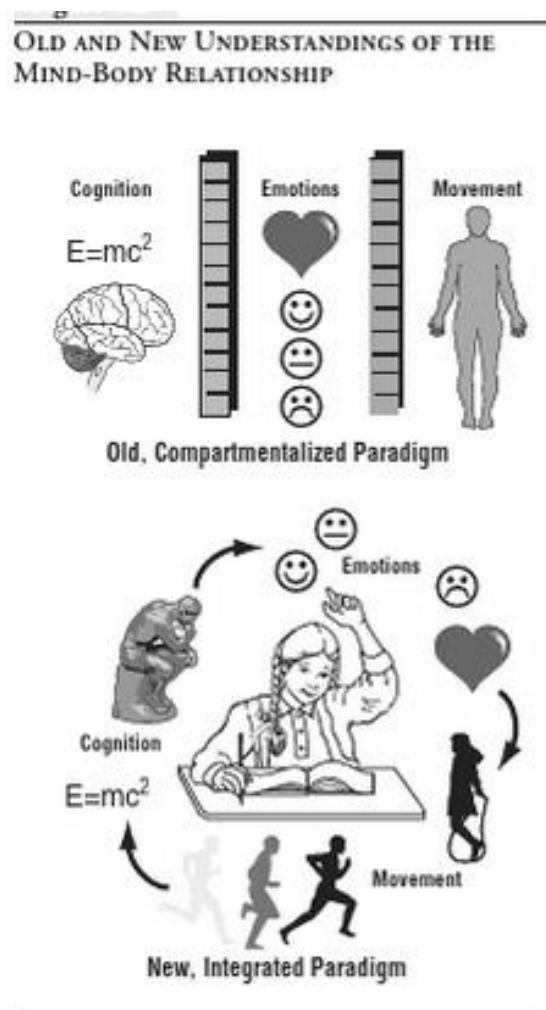
Lo anterior se evidencia en la importancia otorgada por los colegios y el sistema educativo a las asignaturas centrales de lenguaje, matemáticas y ciencias. Y se tiende a medir tanto el éxito del estudiante individual como el del colegio mediante pruebas estandarizadas y *rankings* nacionales e internacionales como el Sistema de Medición de Calidad Educativa (SIMCE) en Chile, y el Programa para Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) a nivel global, que se enfocan en esas destrezas bastante tradicionales y “académicos”. Como consecuencia de esta presión por el rendimiento en las cifras y en los rankings, se observa la priorización por los colegios de esas asignaturas centrales – lenguaje, matemáticas y ciencias – al desmedro de otras asignaturas más holísticas o globales, que se perciben como superfluas o menos importantes, tales como son la educación física, el teatro, la música, el arte, el deporte etc. (Chaddock-Heyman et al., 2018; Donnelly y Lambourne, 2011). Se perciben como una pérdida de tiempo porque quitan tiempo a las asignaturas importantes, las que rinden los puntajes y resultados académicos en las pruebas.

Sin embargo, esta perspectiva de divorciar la cognición de los demás elementos del desarrollo del estudiante – su bienestar socioemocional, la expresión corporal, la música, la actividad física, la educación física, etc. no beneficia finalmente a la cognición, y hay diversos estudios que lo muestran. La neurocientífica Adele Diamond explica cómo las funciones más sofisticadas de la cognición, las “funciones ejecutivas” que incluyen la capacidad del pensamiento crítico, la resolución de problemas, la flexibilidad cognitiva, y el raciocinio (Diamond, 2006; St Clair-Thompson y Gathercole, 2006) descansan sobre el bienestar cerebral en otros ámbitos y son afectadas por el estrés, o el bienestar social y emocional (Diamond, 2010, p. 783).

Los neurocientíficos Immordino-Yang y Damasio lo expresan inequívocamente en su artículo “We feel, therefore we learn” (“Sentimos, así aprendemos”) que hace hincapié en la importancia de las emociones y de la interacción social para el proceso de aprendizaje (Immordino-Yang y Damasio, 2007). Damasio fue pionero en su propuesta de que los procesos cognitivos como la toma de decisiones y las funciones complejas del lóbulo prefrontal inevitablemente incorporan a las emociones. La neuróloga y docente Judy Willis describe cómo en situaciones de estrés o miedo, el cerebro experimenta una especie de secuestro de la amígdala, el centro de emociones (Willis, 2009). Al registrar una situación de amenaza, el cerebro entra en modo de supervivencia y su prioridad es tratar la fuente de la amenaza, con la consecuencia de que otras funciones cognitivas asociadas al aprendizaje son perjudicadas.

Eric Jensen en su libro *Teaching with the brain in Mind* (2005) se refiere a la necesidad de un cambio de paradigma: de una concepción fragmentada y compartimentada de cerebro, emoción y cuerpo a una integrada. En la Figura 12, observamos las dos imágenes que emplea Jensen para ilustrar este cambio de paradigma (Jensen, 2005, p. 65). Finalmente, Adele Diamond (2010, p. 780) propone que, si la meta de la educación es el aprendizaje académico, debemos enfocarnos, de forma contraintuitiva, en lo no-académico, en la salud del estudiante, en su desarrollo social, emocional y físico: la persona en su totalidad.

**Figura 12:** La aproximación antigua y nueva a la relación mente-cuerpo.



Fuente: Jensen (2005, p. 65)

A continuación, esta tesis revisa una variedad de factores que se asocian al rendimiento cognitivo. Son las variables del estrés escolar, calidad de sueño, actividad física, sobrepeso y obesidad, calidad de vida, condición física, dieta saludable, vulnerabilidad escolar, tipo de colegio. Es pertinente examinar estas variables que impactan sobre la cognición porque podrían elucidar cómo incidir para mejorar el rendimiento cognitivo en adolescentes, sobre todo cuando sus condiciones de vida presentan un obstáculo para el rendimiento cognitivo. La literatura hasta ahora ha usado mayoritariamente métodos de análisis que exploran una relación bilateral o de causa-efecto entre cognición y la variable en cuestión, o entre algunas variables mediante análisis de regresión, mediación y moderación (Andersen et al., 2019; Solis-Urra et al., 2021). Sin embargo, como he descrito anteriormente, en el marco de una perspectiva de complejidad, este estudio

propone un modelo más complejo e integrado para explorar las interrelaciones múltiples, simultáneas y dinámicas entre el conjunto de variables.

En los siguientes párrafos vamos a explorar la relevancia de las nueve variables mencionados arriba, sus interrelaciones con el rendimiento cognitivo, y sus interrelaciones entre ellas mismas.

### **1.2.2. Actividad física**

La literatura evidencia una asociación positiva y bien documentada entre la actividad física y el rendimiento cognitivo, y por contraste una relación negativa entre el sedentarismo y rendimiento cognitivo (Hillman et al., 2008; Solis-Urra et al., 2021; Ruíz-Ariza et al., 2016). Un número creciente de estudios muestran que un estilo de vida activo es beneficioso para el cerebro y la cognición a lo largo de la vida. Esteban-Cornejo et al. (2015) indican que de su metaanálisis, el 75% de los estudios revisados muestran asociaciones positivas significativas entre la actividad física y cognición.

Sin embargo, hay estudios que muestran poco efecto o incluso un impacto positivo nulo, o resultados no concluyentes (Basso y Suzuki, 2017; Wassenaar et al., 2020) que podría estar vinculados con los parámetros o calidad del estudio, calidad de los datos, si la actividad física es puntual o crónica, falta de instrumentos y mediciones estandarizados, influencia de otras variables como el horario de las pruebas, dieta, estrés, sobrepeso, características genéticas, fenotipos de los sujetos, etc. Sigue siendo un área de investigación compleja, con resultados ambiguos, y donde hace falta ahondar en los detalles, tomar en cuenta más variables para reducir interferencias y confundidores en los datos y aportar al rigor científico. Sin embargo, a grandes rasgos la actividad física parece tener una asociación positiva con funcionamiento y procesos cognitivos. A continuación, examinamos algunos de los matices del impacto de la actividad física sobre el rendimiento cognitivo.

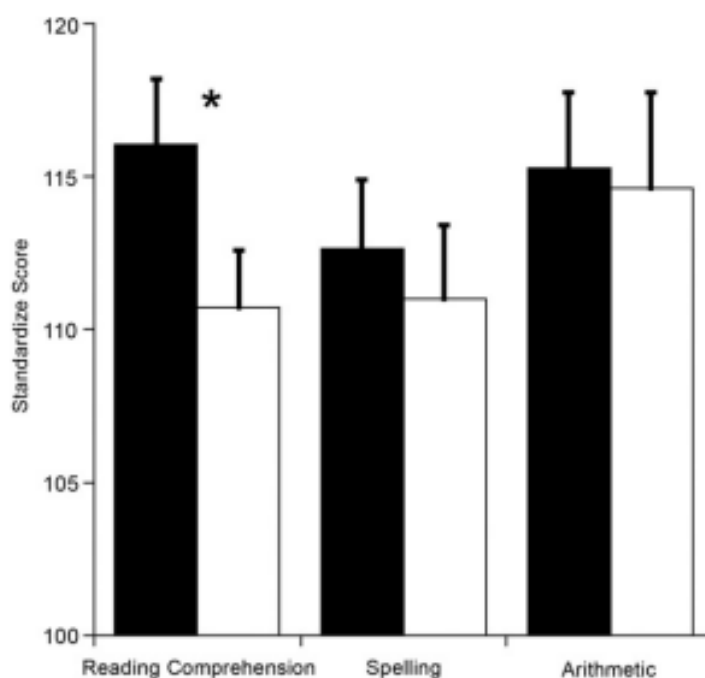
Autores como Tomporowski (2003) y Keeley y Fox (2009) afirman que un creciente volumen de estudios sugiere que la actividad física tiene una relación positiva evidente sobre la cognición en aspectos como la concentración, memoria del trabajo e inhibición del impulso. Numerosos metaanálisis como los de Donnelly et al. (2016) o de Castelli et



al. (2014) han recopilado los resultados de una amplia variedad de trabajos que destacan la asociación positiva entre actividad física y nivel de aptitud física, con rendimiento cognitivo, desarrollo cerebral y resultados académicos.

El Gráfico 4 a continuación, del estudio de Hillman et al. (2009) muestra el rendimiento de dos grupos de preadolescentes en 3 pruebas de lectura, ortografía y matemáticas. El primer grupo (barra negra) participaron en actividad física aeróbica antes de tomar la prueba cognitiva, mientras que el grupo control (barra blanca) no realizaron ejercicio. El gráfico muestra como el grupo experimental supera al grupo control en las 3 pruebas.

**Gráfico 4:** Rendimiento en pruebas académicas después de actividad física, grupo experimental (barra negra) versus grupo control, no actividad física (barra blanca).



Rendimiento de grupo experimental (actividad física) y grupo control (no actividad física) en pruebas de comprensión lectora, deletreo y aritmética. Fuente: Hillman et al., 2009.

La asociación positiva entre actividad física y cognición ocurre mediante una variedad de mecanismos: Por un lado, la actividad física provoca la liberación de neurotransmisores como la dopamina, serotonina y norepinefrina que favorecen la atención, motivación, memoria y aprendizaje (Basso y Suzuki, 2017). Por otro lado, el impacto positivo del

ejercicio físico sobre el tamaño y función cerebral ha sido estudiado e indica que la actividad física estimula la liberación del factor neurotrófico BDNF (Brain-derived growth factor, las siglas en inglés) (Guillén, 2018). La palabra “neurotrófico” significa ‘que cuida de las neuronas’. Efectivamente, el efecto de la liberación de BDNF en el cerebro es que estimula el nacimiento de nuevas neuronas: la neurogénesis, la proliferación de conexiones entre neuronas: sinaptogénesis, que ocurre principalmente en el hipocampo, región cerebral asociada al aprendizaje y la memoria, con la consecuencia del aumento del volumen del hipocampo y de la materia blanca (Hillman et al., 2008; Voss et al., 2013; Jeon y Ha, 2015).

Gould (2015) propone que además de los beneficios directos de la actividad física, se produce una disminución del nivel del estrés, que también favorece el aprendizaje. Sibley y Etnier (2003), en un metaanálisis encontraron una relación positiva entre actividad física y cognición en las ocho categorías de medición de rendimiento cognitivo. La literatura tiende a señalar una asociación positiva entre la actividad física y la cognición manifestada en: mejoras en funcionamiento cerebral, tamaño cerebral, rapidez de respuesta, desarrollo de funciones ejecutivas, etc. No obstante, la literatura afirma a la vez la implicación de numerosas variables en la asociación entre actividad física y rendimiento cognitivo. Lo que debemos contemplar es la complejidad de relación entre la actividad física y la cognición. Puede que no sea una relación sencilla de causa - efecto, tal como advierte Diamond (2012; 2010), sino una compleja interacción entre diversas variables señaladas al comienzo de este apartado - tales como el estrés, fenotipo, sobrepeso, entre otros. Desglosar y llegar a asociaciones más precisas es el desafío de las investigaciones futuras.

A pesar del gran volumen de evidencia de la asociación favorable entre actividad física y rendimiento cognitivo, la cultura de los colegios favorece el sedentarismo mediante las largas jornadas en que los estudiantes están sentados, la reducción de tiempo de recreos o asignaturas que implican la corporalidad (teatro, educación física y similar) (Donnelly y Lambourne, 2011; Guillén, 2018). En un metaanálisis de trabajos sobre actividad física, educación física y rendimiento académico en escuelas, Marques et al. (2017) señalan que hay una tendencia global a reducir el tiempo dedicado en las escuelas a la actividad física (UNESCO, 2014), que finalmente no solo afecta a la salud física y bienestar general de los niños/as, sino también a la salud cognitiva. Sin embargo, no hay evidencia que indique

que el rendimiento académico mejora si se reduce el tiempo dedicado a la actividad física en el colegio. De hecho, un creciente volumen de literatura señala que el efecto de la actividad física en la escuela, o es positivo para el rendimiento académico o al menos no lo perjudica (Ahamed et al., 2007).

Merece destacar que existe una escasez de datos para Chile y América Latina, con la gran mayoría de los estudios realizados en países desarrollados, que tiene importancia porque los demás factores como el nivel socioeconómico o contextos educativos son más favorables en estos contextos – factores que contribuyen a salud cerebral y rendimiento cognitivo, y al contrario contextos adversos la perjudican (Wassenaar, 2020; Ursache et al., 2016). Sin embargo, hay progreso en cuanto al levantamiento de datos sobre actividad física en América Latina y en Chile. A continuación, destacamos la reciente publicación de un informe global clave sobre niveles de actividad física.

El 24 octubre del 2022 se publicó el informe internacional Reporte Matriz Global 4.0, compilado por el Active Healthy Kids Global Alliance (AHKGA) que evalúa de forma multifactorial el nivel de actividad física de niños y adolescentes en 57 países participantes. Las 10 subcategorías de actividad física evaluadas son: (i) actividad física general, (ii) deporte organizado y actividad física, (iii) juego activo, (iv) transporte activo, (v) comportamiento sedentario, (vi) condición física, (vii) la familia y los compañeros, (viii) la escuela (ix) la comunidad y el ambiente, y (x) gobierno (Aubert et al., 2022). El Reporte Global Matrix 4.0 corrobora el muy bajo nivel de actividad física general entre los menores chilenos. De 57 países evaluados de 6 continentes, Chile se ubica en el quinto lugar de países con mayor sedentarismo y menor nivel de actividad física general, con solamente el 16,5% de niños y adolescentes activos físicamente (<https://www.activehealthykids.org/>).

El informe específico para Chile está disponible en <https://www.activehealthykids.org/chile/> o en [www.chileactivate.com](http://www.chileactivate.com) y presentamos a en la Tabla 1 un resumen de las notas en las 10 categorías evaluadas.

**Tabla 1.** Reporte de notas para actividad física para Chile, Matriz Global de actividad física 4.0.

	Categoría	Nota
1.	Actividad física global	D+
2.	Deportes y actividad física organizada	C-
3.	Juego activo	INC
4.	Transporte activo	D
5.	Comportamiento sedentario	D-
6.	Condición física	INC
7.	Familia y compañeros/as	D
8.	Escuela	C
9.	Comunidad y entorno	D+
10.	Gobierno	A-

Fuente: Elaboración propia con datos del Matriz global de actividad física 4.0.

De las 10 categorías evaluadas con un puntaje de A (nota alta) a F (nota baja), las notas más bajas de Chile eran en las categorías de comportamiento sedentario (D-), familia y compañeros (D), transportación activa (D), actividad física global (D+) y comunidad y entorno (D+). Evidentemente, el sedentarismo representa el otro extremo del espectro de estilo de vida activa. En contraste, el puntaje en la categoría de gobierno (política pública) es alto (A-). Para una correspondencia entre los puntajes A – F y puntajes porcentuales, ver Tabla 2.

**Tabla 2.** Rúbrica de puntajes y sus porcentajes correspondientes.

**Table 2 Global Matrix 4.0 Grading Rubric**

Grade	Interpretation	Corresponding number for analysis
A+	94%–100%	15
A	We are succeeding with a large majority of children and adolescents (87%–93%)	14
A–	80%–86%	13
B+	74%–79%	12
B	We are succeeding with well over half of children and adolescents (67%–73%)	11
B–	60%–66%	10
C+	54%–59%	9
C	We are succeeding with about half of children and adolescents (47%–53%)	8
C–	40%–46%	7
D+	34%–39%	6
D	We are succeeding with less than half but some children and adolescents (27%–33%)	5
D–	20%–26%	4
F	We are succeeding with very few children and adolescents (<20%)	2
INC	Incomplete—insufficient or inadequate information to assign a grade	Missing value

A: el puntaje más alto con nivel de éxito de 87%-93% de los niños/as y adolescentes evaluados; B puntaje indica éxito con bastante más de la mitad de niños/as y adolescentes; puntaje C indica éxito con aproximadamente la mitad; D indica éxito con menos a la mitad; F indica éxito con menos del 20% de los niños/as y adolescentes; INC indica información insuficiente. Fuente: Aubert et al. (2022).

### 1.2.3. Condición física

En una línea similar, el rendimiento cognitivo y la salud cerebral se ven también impactados por el nivel de actividad física habitual, y la evidencia científica indica que aptitud física (*fitness* en inglés) es un indicador potente de salud cerebral (Stillman et al., 2020). La literatura destaca una relación positiva entre la aptitud física y rendimiento cognitivo en niños. Según la investigación de Hillman et al. (2009), los niños con mejores niveles de aptitud física aeróbica mostraron mejor desarrollo cognitivo en lo que concierne control ejecutivo. Por otro lado, el grupo de investigación de Chaddock et al. (2010) realizaron un estudio experimental con niños de 10 años en que contrastaron los niveles de condición física de los niños y también midieron el tamaño de su hipocampo con neuroimágenes. Elucidaron que niños con mejores niveles de fitness aeróbico, mostraron mayor tamaño en la región hipocampal del cerebro. El Gráfico 5 muestra el resultado, en que los niños con mayor nivel de condición física tenían el hipocampo de mayor volumen.

**Gráfico 5:** Niños con menor nivel de condición física tienen menor tamaño hipocampal, y niños con mejor condición física tienen mayor volumen hipocampal.

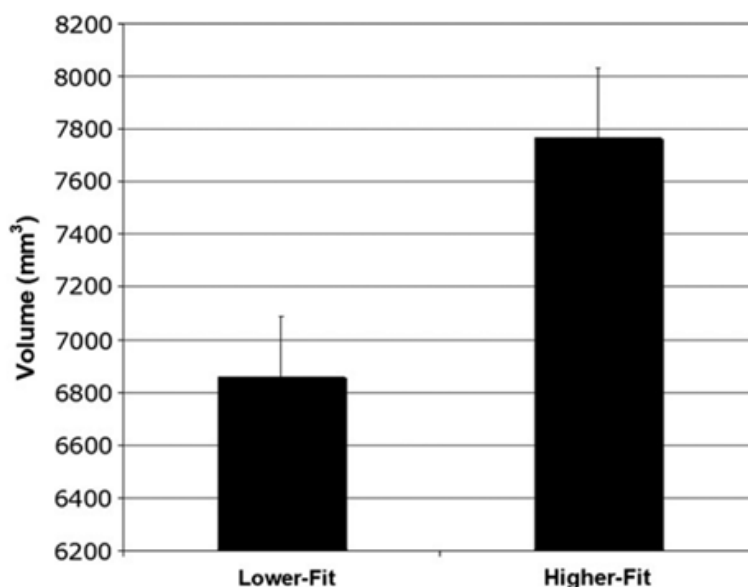


Fig. 1. Bilateral hippocampal volume as a function of aerobic fitness group. Error bars represent standard error.

El volumen hipocampal en niños con menor condición física (lower fit) y mayor condición física (higher fit). Fuente: Chaddock, L. et al. (2010)

Más recientemente, Chaddock-Heyman y sus asociados (2016) informaron de que el fitness aeróbico (condición física aeróbica) se asociaba con un mayor flujo sanguíneo cerebral. Estos autores descubrieron que los niveles de condición física aeróbica (fitness aeróbico) se asociaban con un mayor flujo sanguíneo del hipocampo en niños de 7 a 9 años, y sugieren que esto se vincula con mayor plasticidad cerebral, específicamente en el hipocampo.

Esteban-Cornejo et al., (2019b) con los proyectos ActiveBrains y FitKids, mostraron que niños con mayor de aptitud física tenían también mayor volumen de materia blanca y mejores resultados académicos. Además, el nivel de fitness aeróbico en niños predice su rendimiento cognitivo un año después, señala el estudio de Van Waelvelde et al. (2020). Lemes et al. (2021) en una investigación sobre el papel de condición física con respecto a rendimiento cognitivo, variables ecológicas de estilo de vida, personales y sociales, encontraron que una mejor condición física o nivel de fitness se asociaba a un mejor rendimiento cognitivo. Dichos resultados coinciden con la literatura que señala una asociación positiva entre condición física y funciones cognitivas como la flexibilidad

cognitiva, procesamiento cognitivo, memoria del trabajo y control inhibitorio (Fedewa et al., 2011; Pindus et al., 2015; Mora-González et al., 2019).

Algunos de los beneficios de la condición física para la cognición se evidencian a nivel de la liberación de factores neurotróficos, como también cambios en la micro y macroestructura cerebral. Por ejemplo, plasticidad hipocampal, que favorece el aprendizaje y formación de memoria (Voss et al., 2013; Cooper et al., 2018), como también memoria (Chaddock et al., 2010) y control ejecutivo (Hillman et al., 2009). En el estudio de Hillman et al. (2014), los niños/as que participaron en un régimen de mejoramiento de su nivel de fitness durante 9 meses, mostraron mejoras en el funcionamiento cerebral y rendimiento cognitivo, específicamente superando el grupo control en las tareas que exigían mayores recursos atencionales y control ejecutivo. Su capacidad de flexibilidad cognitiva e inhibición de respuesta, dos de las funciones ejecutivas, mejoraron sustancialmente (Hillman et al., 2014, p. 1068).

Esta variable, condición física (*fitness*), muestra estar bastante claramente asociada con beneficios para el desempeño cognitivo y académico. Resumiendo, concretamente, en niños con mejor condición física se identifica mayor tamaño en diversas regiones cerebrales relacionadas con el aprendizaje y la memoria, mejor rendimiento en pruebas cognitivas y mejores resultados académicos. No obstante, como se mencionó anteriormente, los niveles de actividad física habitual y niveles de estado físico están disminuyendo en los niños y adolescentes junto con un alza en comportamientos sedentarios, que resalta la importancia de la evidencia que aportan los trabajos mencionados arriba.

#### **1.2.4. Dieta saludable**

La adhesión a una dieta sana es otra variable de estilo de vida y salud física que en la literatura ha sido ampliamente vinculada con el rendimiento cognitivo y la capacidad de aprender (Gómez Pinilla, 2008). Por un lado, la dieta aporta energía para el funcionamiento del organismo y, por otro lado, nutrientes que mantienen su salud. Cuando hablamos de dieta y la ingesta de calorías y su calidad, el cerebro merece mucha consideración. Debido a su estructura compleja y las exigencias de procesamiento, tiene una actividad metabólica muy alta. Aunque solo representa aproximadamente el 2% de

la masa corporal total, utiliza 20% del total de la energía que ingerimos como comida (Raichle y Gusnard, 2002, p.10237). A continuación, desglosamos algunos matices de la relación entre dieta y cerebro.

En su artículo “Neurociencia de la alimentación y el segundo cerebro” (en *Neurociencia, Deporte y Educación*), Navarro y Collado (2018) se expresan de forma muy didáctica sobre las necesidades alimenticias del cerebro, explicando el impacto que tienen los distintos alimentos sobre la salud y el funcionamiento neuronal y cerebral. No pretendo en esta tesis presentar un resumen exhaustivo de directrices para un “menú neurosaludable” (algo que logran con creces Navarro y Collado, 2018). Sin embargo, quisiera destacar algunas prioridades para la salud cerebral: los ácidos grasos Omega-3 y 6 obtenidos en los pescados azules y grasos, aceites vegetales, semillas y frutos secos favorecen el funcionamiento cerebral. Las neuronas que tienen acceso a ácidos grasos se comunican más rápido y la red neuronal es más eficaz. El cerebro necesita obtener estos ácidos grasos esenciales para los procesos cognitivos de la alimentación, ya que no es capaz de producirlos por sí mismo (McCann, 2005). Durante las etapas de desarrollo cerebral, en la niñez y la adolescencia, la ingesta de ácidos grasos es especialmente importante.

Por otro lado, el rol de los granos en la relación cuerpo-cerebro es clave. Los hidratos de carbono aportan glucosa, clave para el funcionamiento del organismo y considerado como el “combustible” de preferencia del cerebro. Cereales integrales y no procesados o refinados favorecen niveles controlados de glucosa en la sangre, favoreciendo la liberación paulatina de glicemia en vez de alzas abruptas como sería en el caso de hidratos de carbono refinados o golosinas. Nuestro organismo necesita una dieta equilibrada, variada y saludable, compuesto por productos poco refinados y con niveles bajos de azúcares y grasas (Turner, 2011).

La literatura indica que la dieta impacta sobre la función cognitiva en humanos. Además, hay evidencia que la dieta tradicionalmente occidental (y actualmente globalizada), con sus niveles altos de azúcares y grasas saturadas, no es favorable para la salud corporal ni cerebral. La dieta contemporánea occidental impide el buen funcionamiento cerebral, por ejemplo, en la región hipocámpal donde reduce la proliferación de BDNF, factor neurotrófico esencial para la plasticidad neuronal y el aprendizaje (Navarro y Collado,



2018; Molteni, 2002). Además, la dieta tradicional de Occidente acelera procesos de envejecimiento y declive cognitivo, mientras que la dieta mediterránea se asocia con mejor funcionamiento cognitivo y ralentiza el proceso de deterioro cognitivo (Davidson et al, 2013; Hardman et al, 2016).

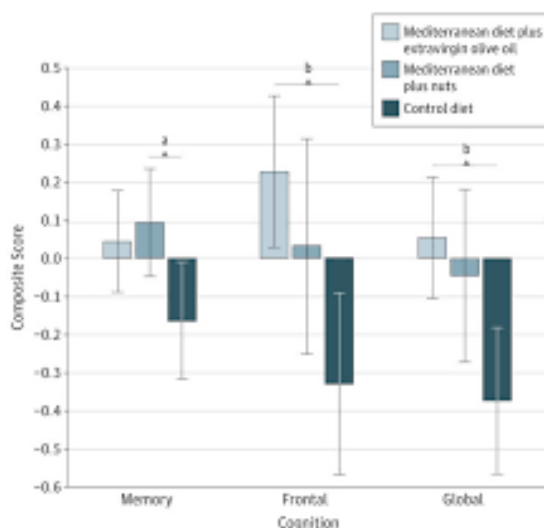
Las estadísticas para Chile son preocupantes: Chile presenta un alto consumo de alimentos poco saludables como son los helados y bebidas azucaradas, que, junto a otros alimentos altos en grasa e hidratos de carbono refinados, contribuyen a las altas cifras de obesidad (el 34% de la población). Cabezas (2015) subraya el liderazgo de Chile en América Latina por sus hábitos alimentarios poco saludables: “En general en América Latina tendemos a ser el país más obeso, con el consumo de bebidas gaseosas azucaradas más alto del continente”. Según un informe publicado en *The Lancet*, Chile es el país con mayor consumo de bebidas azucaradas en el mundo (NCD Risk Factor Collaboration, 2017). Evidentemente, estas cifras están relacionadas con las altas tasas de sobrepeso y obesidad de la sociedad chilena.

Dado que el estatus socio económico tiene vínculos documentados con casi todos los aspectos imaginables del desarrollo infantil, es fundamental considerar que su papel central en el aprendizaje y la nutrición de los niños. Además, estudios empíricos recientes revelan una asociación significativa y negativa entre la ingesta nutricional y el aprendizaje entre los niños de familias con bajos ingresos. En concreto, los niños desfavorecidos con dietas menos saludables demuestran menores habilidades matemáticas al entrar en el jardín de infancia (UNICEF, 2018). A un nivel más primordial e inmediato, si debido a malos hábitos o falta de acceso a la alimentación, un niño/a siente hambre, afectará su capacidad atencional y de aprendizaje (Kemps et al., 2008).

Esta investigación mide la adhesión a una dieta mediterránea como herramienta para evaluar una dieta saludable. La dieta mediterránea, que proviene de los países del sur de Europa como España, Grecia e Italia, consiste en abundantes cantidades de verdura, fruta, pescado, frutos secos, y aceite de oliva – y cantidades reducidas de carne roja, grasas trans y azúcares. Sofí et al, (2010) en una revisión, afirman la asociación de dieta mediterránea con indicios de vida sana y expectativa de vida, a base de lo cual se emplea como medición de dieta saludable.

En otro estudio, Valls-Pedret et al. (2015) contrastaron el impacto de una dieta mediterránea con aceite de oliva, una dieta mediterránea con nueces y una dieta control que se caracterizaba por ser de bajo consumo de grasas. En una representación gráfica de los resultados del estudio de Valls-Pedret et al. (2015), el Gráfico 6 muestra que la dieta mediterránea más aceite de oliva se asocia a mayor cognición frontal, como también mayor función cognitiva global. La dieta mediterránea con nueces superó la dieta mediterránea tradicional en capacidad de memoria. La dieta control, en contraste, arrojó resultados negativos en cada de las tres categorías.

**Gráfico 6:** Funciones cognitivas y dieta mediterránea.



Primera barra azul claro = dieta mediterránea con aceite de oliva extra virgen, segunda barra azul celeste = dieta mediterránea con nueces, tercera barra azul oscuro = dieta control. Eje Y representa el puntaje cognitivo; eje X representan 3 pruebas de (i) memoria (ii) cognición frontal y (iii) cognición global. Fuente: Valls-Pedret et al., 2015.

Con respecto a esta herramienta para evaluar dieta sana, Hardman et al. (2016), en un metaanálisis, sintetizan los resultados de 129 estudios de investigación sobre dieta mediterránea y cognición en adultos. La amplia mayoría de los estudios confirmaron que la adhesión a una dieta mediterránea es un buen indicador de salud cerebral, mejorando diversos dominios cognitivos como también volumen cerebral y reduciendo la degeneración cognitiva. Específicamente, los dominios cognitivos que se beneficiaron de la dieta mediterránea eran los de atención, memoria, función ejecutiva, entre otros (Hardman et al, 2016). Estas funciones cognitivas son esenciales para el aprendizaje, tal

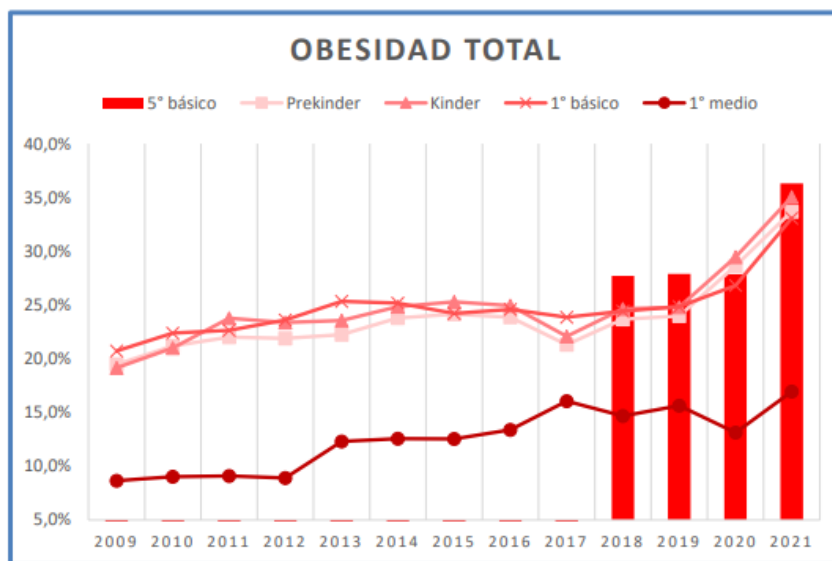
como hemos examinado anteriormente. Adhesión a la dieta mediterránea, entonces, se puede considerar como una medida protectora de salud cognitiva que se asocia a mayor capacidad cognitiva (Ibid.).

### **1.2.5. Obesidad**

El siguiente factor que exploramos es el sobrepeso y la obesidad. Al examinar la variable de sobrepeso y obesidad, necesariamente debemos tener en mente la información del apartado anterior, dieta. Las cifras para sobrepeso y obesidad infantil en Chile han incrementado progresivamente durante los últimos años, exacerbado por la pandemia global de Covid-19 y las restricciones al movimiento que conllevaba el periodo de encierro entre 2020 y 2021. A nivel global, las cifras de sobrepeso y obesidad aumentan, hasta llegar al estado actual, considerado por organismos globales de salud como una epidemia global. En el metaanálisis de Di Cesare con su equipo recopilan las cifras de United Nations Children's Fund (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial sobre esta "emergencia global" de sobrepeso y obesidad infantil (UNICEF, 2019). Los estados miembros de la OMS han aprobado el objetivo de aumento cero en sobrepeso infantil para 2025 (World Health Organization, 2014).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) Chile es el segundo país de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) con más sobrepeso y obesidad, con el 74,2% de su población afectada (WHO, 2020), que se traduce en que 3 de cada 4 personas tiene sobrepeso u obesidad. Es más, en los últimos años Chile ha ido subiendo en los rankings internacionales y ahora ocupa el décimo lugar mundial para la obesidad de la población en general y quinto lugar para obesidad infantil (Vio del Río, 2018). El último informe de 2022 de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (Junaeb) identifica un aumento progresivo de la obesidad total entre escolares, particularmente entre 2020 y 2021, como se aprecia en el Gráfico 7.

**Gráfico 7.** Evolución de la prevalencia de obesidad total entre los años 2009-2021 por curso.



Fuente: Junaeb 2022. Informe Mapa Nutricional 2021.

Es esencial situar estas cifras en un marco contextual. Entonces, debemos mirar más allá de las cifras y considerar el entorno más amplio. Esencialmente, el aumento de peso está vinculado a la ingesta elevada de energía que supera los requisitos energéticos del individuo, y que se traduce en que las calorías consumidas no son utilizadas, situación que se agrava cuando se acompañan por niveles reducidos de actividad física (Swinburn, 2002). Además, estas calorías frecuentemente provienen de hidratos de carbono refinados y comida procesada, alto en azúcares y grasas.

Pero más allá de esta sencilla ecuación, una plétora de otros factores incide en el sobrepeso u obesidad, entre ellos factores culturales, de estilo de vida, sedentarismo, educación, consumismo, distribución y accesibilidad de comida y bebidas con alto valor calórico. Los hábitos alimentarios, presentados en el apartado anterior, y el sobrepeso de la sociedad chilena se vinculan con otras variables discutidas aquí, tales como el índice de vulnerabilidad social y económica, o el nivel de educación. Palma y Cabezas (2022), en su investigación sobre la relación entre índice de masa corporal (IMC) y variables socioeconómicas en la población chilena identifican una relación clara entre nivel socioeconómico, nivel educacional y sobrepeso, tal como se observa en la Tabla 3 a continuación.

**Tabla 3:** Índice de Masa Corporal (IMC) según sexo, edad, años de educación, ingreso económico y tabaquismo.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos.

Sexo	Variables	IMC			Total
		Normopeso	Sobrepeso	Obeso	
Hombre	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,0	27,2	33,1	26,8
	Edad (años)	42,8	46,2	47,2	45,2
	Educación (años)	6,8	6,6	6,3	6,6
	Ingreso económico (deciles)	5,2	5,5	5,4	5,4
	Fuma (Sí fuma = 1; No fuma = 0)	0,4	0,3	0,3	0,3
Mujer	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,7	27,3	34,2	27,3
	Edad (años)	41,8	46,6	47,2	45,0
	Educación (años)	7,3	6,4	5,9	6,6
	Ingreso económico (deciles)	5,5	5,2	4,7	5,2
	Fuma (Sí fuma = 1; No fuma = 0)	0,3	0,3	0,2	0,3
Total	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,8	27,3	33,8	27,1
	Edad (años)	42,2	46,4	47,2	45,1
	Educación (años)	7,1	6,5	6,0	6,6
	Ingreso económico (deciles)	5,4	5,3	4,9	5,3
	Fuma (Sí fuma = 1; No fuma = 0)	0,3	0,3	0,3	0,3

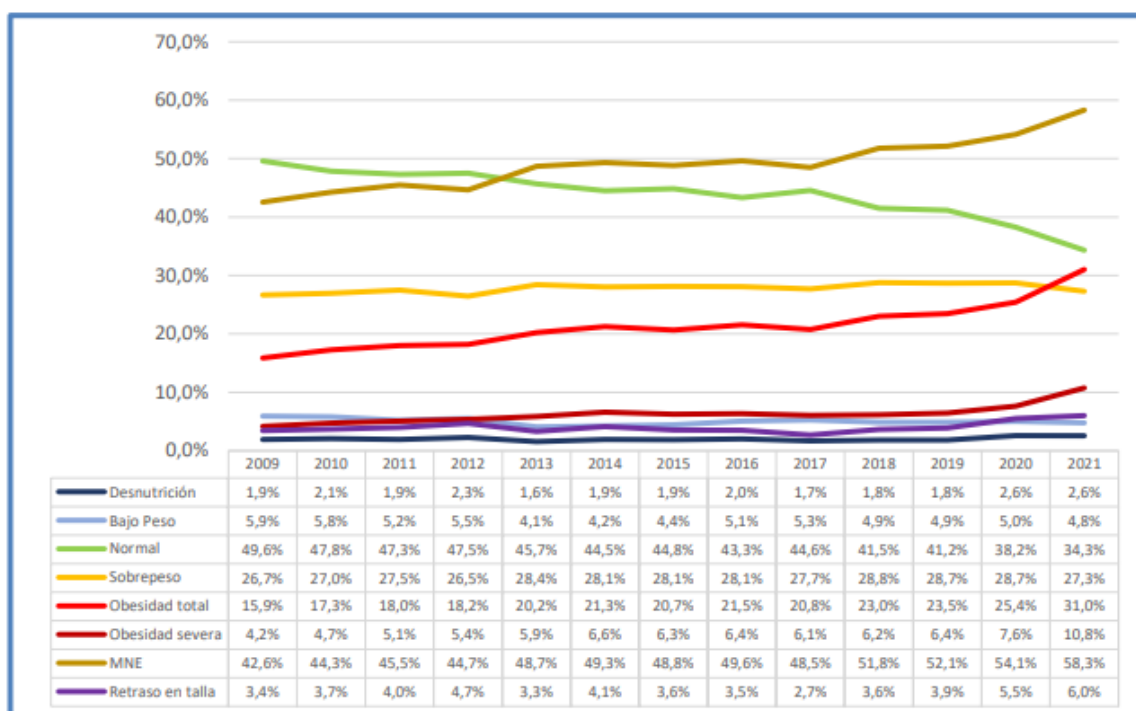
Fuente: Encuesta de Protección Social (EPS).

Fuente: Palma y Cabezas (2022).

Palma y Cabezas (2022) hacen hincapié en que el IMC subió a medida que aumentó la edad y disminuyó con el aumento del ingreso económico. Generalmente los grupos de niveles socioeconómicos más altos tienden a tener una mejor condición física (Palma y Cabezas, 2021). Los autores identifican además que a medida que aumentó el nivel educacional de los encuestados, su IMC se redujo. Concretamente, el sobrepeso disminuye en un punto por cada cinco años de educación. Palma y Cabezas resaltan la multicausalidad subyacente al sobrepeso o IMC elevado. Su investigación también otorga a la variable de educación un valor importantísimo en lo que concierne su potencial impacto en el comportamiento de otras variables.

Esta observación es avalada por los hallazgos de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (Junaeb), perteneciente al Ministerio de Educación de Chile (Mineduc), que publicó en 2021 su informe gráfico: el Mapa Nutricional de Chile que resume las cifras de sobrepeso y obesidad en niños, niñas y adolescentes escolares, y los analiza según covariantes como nivel socioeconómico, región geográfica, entre otros. Según dicho estudio de Mineduc, en los estratos más pobres de la población, hay 44% más de sobrepeso y obesidad en niños, niñas y adolescentes (Mineduc, 2021). Según el mismo Mapa Nutricional, las cifras de sobrepeso y obesidad subieron de 2020 a 2021, con un 31% de niños obesos y un 10,8% con obesidad severa. Solamente el 34,3% de los niños registraron un peso normal. Ver el Gráfico 8 a continuación.

**Gráfico 8.** Estado nutricional de todos los cursos evaluados desde el año 2009 al 2021 – Mapa Nutricional 2021.



**MNE = Malnutrición por exceso (sobrepeso + obesidad + obesidad severa).**

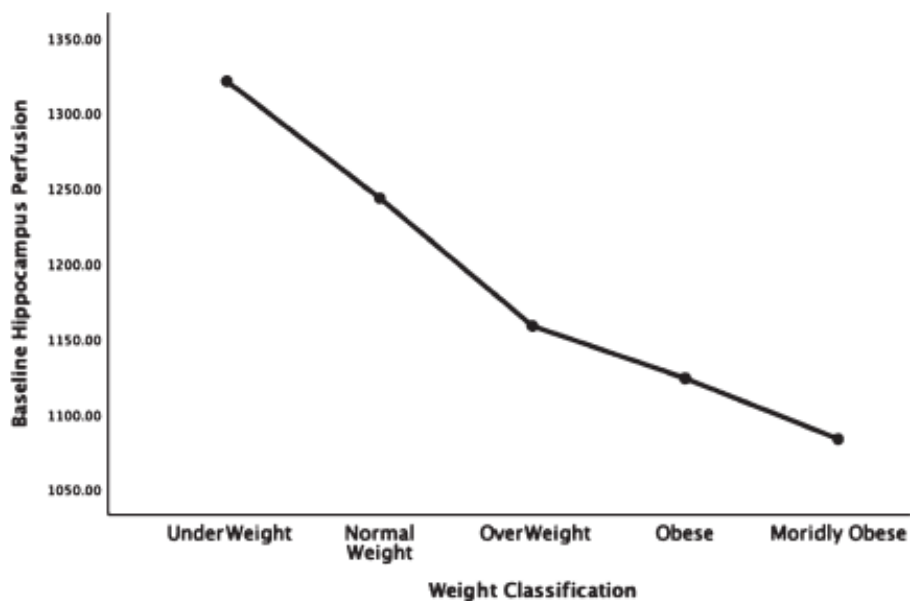
**2018\*:** aumenta la prevalencia de obesidad total pues se comienza a incorporar el 5º básico, que es el curso con más prevalencia de obesidad en 2018.

Fuente: JUNAEB (2022). Informe Mapa Nutricional 2021. Chile

La literatura indica que el sobrepeso y obesidad, particularmente en niños/as y adolescentes aumenta los riesgos para la salud física pero también conllevan

impedimentos cognitivos. Al indagar en la literatura, identificamos que el sobrepeso muestra una asociación negativa con el desarrollo y funcionamiento cognitivo (Hernández et al., 2021). La evidencia asocia el sobrepeso y la obesidad con un flujo reducido de sangre al cerebro, implicando diversas regiones cerebrales incluida la del hipocampo. El equipo de Amen et al. (2020) investigó la relación entre obesidad y la perfusión de distintas regiones cerebrales. El estudio destaca el vínculo entre sobrepeso y el encogimiento de cerebro, producto de su reducida perfusión, resultado de la reducción en la sangre, el oxígeno y los nutrientes que llegan al cerebro. Dicho estudio elucidó que a medida que se aumenta IMC, se reduce tamaño hipocampal, algo que evidentemente tiene implicancias graves para el funcionamiento cerebral y el rendimiento cognitivo, ya que algunas de las funciones de aprendizaje y memoria se encuentran en el hipocampo. Ver el Gráfico 9 a continuación (Amen et al., 2020).

**Gráfico 9:** Perfusión hipocampal y índice de masa corporal (IMC).



**Fig. 3.** Areas of obesity-related hypoperfusion in brain regions vulnerable to Alzheimer's disease: hippocampus.

Hipoperfusión en el hipocampo, área asociada al aprendizaje y la memoria, y consecuentemente vulnerable a la enfermedad de Alzheimer. El eje Y representa el nivel de perfusión y el eje X muestra clasificación de peso, desde bajo peso a la obesidad mórbida. Fuente: Amen et al., (2020) Patterns of Regional Cerebral Blood Flow as a Function of Obesity in Adults.

Hamer y Batty (2019), en un estudio publicado en la revista *Neurology*, examinaron una base de datos de casi 100.000 personas en que consideraron la relación entre dos mediciones de sobrepeso, Índice de Masa Corporal (IMC) y ratio de cintura-cadera, y encontraron que personas con sobrepeso tenían un menor volumen de materia gris que las personas con un peso normal. Enfocándonos específicamente en el impacto de sobrepeso y obesidad en niños, según la investigación de Davis y Cooper (2011), niños con sobrepeso mostraron peor rendimiento cognitivo y comportamiento en el entorno escolar. En el dominio cognitivo y académico los niños con sobrepeso mostraron peor rendimiento en función ejecutiva, y desempeño en matemáticas y lectura.

Esteban-Cornejo et al. (2019a, 2019b) llegaron a conclusiones parecidas en su estudio, donde encontraron que los resultados académicos en niños/as y adolescentes con sobrepeso u obesidad es menor que sus pares. En otro estudio, Liang et al. (2014) identifican peor rendimiento en niños con obesidad, particularmente en los dominios cognitivos de atención, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, rendimiento visuoespacial y toma de decisiones. Cuando entornos de vulnerabilidad socioeconómica del niño/a convergen con sobrepeso-obesidad, el impacto sobre el desarrollo y rendimiento cognitivo, y sobre sus posibilidades vitales futuras se agudiza.

Miguel Cabezas, del Centro de Investigación en Sociedad y Salud (Universidad Mayor, Chile), destaca en su investigación la fuerte asociación entre el IMC y el nivel socioeconómico, ya que normalmente los estratos sociales con mayores ingresos tienen una mejor condición física. Además, el investigador elucida una relación entre IMC y nivel educativo y logra ponerle número a esa correspondencia: por cada cinco años de educación, disminuye en un punto el IMC. Como mayor acceso a la educación a niveles secundarios o superiores, menor es el sobrepeso (Palma y Cabezas, 2022).

La obesidad, además se asocia con peor rendimiento cognitivo y con niveles más altos de vulnerabilidad. El Índice de vulnerabilidad escolar (IVE) es un indicador complejo, multifactorial que indica diversas categorías de vulnerabilidad, explicadas en detalle en el apartado 1.2.7. Cristi-Montero et al. (2021) y Hernández et al. (2021) en sus investigaciones con datos del proyecto Cogni-Acción, se basan en la literatura sobre (i) el impacto nocivo de la obesidad sobre rendimiento cognitivo y (ii) las consecuencias negativas que tiene el IVE para rendimiento cognitivo. Sus estudios muestran que el nivel



de fitness juega un rol mediador, mitigando o contrarrestando el impacto de la obesidad y la vulnerabilidad sobre el rendimiento cognitivo. En este sentido, este trabajo busca examinar las interrelaciones entre las diez variables seleccionadas con el objetivo de identificar dónde se puede incidir para interrumpir patrones perjudiciales y provocar cambios positivos para la salud cognitivo del adolescente y su resiliencia futura.

### **1.2.6. Calidad de vida**

Desde una perspectiva evolutiva, la calidad de vida se puede definir como "la habilidad de participar plenamente en funciones y actividades relacionados con aspectos físicos, sociales y psicosociales apropiadas para la edad" (Serra-Sutton, 2006). A nivel mundial, aunque las investigaciones sobre calidad de vida van en aumento, hay una escasez de investigación e información para para niños y adolescentes (Rajmil, 2001; Verdugo, 2002), como para Chile y América Latina también.

Esta tesis considera las variables de calidad de vida vinculadas la salud física y psicosocial mediante la herramienta de un cuestionario de auto reporte, KIDSCREEN-27. El cuestionario fue diseñado para niños/niñas y adolescentes de 8 a 18 años para evaluar la percepción subjetiva del bienestar físico, el bienestar psicológico, la relación con los padres y autonomía, el apoyo social y pares, y el entorno escolar (Ravens-Sieberer et al, 2007). Ver el cuestionario KIDSCREEN-27 completo en el Anexo 5. Como mencionamos anteriormente, estas variables de calidad de vida tienen la capacidad de incidir en el conjunto de interrelaciones en esta red de variables, así que es necesario explicitarlas y tenerlas consideradas. Además, nos interesa examinar si y cómo, las categorías que mide este cuestionario potencialmente se vinculan con el rendimiento cognitivo.

En lo que concierne a factores psicosociales, Diamond (2010) enfatiza el impacto del estrés y la soledad o tristeza sobre nuestra salud cerebral. El funcionamiento cerebral, que representa nuestra capacidad cognitiva sufre cuando experimentamos estrés, soledad, exclusión social y esto impacta especialmente en las funciones ejecutivas y la corteza prefrontal (Cacioppo y Patrick, 2008). Las consecuencias son impedimentos para la memoria y el aprendizaje. Específicamente se ve afectada la capacidad de tomar decisiones (Morgado, 2015) y la flexibilidad cognitiva.

En este sentido, la evaluación subjetiva de la calidad de sus relaciones con sus pares, con sus padres y con los profesores, como también su percepción de autoestima y del entorno escolar nos sirve como indicador de la calidad de vida de los sujetos. Estos factores que caben bajo el paraguas de “calidad de vida” deben también ser considerados cuando evaluamos la red de factores que influyen sobre el rendimiento cognitivo escolar. A continuación, exploramos algunas variables de calidad de vida, que se entrelazan entre sí y presentan una influencia potencial sobre el rendimiento cognitivo.

### **1.2.7. Vulnerabilidad escolar**

En este estudio empleamos un indicador llamado Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE), instrumento empleado por el Estado chileno desde 2006 mediante la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) del Ministerio de Educación (Mineduc). El IVE es un indicador complejo y multifactorial que se compila con los inputs de diversos organismos públicos que elaboran distintas mediciones de factores diversos de vulnerabilidad. La información es obtenida de las entidades públicas como el Ministerio de Desarrollo Social y de Familia (MDSF), el Fondo Nacional de Salud (FONASA), el Servicio Nacional de Menores (Sename), el Ministerio de Educación (Mineduc) y la JUNAEB.

“El concepto de Vulnerabilidad hace referencia a una condición dinámica que resulta de la interacción de una variedad de factores de riesgo y protección, individuales y contextuales (familia, escuela, barrio, comuna), antes y durante el desarrollo de un niño o niña, la que se manifiesta en conductas o hechos de mayor o menor riesgo biopsicosocial, cultural y/o ambiental, que inciden en los niveles de desarrollo y bienestar que las personas poseen o poseerán a lo largo de su vida”. (<https://www.junaeb.cl/medicion-la-vulnerabilidad-ivm>).

Detallamos las distintas categorías de este instrumento de medición desarrollado por el Estado chileno con más detalle en el apartado de Metodología. Ver el Anexo 6 para un resumen de estas categorías. Hoy en día el Índice de Vulnerabilidad refleja una concepción más completa y multifacética, ya que entre 2015 y 2016 hubo una revisión del modo de entender y medir la vulnerabilidad, para englobar factores

multidimensionales y plasmar una imagen más relevante, completa y actualizada de la vulnerabilidad. El nuevo índice se llama el Índice de Vulnerabilidad Multidimensional (IVM) y desde 2017 ha ido reemplazando el IVE paulatinamente (ver el Anexo 6 para las pautas de la recogida de datos para el IVM). La recogida de datos para el proyecto Cognición y Acción fue entre 2017-2019, justo después de dar ese cambio.

¿Por qué evaluamos índice de vulnerabilidad en este estudio? Cuando consideramos la neuroplasticidad, es clave no perder de vista que la plasticidad no es algo necesariamente positivo en sí. La neuroplasticidad favorece cambios en nuestra conectividad neuronal que pueden ser o beneficiosos o perjudiciales. A través de nuestro cerebro maleable, estamos en eterna adaptación a nuestro entorno a lo largo de nuestra vida. Experiencias nocivas en cuanto al bienestar psicosocial y socioeconómico también dejan su huella en nuestros cerebros. En este sentido, Tokuhama-Espinoza (2018) se refiere a factores de riesgo y factores protectores para el cerebro: factores que dejan una huella negativa o positiva vía la neuroplasticidad.

Estos factores que señalan el nivel de la vulnerabilidad social o el estatus socioeconómico – los ingresos, el bienestar emocional y material, el nivel educativo del padre y la madre – impactan sobre el desempeño y bienestar del individuo como también su rendimiento cognitivo actual y futuro (Jirout et al., 2009; Haas, 2006). Vivir en un barrio degradado y conflictivo, con elementos indeseables en la calle como drogas, pandillas, violencia o prostitución pone en riesgo un sano desarrollo cognitivo, socioemocional como también físico. Al otro extremo, está la huella que deja el estilo de vida en el entorno de un barrio acomodado, que luce espacios verdes, ciclo vías, centros comunitarios, buena iluminación, servicios e infraestructura.

En 2021 Rakesh y Whittle realizaron un metaanálisis sobre el impacto del nivel socioeconómico sobre el cerebro. Los autores afirmaron que la literatura ha mostrado asociaciones entre la desventaja socioeconómica y las propiedades neuronales como también la estructura y función cerebral. Concluyeron que la vulnerabilidad socioeconómica impacta de forma decisiva en cognición y rendimiento académico (Rakesh y Whittle, 2021). No están solos estos autores: Farah (2017) en su trabajo titulado “The Neuroscience of Socioeconomic Status: Correlates, Causes, and Consequences” recalca que: “El cerebro es un importante lugar de integración e influencia para la

multitud de factores ambientales que conforman nuestra vida, desde factores físicos (por ejemplo, la nutrición) a factores psicosociales (por ejemplo, la estabilidad familiar)” (Farah, 2017, p. 57). La autora subraya lo nuevo que es este campo y que las investigaciones son incipientes, pero en auge actualmente. Los estudios que examina Farah elucidan una correspondencia entre nivel socioeconómico en funcionalidad cerebral, principalmente en lenguaje, matemática, función ejecutiva, y memoria (Farah, 2017).

En lo que concierne estructura cerebral, también se evidencia una correlación entre nivel socioeconómico en y estructura cerebral, sobre todo en la corteza frontal y el hipocampo – resultados que concuerdan con los resultados de funcionalidad cerebral mencionados arriba (Noble et al., 2015; Gianaros et al., 2017).

Farah (2017) cita un estudio que encontró una diferencia de 6 puntos en CI entre niños de bajo estatus socioeconómico versus alto estatus. Posiblemente lo más impactante de dicho estudio es que esa brecha aumentó a una diferencia de 15 puntos cuando volvieron a tomar medidas a la edad de 16 (von Stumm y Plomin, 2015). Farah propone que es un objetivo crucial entender cómo el estatus socioeconómico interactúa con el desarrollo humano, y en nuestro caso el bienestar y desempeño cognitivo de escolares adolescentes. La pobreza no solo afecta el desarrollo y rendimiento cognitivos, sino se asocia con indicadores de vida saludable / poco saludable como el sobrepeso y obesidad. Los escolares de los estratos socioeconómicos más bajos de la sociedad chilena registran tasas de sobrepeso y obesidad 44% superiores que sus pares de hogares más acomodados (Mineduc, 2021).

Según Cristi-Montero et al. (2022), la pobreza, un entorno de vulnerabilidad social y un bajo estatus socioeconómico tienen una influencia significativa sobre salud cerebral, ingresos y estatus socioeconómico más adelante en la vida, tal como indican Cheng y Furnham (2012) y Campbell et al. (2014). En su trabajo, Ursache y Noble afirman el impacto sustancial y perjudicial de la vulnerabilidad social sobre la salud cerebral y cognición, encontrando específicamente que la integridad de la materia blanca y la flexibilidad cognitiva son comprometidas en niños de bajo estatus socioeconómico (Ursache y Noble, 2016, p.7-8).

En una línea parecida, Muscatell (2018) concuerda que un nivel socioeconómico bajo perjudica la función cerebral, específicamente visto en niveles altos de cortisol, tamaño reducido de materia gris y blanca, bajo rendimiento de memoria de trabajo, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. Consecuentemente, niños y niñas de contextos vulnerables muestran peor rendimiento cognitivo general (Hackman y Farah, 2009). La variable del estrés y su asociación con la cognición se examinan más adelante en este apartado.

Tal como señalamos arriba, el Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE) es una herramienta de medición creado por el Estado chileno que se emplea para calificar el nivel de vulnerabilidad social y económica de los estudiantes y a los colegios. Actualmente en Chile la brecha de desigualdad se sitúa en el 44,4%. La base de datos usada para esta tesis, muestra que el 75% de los estudiantes provienen de colegios con niveles de vulnerabilidad social y económica medianos a altos. Además, en el contexto actual a poco después de la pandemia de COVID-19 hay que considerar el aumento en la pobreza de la región como un factor de preocupación (Zar et al., 2020).

Los niveles de vulnerabilidad escolar se vinculan también al tipo de colegio a que asiste el niño/la niña, ya que, según la constitución, en Chile la educación gratuita, pública y de calidad no es un derecho universal, sino que las familias “tienen la libertad de elegir” entre la oferta educacional del Estado y otros proveedores privados (*Constitución Política de la República de Chile*, 1980). Los tres tipos de colegios en Chile son los públicos (municipales), los subvencionados y los privados. A continuación, desglosamos algunos de los detalles de esa variable, tipo de colegio. La literatura sugiere que Chile tiene uno de los sistemas educativos con la segregación socioeconómica más marcada del mundo (OCDE, 2011; Valenzuela et al., 2014), lo que plantea la pregunta de qué pueden hacer las escuelas para mejorar el rendimiento escolar en dicho contexto.

### **1.2.8. Tipo de colegio**

Siguiendo de la discusión sobre el índice de vulnerabilidad, examinemos ahora el tipo de colegio a que asiste un estudiante, y la relevancia de este. Aunque, supuestamente la modalidad de educación es una elección libre de cada familia, hay factores objetivos que condicionan la decisión de enviar el niño a un colegio versus otro, por ejemplo, la

ubicación geográfica del colegio, su cercanía al hogar familiar, o el nivel socioeconómico de la familia y su acceso a ingresos. Después del golpe de Estado militar liderado por Augusto Pinochet en 1973, la sociedad chilena experimentó cambios impulsados por la doctrina neoliberal de Milton Friedman y los Chicago Boys (los economistas chilenos que habían estudiado bajo su tutela). Los cambios en la educación se hicieron patentes a mediados de la década de los 80, y el porcentaje de niños y niñas en los colegios públicos cayó del 81% en 1981 al 37% en 2019, convirtiéndose los colegios públicos en concentraciones de desventaja socioeconómico y recibiendo menos financiamiento estatal (Carrasco, 2019). Además, se ha presenciado un alza en el tipo de colegios subvencionados, semi privados que educan el 57% de los estudiantes, dejando la minoría de las clases altas que asisten a colegios privados (Carrasco et al., 2015; Treviño et al., 2018).

Los colegios públicos son administrados a nivel local, por los ayuntamientos (municipalidades) y factores de calidad, como número de estudiantes por aula (a menudo 42 en el sistema público), calidad de las infraestructuras, preparación y formación continua de los docentes, puntajes de rendimiento académico, etc. dependen en gran parte del interés del municipio y los fondos de que disponen y que priorizan para destinar a la educación. Merece mencionar aquí que desde hace unos 10 años en Chile se está desarrollando paulatinamente el proceso de desmunicipalización de las escuelas públicas en un impulso de devolverlas a la gestión estatal a nivel central. Los colegios subvencionados son administrados por un colectivo privado con una subvención parcial estatal que implica que las mensualidades son moderadas.

Los colegios privados, en cambio, tienen mensualidades que tiene un valor que va aproximadamente desde el valor del sueldo mínimo y hasta tres veces ese monto. Evidentemente, el acceso a estos establecimientos está determinado por el nivel socioeconómico de la familia y la calidad de la enseñanza es generalmente superior, con docentes mejor preparados y pagados, un número reducido de estudiantes por sala, en la región de 20 estudiantes, instalaciones de alta calidad, por ejemplo.

Aunque supuestamente la modalidad de educación es una elección libre de cada familia, hay factores objetivos que inciden en la decisión de enviar el niño a un colegio versus otro, por ejemplo, la ubicación geográfica del colegio, su cercanía al hogar familiar, o el

nivel socioeconómico de la familia y su acceso a ingresos. Según el estudio de Taut et al. (2009) el 11,5% de niños y niñas en Chile asisten a colegios privados no subvencionados, mientras que la abrumadora mayoría asisten a colegios públicos o subvencionados. Ese porcentaje se ve fielmente reflejado en los índices de desigualdad en la sociedad.

El tipo de colegio es un reflejo fiel del nivel socioeconómico y nivel del hogar y del nivel educativo de la madre y el padre (Carrasco, 2019). Las familias de estratos socioeconómicos bajos habitan barrios degradados, con niveles altos de conflictividad y violencia, que significa mayor desgaste psicosocial en la forma de estrés y ansiedad, familias desestructuradas, desempleo o precariedad laboral, ingresos inestables o reducidos y niveles de educación de los padres bajos. Sus opciones reales de elegir el colegio para sus hijos son mínimas. Consecuentemente, la brecha de desigualdad se replica y se exagera con que las familias de escasos recursos llevan a sus hijos a colegios públicos, donde el entorno de aprendizaje impacta sobre su desempeño cognitivo y académico, situación que puede estar replicando y profundizando la desigualdad y el rendimiento cognitivo es casi determinado según el tipo de colegio.

### **1.2.9. Calidad del sueño**

Desde este prisma de sistemas complejos y dinámicos, otro factor vinculado con la calidad de vida es la calidad de sueño del individuo. Una calidad del sueño inadecuada en la niñez tiene consecuencias no poco importantes para la salud (Smaldone et al., 2007). Del mismo modo, se relaciona con dificultades de atención, trastornos cognitivos, bajo rendimiento escolar y trastornos del estado de ánimo (Aguilar et al., 2015). En este sentido, la calidad y los problemas del sueño representan una variable relevante a considerar a la hora de examinar la conjugación de factores de estilo de vida en escolares.

La literatura muestra que el sueño contribuye de forma importante a los procesos de memoria y plasticidad cerebral. A lo largo de la última década, un gran número de trabajos en el campo de la neurociencia han aportado un importante conjunto de pruebas que apoyan este papel del sueño en lo que se está conociendo como procesamiento de la memoria dependiente del sueño. Tokuhama-Espinoza (2018) subraya el rol crucial del sueño en procesos de aprendizaje y memoria y repasa estos hallazgos con referencia

específica al trabajo de Walker y Stickgold (2006) “Sueño, memoria y plasticidad” que identifica específicamente en el papel del sueño en (a) la codificación de la memoria, (b) la consolidación de la memoria, (c) la plasticidad del cerebro, y (d) la consolidación de la memoria.

Ignacio Morgado (2019) destaca el rol que tiene el sueño en “fijar” aprendizajes, en asentarlos. Hay distintos tipos de sueño, de diferente calidad y función. A medida que nos dormimos, las ondas cerebrales se van haciendo más amplias y menos frecuentes, más lentas. Soñamos en esta onda lenta la mayor parte de la noche. Después, está el sueño de movimiento ocular rápido (MOR, o REM las siglas en inglés) donde soñamos y tiene lugar el aprendizaje y la transferencia a la memoria. Según Morgado, las ondas cerebrales que se observan en el encefalograma se parecen mucho a las de la vigilia. Es cuando más dormidos estamos y nuestro cerebro está tan despierto como cuando estamos despiertos. El dormir sirve para repasar los circuitos neuronales que se activaron durante el día en situaciones de aprendizaje. Se vuelven a activar y se repasan. Sin embargo, esto ocurre de forma selectiva: no todo lo aprendido se repite mientras dormimos en la noche. El cerebro selecciona los inputs más memorables, asociados con alguna emoción o sensorialidad que les resalta. Además, explica Morgado, durante el sueño el cerebro extrae reglas ocultas, y logra también hacer inferencias.

La literatura confirma que problemas de sueño acarrearán problemas con volumen cerebral, rendimiento cognitivo y capacidad de aprendizaje (Kuperczkó et al., 2015). La calidad del sueño es una variable que impacta la cognición, particularmente durante las etapas de desarrollo cerebral en niños y adolescentes. Tener las horas suficientes de sueño reparador es necesario para el crecimiento sano, especialmente durante los años de desarrollo del niño/a y adolescente. Evidentemente, factores del entorno como el estrés o la vulnerabilidad social impactan en la calidad de sueño.

La calidad y los problemas de sueño también se relacionan con las nuevas tecnologías y los hábitos de uso de estas. El tiempo de pantalla máximo recomendado por la American Academy of Pediatrics (2001) es de dos horas diarias. Un tiempo de pantalla superior a dos horas diarias se asocia con problemas de sueño. En este sentido, la literatura evidencia que se duerme más tarde, se despierta más durante la noche, hay más ansiedad vinculada al sueño y se duerme menos horas (Van den Bulck, 2004). En este sentido, las normas de



exposición a pantalla pueden tener un impacto nocivo sobre la cantidad y la calidad del sueño.

En lo que concierne a otros factores de estilo de vida y entorno, Lemes et al. (2021) destacan una relación positiva entre nivel de vulnerabilidad y baja calidad del sueño, que se relaciona con volumen reducido en ciertas regiones cerebrales (Kuperckó et al., 2015), y consecuentemente peor rendimiento cognitivo (Bub, 2011; Migueles et al., 2020). La investigación de Kuperckó et al. encontró una asociación entre los estudiantes que se durmieron más tarde y un menor tamaño hipocampal, que sugiere que los procesos de aprendizaje y memoria de esta región cerebral se verán comprometidos. Entonces, acostarse tarde se asocia a menor rendimiento cognitivo (Kuperckó et al., 2015).

Migueles y su equipo realizaron un estudio que examinó la interrelación entre sobrepeso, volumen de materia gris (corteza cerebral) y calidad de sueño, que describen en el artículo titulado "Los niños con sobrepeso/obesidad tienen un sueño más pobre y un menor volumen de materia gris que los niños de peso normal" (Migueles et al., 2020). Se observa con estos estudios que la calidad del sueño se vincula con variables de estilo de vida como dieta o tiempo de pantalla, con vulnerabilidad, y con sobrepeso-obesidad, que subraya la importancia de tomar una perspectiva compleja al explorar las asociaciones entre variables.

En este estudio, la recogida de datos sobre la calidad de sueño se realizó mediante una encuesta de auto reporte para establecer la calidad de sueño y los problemas de sueño de los participantes. El instrumento se explica en detalle en el capítulo 2, Metodología.

#### **1.2.10. El estrés escolar**

Desde una concepción ecológica del individuo, y como ilustra Jirout et al. (2019) en la figura 5, el bienestar psicológico, físico y social del individuo impactan en su salud cerebral y en el desempeño cognitivo. Anteriormente, y en diversos trabajos, Diamond expresa una convicción semejante de forma muy clara. La neurocientífica afirma que "el ser humano no es solo intelecto o solo físico; cada uno es ambos y no somos solo cognitivo y físico, sino también emocional y social. Ignorar alguna de estas dimensiones es poner en riesgo la crianza y educación de nuestros hijos" (Diamond, 2010). En su

trabajo “The Evidence Base for Improving School Outcomes by Addressing the Whole Child and by Addressing Skills and Attitudes, not just Content”, argumenta por una mirada holística que tome en consideración el bienestar integral del individuo. Ella explica que nuestra capacidad cognitiva es perjudicada cuando estamos estresados y la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas del cerebro son castigados de forma desproporcionada (Diamond, 2010).

La literatura indica que el estrés (incluso mediano) inunda la corteza prefrontal con dopamina y norepinefrina, impidiendo su funcionamiento e impidiendo las funciones ejecutivas (Arnsten, 1998; Cerqueira et al., 2007; Roth et al., 1988), tal como inundar el motor de tu coche con gasolina impide la habilidad del auto de funcionar (Diamond, 2010, p. 784). Diamond, entonces, subraya el rol clave que tienen los docentes en construir entornos de aprendizaje amables, libres de estrés y amenaza, donde prima la alegría ya que, en ese tipo de clima se favorece el rendimiento académico.

El neurobiólogo, Francisco Mora enfatiza que el sano desarrollo del cerebro requiere un medio “estable, estimulante y protector” y, por el contrario, un medio estresante, castigador y hostil puede incluso impedir el sano desarrollo cerebral imprescindible para el aprendizaje. Un medio hostil y estresante provoca una liberación constante y excesiva de neurotransmisores como cortisol en el cerebro, que tiene un efecto dañino sobre las neuronas del hipocampo, región asociada al aprendizaje y la memoria. También afecta el circuito de la amígdala, el centro de procesamiento emocional, particularmente el miedo. Cuando existen estresores que provocan un estado de ansiedad, la amígdala queda “secuestrada” por el miedo, y los procesos de la atención y memoria están severamente comprometidos. Y si esa lluvia de neurotransmisores asociadas con el estrés y el miedo – como la noradrenalina, un exceso de dopamina, el cortisol – es frecuente y constante, termina esculpiendo ese cerebro, cambiando la misma arquitectura neuronal (Mora, 2017). En este sentido, el impacto del entorno mediante la neuroplasticidad implica que la repetición de reacciones cerebrales termina moldeando el cerebro y su capacidad cognitiva.

Judy Willis, médica neuróloga y profesora de secundaria, explica que los estados emocionales negativos y reiterados como el miedo, estrés o rabia activan un nivel excesivo de actividad metabólica en la amígdala, interfiriendo en los circuitos de

procesamiento de información y la formación de circuitos de memoria (Willis, 2009). John Medina también advierte que, aunque el estrés puntual y de poca duración es algo natural, incluso positivo y nos ayuda a responder a situaciones de amenaza o de desafío inusual y superarnos, un entorno de estrés alto o crónico es perjudicial para el ser humano, su bienestar general como también su rendimiento cognitivo y resultados académicos. De hecho, el estrés crónico provoca la muerte neuronal (Medina, 2014).

Morgado y Cerqueira (2018) destacan que uno de los procesos cognitivos más afectados por el estrés es la capacidad de toma de decisiones. De hecho, el estrés crónico fomenta un cambio de un sistema de respuesta flexible, contextualizado y orientado a la meta, a un sistema rígido y aferrado al hábito (Morgado y Cerqueira, 2018; Días-Ferreira et al., 2009). Además, Morgado et al (2015) muestran cómo el estrés crónico favorece la toma de decisiones arriesgadas y comportamientos de riesgo. La literatura establece que la experiencia del estrés, vivir en un entorno hostil y amenazante o inseguro provoca cambios inmediatos, como la liberación de cortisol o norepinefrina o exceso de dopamina, pero más grave aún son las consecuencias a largo plazo – fruto de los cambios neuroplásticos que experimenta el cerebro – cambios en la forma de reaccionar, tomar decisiones, formar memorias, aprender, etc. Son consecuencias nocivas para un adolescente en una etapa clave de desarrollo cerebral en la etapa escolar.

La literatura nos sugiere que cuidar el entorno escolar y doméstico es vital para el desarrollo de los y las adolescentes y su realización como estudiantes y como seres humanos. En este sentido, se vuelve a destacar la importancia que tiene el ambiente para la neuroplasticidad. El entorno impacta sobre el desarrollo y el rendimiento cognitivo, y cuidando el primero podemos incidir en el último.

### 1.3. En síntesis

En este apartado, hemos resumido los estudios sobre las asociaciones entre cada variable con rendimiento cognitivo, además de desdibujar relaciones que existen entre estas diez variables – por ejemplo, además de relacionarse el sobrepeso-obesidad con rendimiento cognitivo de forma negativa, también se asocia con la vulnerabilidad, la pobreza, el nivel educativo, la dieta. O, en el caso de calidad del sueño: además de su vínculo con el rendimiento cognitivo, está asociado al nivel de vulnerabilidad como también a la variable de sobrepeso y obesidad. Son interrelaciones complejas y simultáneas.

¿Por qué no se incluyeron otras variables a este análisis? Si bien existen diversos factores adicionales que también se asocian de forma relevante en esta red compleja, me he visto obligada a acotar el número de variables en este análisis. Por las limitaciones de este estudio he escogido solo las diez variables mencionadas. Mi selección de este conjunto de variables se ha basado en mi experiencia previa y área de interés investigativa: el vínculo entre condición física, actividad física y rendimiento cognitivo. Además, las variables que están estrechamente asociadas a la salud física y el bienestar, como son calidad del sueño, dieta saludable, o niveles de estrés, figuran en la literatura por el papel relevante que juegan en esa red de asociaciones.

La literatura señala que existen lagunas en la investigación, las cuales este estudio trata de atender, tales como la necesidad de analizar el rendimiento cognitivo en lugar de resultados académicos, de incluir indicadores de vulnerabilidad (que se aproxima a un indicador más amplio de estatus socioeconómico), y de concentrarse en poblaciones sensibles como son los adolescentes (Lemes et al., 2021; Cristi-Montero et al., 2022). Particularmente, la adolescencia representa una etapa sensible en el proceso de desarrollo del individuo y el cerebro (Bueno, 2022; Jirout et al., 2019; Dow-Edwards et al., 2019). Estos factores han motivado la selección de las variables para esta tesis, aunque (como explícito en el apartado anterior) sería de gran valor ampliar el espectro de este estudio e incrementar su nivel de complejidad para tener una imagen más completa de las interrelaciones de esta red. También cubrió un vacío al estudiar el caso de Chile.

Mediante esta indagación en el marco teórico, espero haber ilustrado la relevancia que tiene cada variable en el entorno de aprendizaje, y su capacidad de incidir en el “esculpido

del cerebro” mediante la neuroplasticidad. Los estudios citados son de una variedad de campos de conocimiento y a menudo fueron realizados por grupos de investigadores interdisciplinarios. La evidencia proviene de estudios y trabajos en neuroeducación, neurociencias, psicología, ciencias de la salud, etc. Convergen y se corroboran en ciertos aspectos, que es de suma interés para esta tesis, enmarcado en el campo de la neuroeducación.

Si acordamos que el ser humano y el cerebro se pueden considerar como sistemas complejos dinámicos e interactivos; si los concebimos desde una perspectiva holística y ecológica, esto nos ayudará a buscar una aproximación más detallada, más cautelosa y rigurosa al momento de desvelar las interrelaciones con rendimiento cognitivo en escolares adolescentes. Si consideramos el modelo ecológico que emplea Jirout et al. (2019) o la perspectiva de sistemas complejos dinámicos e interactivos, parece representar una aproximación que ayuda a sopesar las complejas relaciones y asociaciones entre las variables descritas arriba. Con este resumen de la literatura hasta la fecha, espero haber asentado las bases para la aplicación de la metodología de análisis mediante el análisis de redes, descrito en detalle en el próximo apartado, para indagar sobre la potencial significancia de la neuroplasticidad para los cerebros de los participantes, mediante la asociación entre rendimiento cognitivo y los demás nueve factores.

## **CAPÍTULO 2**

### **Metodología**

## **2.1. Introducción: metodología cuantitativa y teoría de redes**

Parfraseando a Fienberg (2012), hoy las redes son ubicuas en las ciencias. Y el mismo autor continúa explicando que son la base de los modelos estadísticos, por lo tanto, matemáticos y cuantitativos, con que la ciencia indaga sobre las explicaciones de múltiples temas. En ese sentido, los objetivos de esta investigación tributan a la metodología cuantitativa y a su aplicación por medio del análisis de redes.

En las páginas previas que nos dedicamos a explicar los objetivos de esta investigación, recurrimos con insistencia al concepto de la complejidad y el análisis de redes. Aquí corresponde fundamentar estas referencias desde el punto de la metodología de investigación utilizada en este estudio.

La historia de la ciencia ha rastrado en el pasado el uso del método de análisis de redes, situando su origen en las primeras décadas del siglo XX (Garfield, 1972). Garfield alude a estudios de las obras citadas en libros científicos en la década de 1920 como un hecho pionero, porque relacionaba las conexiones a través de nodos y líneas entre los textos citados. Esto es lo que se pudo hacer cuando todavía nadie imaginaba el recurso a la computación para mover grandes volúmenes de datos. En esa época, para hoy remota, el número de datos que se podía analizar era relativamente baja y los cálculos aritméticos parecen simples. Sin embargo, tal como ocurrió con la teoría de la relatividad de Einstein, alguien tenía que imaginar primero lo que luego sería un lugar común en las ciencias, como señaló un siglo después Fienberg.

A mediados del siglo XX, ha señalado Scott (2000), las ciencias sociales se vuelven sensibles al análisis de redes. La psicología y la sociología aprenden a aplicar el análisis de redes a comportamientos que en la época preocupaban: por qué los grupos sociales de diferente raza, ideología o intereses (nodos) se influían unos a otros (líneas), que resultaban en acciones inesperadas. En los años 1970 y 1980, la revolución informática, es decir la accesibilidad a los computadores en las universidades y muy poco después a los y las investigadores a través de dispositivos personales, hizo posible la multiplicación de experiencias en que muchos datos se podían analizar con programas estadísticos accesibles.

La experimentación con grandes volúmenes de datos (hasta llegar a la *big data* de nuestros días), ha hecho posible la sofisticación de los métodos cuantitativos desde una perspectiva de sistemas complejos aplicados al análisis de redes. Tan lejos se ha ido, que incluso el tema *big data* en sí mismo se ha vuelto objeto de estudio para científicos y metodólogos de la ciencia, como vemos en estudios como los de Scholtes (2015) o de Carbone et al. (2016).

### **2.1.1. El objeto de estudio y selección de la metodología cuantitativa**

¿Hubiera sido posible una investigación como esta unas décadas atrás? Es decir, ¿habríamos podido acceder a los datos básicos sobre las 10 variables utilizadas en el volumen y la calidad indispensables? ¿Hubiéramos dispuesto de computadores (y software) para procesar los datos? ¿Los conceptos básicos estaban tan maduros como para ser utilizados con la certeza suficiente?

Naturalmente que estas preguntas son retóricas. Pero apuntan a ligar los objetivos de investigación con la metodología utilizada y apuntalar la oportunidad e importancia del tema que fueron señaladas en el capítulo 1 del Marco Teórico. ¿Se podrían hacer análisis de complejidad de redes sin los avances de la tecnología que hoy tenemos? Toda investigación tiene una explicación contextual o histórica. Y ésta tiene que ver con la posibilidad real de tener los datos y la tecnología, tanto como con las ideas que están en el sustrato elemental de nuestras preguntas de investigación.

Afortunadamente, la estadística y las matemáticas que están detrás, también han dejado de ser un área de conocimiento exclusivo de profesionales de los números. JASP, la aplicación estadística para el análisis de redes utilizada en este estudio es de libre acceso y está albergada en la Universidad de Ámsterdam. Lo que implica que han desaparecido las barreras de acceso provocadas por la geografía o los ingresos económicos, democratizando la ciencia. Para hacer un estudio estadístico de redes, por lo tanto, ya no es indispensable ser un experto en estadística avanzada, ni estar en el lugar donde se



alberga el hardware y el software, ni tener un financiamiento que supere los ingresos de un académico universitario de la mayoría de los países del mundo.

Es más, el libre y (relativamente) simplificado acceso a herramientas de análisis estadístico complejo como es JASP y el modelo de análisis de redes, brinda la oportunidad a expertos de disciplinas diversas de emprender investigaciones que abordan y examinan la complejidad dentro de su campo, como también explayándose a abarcar otros campos de conocimiento vecinos que resulten relevantes, o que “colindan” para ampliar la mirada y volvernos más heterogéneos e transdisciplinarios.

### **2.1.2. El origen de los datos**

Esta investigación doctoral se fundamenta en la base de datos cuya recogida que se realizó entre marzo de 2017 y octubre de 2019 en el marco del proyecto de investigación Cogni-Acción (Solís-Urra et al., 2019). La muestra de datos (n) fue recogida del total de la población de escolares adolescentes matriculados en un total de 19 escuelas de la región de Valparaíso el año 2016 (N = 951.962), según el Ministerio de Educación de Chile (Solis-Urra et al., 2019). Finalmente, en el proyecto Cogni-Acción participaron un total de 1.586 escolares, de los que 1.296 (n = 1.296) son incluidos en la muestra para el estudio de esta tesis. Antes de la participación, se obtuvo el consentimiento por escrito del director de la escuela, los padres y madres y los escolares participantes.

### **2.1.3. Descripción de los métodos estadísticos utilizados**

Este estudio transversal empleó un análisis cuantitativo de los datos recogidos. Un estudio transversal estudia las variables recopiladas en una sola instancia y sobre una muestra de la población predefinida. Ofrece una descripción de los participantes en ese instante en relación con las variables bajo estudio. Nos brinda una imagen o un diagnóstico en un punto en el tiempo. Se contrasta con un estudio longitudinal donde se pueden observar cambios en las variables a lo largo del estudio (Cvetkovic-Vega et al., 2021). Un estudio transversal ofrece la posibilidad del análisis de múltiples variables a la vez, facilitando un análisis descriptivo que puede servir como punto de partida para futuros estudios, ya que ofrece una radiografía descriptiva de una muestra poblacional en un momento puntual.

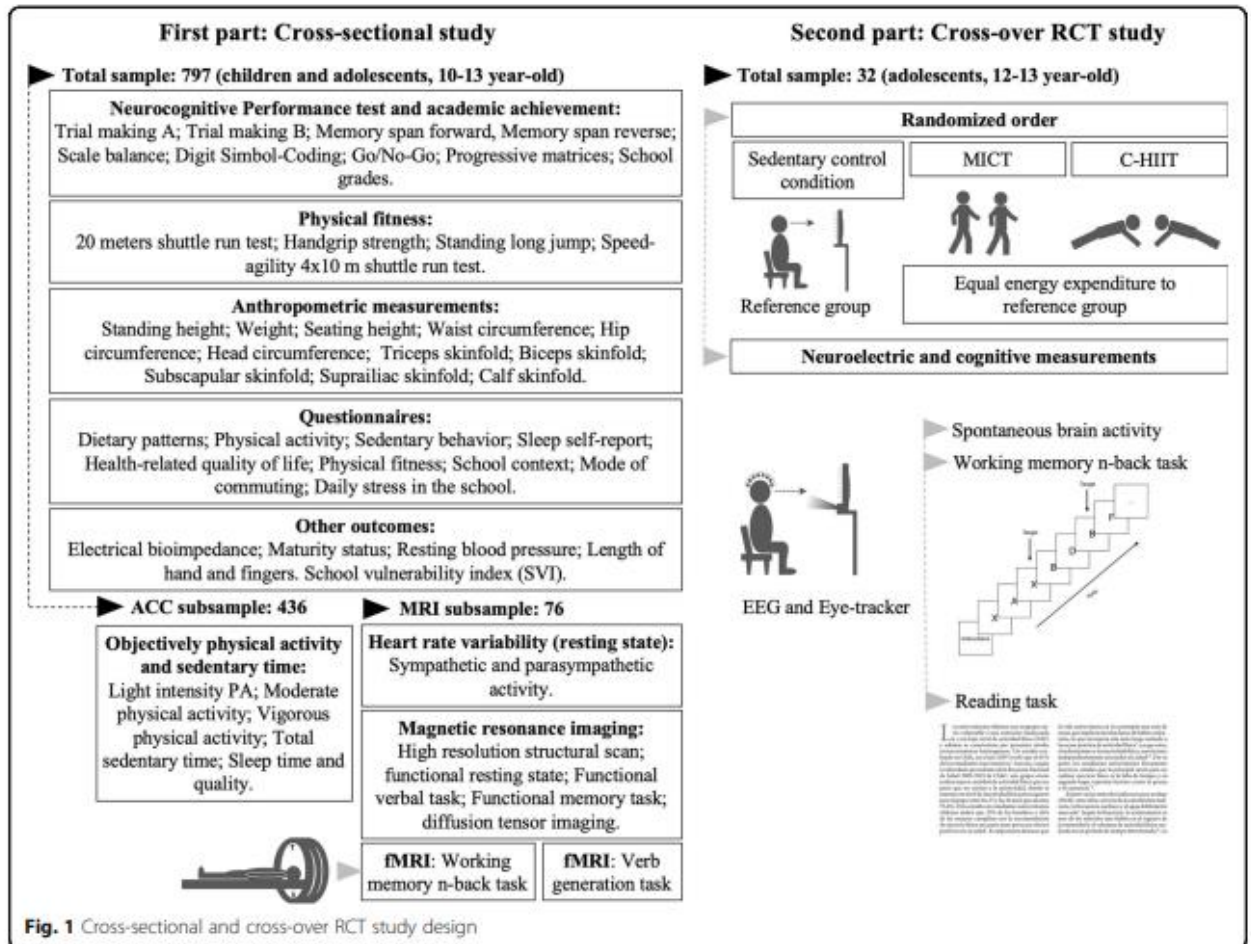
La metodología adoptada para este estudio está estrechamente vinculada con la aproximación y los objetivos del proyecto Cogni-Acción. El proyecto tuvo el objetivo de analizar las asociaciones entre actividad física, salud cerebral, cognición y rendimiento académico en una muestra relativamente grande de escolares adolescentes de la región de Valparaíso, Chile. Cogni-Acción contaba con dos etapas metodológicas, una transversal y otra experimental. El presente trabajo doctoral utiliza datos recabados en la primera etapa. La muestra de datos ( $n$ ) fue recogida del total de la población de escolares adolescentes matriculados en la región de Valparaíso el año 2016 ( $N = 951.962$ ), según el Ministerio de Educación de Chile (Solis-Urra, 2021). Finalmente, en el proyecto Cogni-Acción participaron un total de 1.586 escolares, de los que 1.296 ( $n = 1.296$ ) son incluidos en la muestra para el estudio de esta tesis.

A continuación, la Figura 13 muestra las dos etapas del del proyecto Cogni-Acción y su orientación metodológica. Se observa que la primera etapa consiste en la recogida de datos mediante pruebas, mediciones y cuestionarios – los datos de varios de los cuales se emplean y se detallan en esta tesis. La segunda etapa consistía en un ensayo aleatorio cruzado. Aunque no corresponde a la investigación de esta tesis, ayuda a situar la orientación metodológica de esta tesis. Es importante resaltar que la Figura 13 proviene del protocolo del proyecto y por ende muestra de forma global las pruebas y variables que corresponden a aquel trabajo.

Esta tesis adopta una metodología de investigación cuantitativa ya que se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos, cuantificables: las variables empleadas son continuas y categóricas. Los datos se recopilaron mediante encuestas, cuestionarios, mediciones y pruebas. El objetivo de la metodología cuantitativa es explicar los fenómenos, la evidencia empírica recopilada en datos observables y cuantificables, mediante la aplicación de análisis estadísticos matemáticos (Cohen et al., 2011; Monje, 2011; Pita Fernández et al., 2002). Lo que motiva la orientación metodológica de esta tesis es el tipo de análisis estadístico a que se someten los datos. El análisis estadístico de redes requiere del uso de variables cuantitativas por el programa de JASP para así cuantificar los valores de cada variable (las medidas de centralidad) y de cuantificar las ponderaciones de sus interrelaciones (o aristas) que conectan las variables (o nodos). El

objetivo de ese análisis es de poder extrapolar hallazgos de esta muestra a la población global de escolares adolescentes en la región de Valparaíso, Chile.

**Figura 13:** Etapas del estudio realizado por el proyecto Cogni-Acción.



**Fig. 1** Cross-sectional and cross-over RCT study design

El diseño metodológico del estudio de Cogni-Acción, en dos partes 1) transversal y 2) ensayo aleatorio cruzado. Fuente: Solis-Urra et al., 2021.

## 2.2. El estudio

Este estudio se fundamenta en la base de datos cuya recogida que se realizó entre marzo de 2017 y octubre de 2019 en el marco del proyecto Cogni-Acción (Solís-Urra et al., 2021). El proyecto fue aprobado por el Comité de Bioética y Bioseguridad de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (BIOEPUCV-H103-2016) y la parte transversal fue inscrita retrospectivamente (8/julio/2020) en el Registro de Investigación (identidad: researchregistry5791). Antes de la participación, se obtuvo el consentimiento por escrito del director de la escuela, los padres y madres y los participantes. Los datos recogidos se analizaron según la herramienta de análisis de redes, utilizando el programa estadístico R y la plataforma estadística de JASP (software libre, versión 0.16), alojado y mantenido por la Universidad de Amsterdam, Países Bajos. El nombre JASP es un acrónimo para el programa, en reconocimiento al pionero bayesiano Sir Harold Jeffreys, JASP significa, en inglés, “Jeffreys's Amazing Statistics Program” o “el programa estadístico asombroso de Jeffrey” (<https://JASP.org>.)

### **2.3. Los participantes**

Participaron en este estudio 1.296 escolares de 10 a 14 años (50% niñas) de colegios públicos, concertados (semiprivados) y privados de la región de Valparaíso, en la zona central de Chile ( $n = 1.296$ ). El tamaño total de la muestra y los cálculos de potencia se basaron en la matrícula total de alumnos de la región de Valparaíso, según Ministerio de Educación de Chile en el año 2016 (universo  $N = 951.962$ ). La estimación de la muestra consideró un error alfa del 5%, un intervalo de confianza del 99%, una heterogeneidad del 50% y una deserción del 20%. Por lo tanto, fueron necesarios 797 participantes para alcanzar un tamaño de muestra representativo de la segunda región más poblada de Chile.

Los criterios generales de inclusión fueron niñas y niños del 5° al 8° curso básico (Solís-Urra et al., 2019). Los alumnos fueron incluidos tras aplicar los siguientes criterios de exclusión (a) estar fuera del rango de edad estipulado ( $n=239$ ) o (b) haber perdido la evaluación cognitiva o la evaluación de otra variable relevante ( $n=151$ ). Por razones éticas, los niños que presentan cualquier discapacidad física, psiquiátrica y/o psicológica también se incluirán en el estudio transversal si tanto los niños y los padres aprueban su participación. Una vez finalizado el proceso de evaluación, estos niños podrían ser excluidos del análisis principal.

## **2.4. Las variables**

Las mediciones y pruebas se realizaron en las escuelas entre las 9:00 y las 15:00, en dos sesiones de 4 horas con 8 días de diferencia. Se aplicó toda la batería de pruebas cognitivas por la mañana (primera sesión), seguida de mediciones antropométricas y cuestionarios (actividad física, calidad del sueño, dieta, calidad de vida). La condición física se midió en la segunda sesión para evitar la posible influencia del cansancio en los participantes. A continuación, se describe en detalle y se justifica el procedimiento seguido para tomar las mediciones para cada variable. Los cuestionarios utilizados son instrumentos estandarizados y validados y se encuentran disponibles en el Anexo.

### **2.4.1. Rendimiento cognitivo**

Para evaluar el rendimiento cognitivo de los participantes se utilizó la prueba NeuroCognitivePerformance (NCPT) de Lumos Labs, Inc. (Morrison et al., 2015). Todas las tareas del NCPT han demostrado una fiabilidad y validez adecuadas. El NCPT es una plataforma breve, repetible y disponible en la web que mide el rendimiento en varios dominios cognitivos. Se administraron ocho pruebas que evaluaban la atención, la velocidad de procesamiento, la memoria visuoespacial, la memoria a corto plazo, la memoria del trabajo, la velocidad de procesamiento, el razonamiento cuantitativo y analógico, la velocidad de procesamiento, la inhibición de la respuesta, la resolución de problemas y el razonamiento fluido.

El NCPT se aplicó en las salas de clase, en grupos de 25 niños, cada uno con un ordenador portátil. La sesión completa duró alrededor de una hora, que consistió en una breve explicación sobre el objetivo de la sesión, una demostración y práctica antes de cada prueba, y finalmente la ejecución. Las consultas o preguntas de los niños se resolvieron antes de comenzar cada prueba cognitiva. Más detalles sobre las pruebas están disponibles en los siguientes textos: Solis-Urra et al., 2021; Morrison et al., 2015. Se han agrupado las pruebas cognitivas en cuatro dominios basados en la literatura y también en la capacidad cognitiva principal de cada tarea, en resumen: (a) Flexibilidad cognitiva (Trail-making Test A, Trail-making test B, y pruebas de codificación de símbolos de dígitos), (b) Memoria de trabajo (pruebas de amplitud de memoria hacia adelante y hacia atrás),

(c) Control inhibitorio (prueba de ir/no ir, *Go-No Go*), y (d) Inteligencia (pruebas de resolución de problemas y de matrices progresivas) (detalles en la Tabla 4).

**Tabla 4:** Los dominios y pruebas de la NCPT.

Domain	Cognitive tests	Cognitive functions involved	Graphical representation
CF	Trail making test A	Attention, cognitive flexibility, and processing speed	
	Trail making test B	Attention, cognitive flexibility, and processing speed	
	Digit symbol coding	Processing speed	
WM	Forward memory span	Visual short-term memory	
	Reverse memory span	Working memory	
IC	Go/no-go test	Inhibitory control and processing speed	
IN	Balance scale	Quantitative and analogical reasoning	
	Progressive matrices	Problem-solving and fluid reasoning/intelligence	

Abbreviations: CF, cognitive flexibility; IC, inhibitory control; IN, intelligence; WM, working memory.

Abreviaciones: CF flexibilidad cognitiva; IC inhibición de respuesta; IN inteligencia; WM memoria del trabajo.

Fuente: Solis-Urra et al., 2021.

Cada prueba fue escalada siguiendo una transformación normal inversa del rango percentil (Solís-Urra et al., 2021; Morrison et al., 2015). Estos procedimientos tienen puntuaciones escaladas derivadas sobre la misma distribución normal con una media de 100 y una desviación estándar de 15. La media de las 8 puntuaciones se tomó como indicador del rendimiento cognitivo global. Este valor se empleó para la variable de rendimiento cognitivo en el análisis estadístico de redes.

#### **2.4.2. Actividad física**

El cuestionario utilizado para medir la actividad física fue desarrollado por el Programa Chileno de Obesidad Infantil del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) para uso clínico en niños de 6 a 16 años. Es de fácil aplicación y comprensión para los niños. Esta herramienta de medición fue validada en una investigación de Godard et al. (2008). El cuestionario evalúa el nivel de actividad física o vida activa habituales del niño en días de la semana (no fines de semana) mediante la valoración de cinco categorías: 1) horas de sueño, 2) tiempo que se pasa sentado, 3) caminando, 4) jugando al aire libre, 5) haciendo ejercicio o deporte programado. Cada categoría se valora entre 0 y 2 y la puntuación total es de 0 a 10, según la cual la puntuación máxima de 10 indica un nivel máximo de actividad física habitual (ver el cuestionario INTA en el Anexo 3). El valor global para actividad física se utilizó para representar esta variable en el análisis de redes.

#### **2.4.3. Condición física**

La condición física (o nivel de fitness) se evaluó mediante la batería de pruebas *ALPHA-fitness* (Ruiz, 2011), que comprende la aptitud cardiorrespiratoria (CRF), la aptitud muscular (MF) y la aptitud de velocidad-agilidad (S-AF). (Las siglas ALPHA representan, en inglés, Assessing Levels of Physical Activity, o la evaluación de niveles de actividad física). La batería ALPHA compone una batería de pruebas de aptitud física de campo que son válidas, fiables, factibles y seguras en niños y adolescentes. Además, el diseño de esta batería de pruebas permite evaluar y controlar a muchos participantes simultáneamente. Todas las pruebas se realizaron en campos deportivos o en un gimnasio cubierto durante las mañanas (segunda sesión), y los adolescentes llevaban ropa deportiva



adecuada. Practicaron cada prueba previamente guiados por un entrenador y luego comenzaron la prueba cuando se sentían seguros.

La CRF (*cardio-respiratory fitness*, en inglés) se midió con la prueba de carrera de 20 m en lanzadera, que se realizó al final de la sesión para evitar el impacto de la posible fatiga. Grupos de 8-10 alumnos salieron a correr. El ritmo inicial era de 8,5 km/h, aumentando 0,5 km/h cada minuto. La prueba terminaba voluntariamente cuando el niño se fatigaba o era incapaz de llegar a la línea dos veces. Se registró el número de vueltas completadas.

La puntuación de la MF (aptitud o *fitness* muscular) se basa en la suma de los valores de salto en largo de pie, estandarizados por sexo y edad. La prueba se realizó para evaluar la fuerza explosiva de los miembros inferiores. Se marcó una línea de referencia en el suelo y los alumnos debían situarse con los pies en paralelo detrás de la línea. A una señal verbal, debían saltar lo más lejos posible, comenzando y aterrizando con ambos pies simultáneamente. La prueba se realizó dos veces con una pausa de un mínimo de un minuto entre las dos y se registró el salto más largo en centímetros (cm).

La aptitud S-AF (velocidad de movimiento, agilidad y coordinación, o en inglés *speed-agility fitness*) se evaluó con la prueba de carrera corta (sprint) de 4×10 m. Dos líneas (de 5 m de largo) separadas por 10 m fueron fijadas en el suelo, y dos conos fueron posicionados en cada línea. Los alumnos tenían que correr lo más rápido posible, llevando un trapo que estaba colocado a unos 50 cm aproximadamente de la primera línea. Llevaban el trapo a la siguiente línea, donde debían cambiarla por una segunda tela antes de correr hacia la última línea. La prueba se realizó dos veces y el tiempo más rápido se registró en segundos. El tiempo se multiplicaba por -1, por lo que una mayor puntuación indicaba un mejor rendimiento. Se creó una puntuación z basada en el sexo y la edad como una puntuación S-AF normalizada, utilizando el mismo conjunto de datos. Para más detalles sobre esta prueba, véase Lemes et al., 2021. Se sumaron los tres indicadores de condición física (la CRF, MF y S-AF) para crear una única puntuación z ajustada por el sexo y la edad como indicador de condición física global.

#### **2.4.4. Dieta saludable**

El grado de adherencia a una dieta saludable se midió mediante el Índice de Calidad de la Dieta Mediterránea (KIDMED) para niños con 16 ítems de evaluación, incluyendo consumo diario de fruta, verdura fresca o cocida, consumo habitual de pescado, legumbres, arroz, cereales o granos, frutos secos, aceite de oliva, productos lácteos, pasteles o productos horneados, dulces y golosinas, y si se salta el desayuno o no. Se trata de un instrumento validado y ampliamente utilizado en la infancia (Serra-Majem et al., 2004). El valor del índice KIDMED es de  $\leq 3$ : Dieta de muy baja calidad; 4 a 7: Necesidad de mejorar el patrón alimentario para ajustarlo al modelo mediterráneo;  $\geq 8$ : Dieta mediterránea óptima. Para el cuestionario completo ver el cuestionario KidMed en el Anexo 4. Se obtuvo la puntuación global, que fue utilizada para la variable dieta saludable en el análisis de redes.

#### **2.4.5. Obesidad**

Este estudio emplea el marceador de obesidad central o visceral. El valor de la variable se midió mediante el indicador de adiposidad central, la relación cintura-estatura o RCE (WHtR las siglas en inglés para Waist-Height Ratio), para lo cual se evaluó la circunferencia mínima de la cintura con una cinta inextensible (Lufkin, Apex, NC, Estados Unidos), y luego se dividió por la estatura en centímetros para obtener el RCE (cintura[cm]/estatura [cm]) (Hernández et al., 2021). Este indicador fue elegido para este estudio para evaluar obesidad porque señala adiposidad central, en contraste con otros como el índice de masa corporal (IMC) que indican sobrepeso no-específico, lo que dificulta discernir entre exceso de grasa y masa muscular (Kilinc et al., 2019). Efectivamente, el índice RCE es un modo simple, fácil y preciso de obtener una variable continua de obesidad.

Diferentes estudios realizados en distintos países han propuesto un índice WHtR (índice simple, fácil y preciso) superior a 0,5 como punto de corte para el diagnóstico de la obesidad/obesidad abdominal en ambos sexos y en todas las edades (Browning et al., 2010; International Obesity Task Force, 2011). Pareciera ser que RCE se asocia más a la inflamación y función cognitiva (Caminiti et al., 2016). También esta medida se muestra más sensible a cambios en actividad física y fitness (Hernández et al., 2021; Verheggen

et al., 2016). Consecuentemente, este marcador de obesidad central o visceral fue utilizado para estimar la presencia o no de obesidad central en la muestra, siendo un puntaje superior a 0,5 evidencia de obesidad central.

#### **2.4.6. Calidad de vida**

La calidad de vida asociada al bienestar se evaluó mediante el cuestionario de auto reporte, versión KIDSCREEN-27 para niños y adolescentes de entre 8 y 18 años. La versión en español fue desarrollada y validada, habiendo sido aplicado en investigación en 13 países europeos (Ravens-Sieberer, 2007) y ha sido validada para el contexto chileno por Molina (2014). Ver el Anexo 5 para el cuestionario KIDSCREEN-27.

El cuestionario evalúa la percepción subjetiva del niño o la niña de la calidad de vida asociada a la salud. KIDSCREEN-27 está compuesto por 27 ítems agrupados en cinco dimensiones: (i) Bienestar físico (5 ítems) explora el nivel de actividad física del niño/adolescente, su energía y su estado físico; (ii) El bienestar psicológico (7 ítems) incluye ítems sobre emociones positivas, satisfacción con la vida y sensación de equilibrio emocional; (iii) Relaciones con los padres y autonomía (7 ítems) examina las relaciones de los padres, el ambiente en el hogar y la sensación de tener suficiente de tener suficiente libertad para su edad, así como el grado de satisfacción con los recursos económicos; (iv-) Apoyo social y compañeros (4 ítems) examina la naturaleza de las relaciones del encuestado con otros niños, y; (v) Entorno escolar (4 ítems) explora la percepción del participante sobre su capacidad cognitiva, el aprendizaje y la concentración, y sus sentimientos sobre la escuela.

Cada ítem se puntúa en una escala de 5 puntos (1 = nada, 2 = un poco, 3 = moderadamente, 4 = mucho y 5 = mucho). Algunos ítems se invierten al puntuar el cuestionario. Para cada dimensión, se utiliza un algoritmo de puntuación para calcular las puntuaciones T escaladas con una media de 50 y una desviación estándar de 10 (Molina, 2014; Ravens-Sieberer, 2007). La puntuación total del KIDSCREEN se genera sumando todas las respuestas de los ítems. Las puntuaciones más altas indican una mejor calidad de vida, con un puntaje máximo posible de 135.

#### **2.4.7. Vulnerabilidad escolar**

El Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE) o Índice de Vulnerabilidad Multidimensional (IVM) es un indicador complejo y multifactorial desarrollado por el gobierno chileno para medir el grado de vulnerabilidad socioeconómica de los estudiantes que asisten a escuelas subvencionadas o públicas (López, 2017). El índice fue ampliado incorporar más factores de evaluación de la vulnerabilidad, y así evolucionó a partir de 2017 a conocerse como el Índice de Vulnerabilidad Multidimensional (IVM). Las 9 dimensiones que actualmente evalúa el IVM son: (i) salud, (ii) educación, (iii) hábitat y vivienda, (iv) entorno familiar y relaciones sociales, (v) participación civil, derechos y libertades civiles, (vi) contexto socioeconómico familiar, (vii) contexto socioeconómico comunal, (viii) medidas especiales de protección y reparación, (ix) autonomía y ejercicio progresivo. El contenido específico de los subdimensiones es desglosado en detalle en el Anexo 6.

Comparado con otros indicadores de nivel socioeconómico, el IVE destaca por ser un instrumento complejo y multifactorial que mide de forma detallada una amplia gama de factores sociales vinculados a la vulnerabilidad. Como más alto el índice de vulnerabilidad, más alto es el porcentaje de los escolares vulnerables en dicho establecimiento. El Índice de Vulnerabilidad de las escuelas privadas no se mide ya que no están subvencionadas por el Estado y se les asigna una puntuación de 0. Los puntajes para el índice de vulnerabilidad oscilan entre 0 y 100, donde el valor mayor expresa la máxima vulnerabilidad posible, siendo 60 el punto de corte para alta vulnerabilidad. El puntaje obtenido se puede expresar como vulnerabilidad en categorías (bajo, medio, alto o muy alto) (<https://www.junaeb.cl/medicion-la-vulnerabilidad-ivm>).

#### **2.4.8. Tipo de colegio**

En el sistema educativo de Chile se identifican tres tipos de escuelas: las públicas, financiadas por el Estado (categoría 1), las subvencionadas, que reciben algún tipo de financiación estatal (2) y las privadas, que no reciben financiación estatal (3). Esta información está explicada en más detalle en capítulo 1, marco teórico. Para la lista completa de los 19 colegios participes, véase el Anexo 9.

#### **2.4.9. Calidad del sueño**

La calidad del sueño se evaluó mediante la versión española del Autoinforme del Sueño, basada en el cuestionario original “The Sleep Self-Report” (SSR), desarrollada por Owens et al. (2000) en los Estados Unidos. La versión española se aplicó a una muestra de la población española y fue validada por Orgilés et al. (2012). Luego, el instrumento fue aplicado en Chile por Aguilar et al. (2015). Ver el Anexo 7 para el cuestionario completo.

El cuestionario evalúa hábitos y problemas relacionados al sueño y cada ítem se puntúa en una escala de 3 puntos para indicar la frecuencia de cada hábito: habitualmente (2 = 5 a 7 veces a la semana), a veces (1 = 2 a 4 veces a la semana) y raramente (0 = nunca o una vez a la semana). El cuestionario consta de 19 ítems (tres de ellos recogen información adicional pero no se puntúan en ninguna subescala) agrupados en cuatro subescalas: (a) calidad del sueño; (b) ansiedad del sueño; (c) resistencia a la hora de dormir; y (d) rutinas del sueño. La puntuación total se calcula sumando las puntuaciones de los 16 ítems (variable de puntuación total), con un puntaje máximo de 48 puntos. Las puntuaciones más altas indican más problemas relacionados con el sueño. Se utilizaron los puntos de corte para indicar los problemas de sueño aplicando los criterios establecidos por Orgilés et al., (2012): 7 para la calidad del sueño, 6 para la ansiedad relacionada con el sueño, 4 para la resistencia a la hora de dormir, 3 para las rutinas de sueño y 16 para la puntuación total. El cuestionario completo puede ser consultado en el Anexo 7.

#### **2.4.10. Estrés escolar**

El estrés cotidiano en el contexto escolar se midió mediante la Escala de Estrés Cotidiano Escolar (EECE) de Encina y Ávila (2015). Este cuestionario evalúa los estresores a los que están expuestos los escolares y su valor o resiliencia para afrontarlos. Se evalúan tres dominios en el contexto escolar: estrés académico, estrés relacional y clima escolar inadecuado. Preguntas incluyen, por ejemplo, si el estudiante experimenta burlas o discriminación en el patio del colegio, si ha visto o experimentado robos o asaltos en el colegio, si se ha sentido amenazado por algún profesor o adulto del colegio, si recibe

retroalimentación positiva de parte del profesorado, si el profesorado está disponible para conversar en caso de problemas, si las tareas son muy difíciles para el estudiante, si se siente sobrepasado por las exigencia o el volumen de trabajo académico, si sus compañeros le invitan a jugar o le dejan jugar. Las respuestas al total de 18 preguntas se puntúan en una escala Likert de 1 a 4. El cuestionario se encuentra disponible en el Anexo 8.

## **2.5. El análisis estadístico**

### **2.5.1. Imputación de datos**

Para los análisis se emplearon datos imputados. Antes del análisis estadístico, los datos perdidos se imputaron sobre la base del método no paramétrico de valores perdidos utilizando el bosque aleatorio a través del paquete 48 de R "missForest". Esta función imputa con éxito conjuntos de datos grandes y complejos de tipo mixto (variables continuas y/o categóricas), incluyendo interacciones complejas y relaciones no lineales mediante un bosque aleatorio entrenado en los valores observados que predice los valores perdidos.

Antes de la imputación, los datos perdidos oscilaban entre el 0% en el caso de la cognición y el 30,17% en el de la actividad física. Concretamente, los datos perdidos correspondían a: condición física 24,46%, problemas de sueño 16,3%, índice de vulnerabilidad escolar 0%, tipo de colegio 0%, actividad física 30,17%, sobrepeso 0,01%, dieta saludable 21,1%, estrés escolar 24,92%, y calidad de vida 2,55%.

### **2.5.2. Análisis descriptivo**

Se llevó a cabo un análisis descriptivo de todas las variables, obteniendo las distribuciones de frecuencia (número de participantes) y el porcentaje para las variables categóricas, y la media y la desviación estándar (DE) para las variables continuas. Las variables categóricas se presentan como frecuencia o porcentaje. Los valores de las variables continuas se presentan como medias y desviación estándar. El número total de participantes, o tamaño de la muestra (n), es de 1.296, y con respecto a la variable categórica del sexo, exactamente el 50% son niñas.

### **2.5.3. Bootstrapping**

En la plataforma JASP, utilizando el paquete estadístico R, se realizó el procedimiento de bootstrapping (n = 1000) para establecer la precisión y robustez de la muestra de datos. La técnica del Bootstrap fue desarrollada por Epskamp et al. (2018) y suministra información sobre: 1) la precisión de las ponderaciones de las aristas, 2) la estabilidad de

las medidas de centralidad, y 3) indica el intervalo de confianza (IC) para ambas medidas. Se trata de un método de remuestreo que sirve para aproximar la distribución o varianza en el muestreo de un análisis estadístico y establecer el intervalo de confianza (IC). Recomendaciones sobre el número mínimo de bootstraps varían entre aproximadamente 600 (Wilcox, 2010) y 1.500 (Davidson y MacKinnon, 2000). En esta tesis se realizó un bootstrapping de 1.000.

El fin del bootstrapping es de averiguar la robustez de los valores individuales o cómo de representativo son respecto a la muestra total. En este caso, se tratan de los valores de las ponderaciones de las aristas (conexiones entre nodos). El resultado del bootstrapping se representa en un gráfico que indica la variación entre la media de los valores de la muestra y los valores del bootstrap. Cómo más cercanos son, o más se solapan, más robustos se consideran los datos, que se indica con el porcentaje de índice de confianza.

#### **2.5.4. Análisis de redes**

Se realizó un análisis de redes utilizando el programa R en la plataforma JASP (software libre, versión 0.16) para establecer las asociaciones entre las variables. Se aplicó el modelo gráfico mixto (MGM) para el análisis ya que la muestra estaba compuesta por variables continuas y categóricas. MGM es un paquete-P que implementa la estimación de modelos gráficos mixtos para estandarizar variables mixtas de distintos dominios para que sean comparables (Utrecht University).

El resultado del análisis de redes representa de forma visual y gráfica las interrelaciones entre las diez variables del estudio: el rendimiento cognitivo, la condición física, la obesidad, la actividad física, el estrés escolar, la vulnerabilidad escolar, el tipo de colegio, la calidad del sueño, la calidad de vida y la dieta saludable. Las variables se representan como esferas (nodos) en el gráfico, y las relaciones entre ellas como líneas (aristas). Cuanto mayor sea el número de conexiones (aristas) que tenga un nodo, más relevante será como eje que influye en el comportamiento de toda la red.

Una arista o conexión positiva se indica con el color verde y las conexiones negativas con el rojo. Cuanto más gruesas e intensas de color (más ponderadas) sean las aristas entre los nodos, mayor es la magnitud de la relación entre ellos. El enfoque central en un



análisis de redes son las asociaciones – directas e indirectas – entre nodos. Una asociación directa se representa simplemente con una línea (arista) que conecta dos nodos (esferas). Además, puede haber asociaciones indirectas que indican que un nodo actúa como intermediario y medía la relación entre otros nodos.

En un análisis de redes, incluso un efecto débil (por ejemplo,  $r = 0,10$ ) tiene importancia dentro del sistema de asociaciones, ya que tiene la capacidad de afectar y cambiar completamente la configuración de la red (Bezerra, 2021). Esta idea es clave y explica por qué la intensidad e importancia de las relaciones dependen en gran parte del rol teórico de cada variable en la red, más que el valor P como en un estudio lineal. La magnitud de las ponderaciones es representada en la tabla del Matriz de Ponderaciones. El rol o la importancia relativa de cada variable en la red se representa con el cálculo de las Medidas de Centralidad, explicado a continuación. El peso de la asociación entre cada variable se plasma en la Matriz de Ponderaciones, explicado en el apartado 2.5.6.

### **2.5.5. Medidas de centralidad**

Como parte del análisis de redes, para cuantificar el rol y la importancia relativa de cada nodo en la red, se calcularon los valores de las medidas de centralidad de fuerza y de influencia esperada. Ambas medidas de centralidad se eligieron debido a su alta estabilidad o fiabilidad frente a las demás medidas de centralidad (tales como son las de *closeness* o *betweenness*).

Para averiguar el grado de estabilidad (o fiabilidad) de las medidas de centralidad, se realizó un análisis de estabilidad de estos valores. El análisis del grado de estabilidad se realiza en JASP y consiste en un análisis de bootstrapping de subconjuntos (es decir, el muestreo de subconjuntos de casos sin reemplazo). Muestra el grado de correlación de las distintas medidas de centralidad con los valores originales. Como más alto el valor o porcentaje de correlación, más fiable la medida de centralidad. Este paso sirve como justificación por la decisión de trabajar con las medidas de centralidad elegidas, las de fuerza e influencia esperada.

Fuerza es normalmente el índice de centralidad más estable, que significa que arroja resultados más fiables, con menos desviación. El valor de fuerza es la suma de todos los

pesos o ponderaciones de las conexiones del nodo focal en valor absoluto que mide el impacto del nodo focal en sus vecinos. El índice de fuerza indica la(s) variable(s) con mayor magnitud o ponderación de interconexiones, lo cual le otorga un rol de alta relevancia en la red.

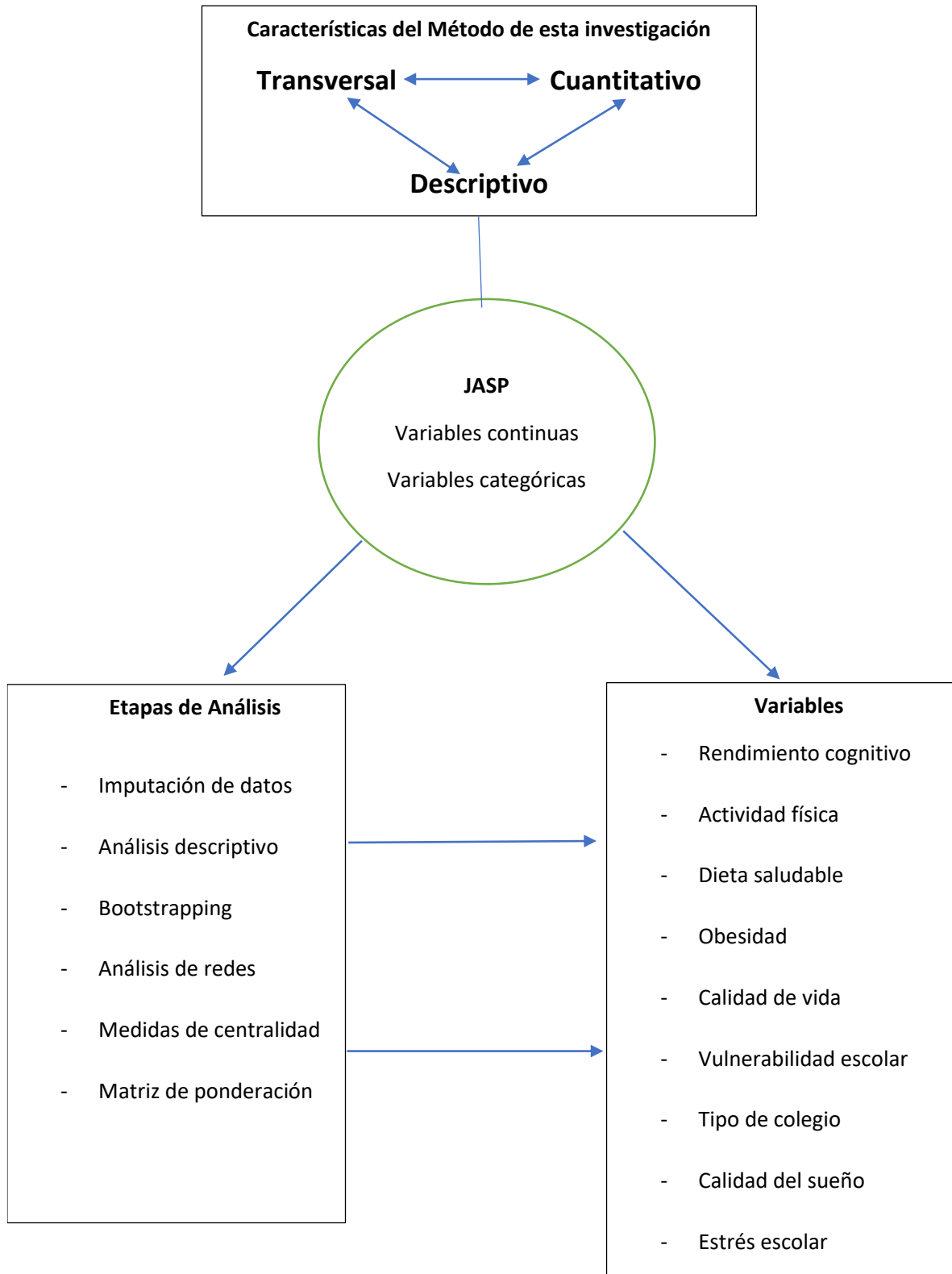
El valor de influencia esperada representa el potencial que tiene una variable de afectar al conjunto de la red y gatillar cambios en las interrelaciones de la red completa. Los índices de centralidad fueron normalizados (media = 0 y DS = 1), de modo que un valor de índice de  $>1$  indica que está a más de 1 DS de la media. Se utilizó el paquete `qgraph` del software RStudio.

### **2.5.6. Matriz de ponderaciones**

Del mismo análisis de redes se obtiene la tabla de la matriz de ponderaciones que representa las variables y las características de la red. En esa matriz se observan los valores numéricos atribuidos a las relaciones (aristas) directas entre variables (nodos). Como se observó anteriormente, incluso valores cerca de 0,1 son significativos (Bezerra et al., 2021). De esta forma se evidencia la relativa importancia o ponderación de ciertas asociaciones y contribuye a nuestro análisis y entendimiento de la red.

**Figura 14:**

### Resumen de la metodología





## **CAPÍTULO 3**

### **Resultados y hallazgos**

En este capítulo comenzaré a presentar los resultados de la investigación que se ha detallado en las páginas precedentes. En primer lugar, mostraré los resultados de las primeras estimaciones realizadas sobre las diez variables seleccionadas para hacer el análisis. Cabe recordar que se trata de mil doscientos noventa y seis casos de estudiantes adolescentes chilenos registrados en la base de datos del proyecto Cogni-Acción. Después de aplicar el análisis de redes en la plataforma JASP sobre estos casos, creo que doy satisfacción al objetivo específico primero, al que paso a describir en detalle.

### **3.1. Resultados**

#### **3.1.1. Análisis estadístico descriptivo**

La Tabla 5 muestra el análisis descriptivo de todas las variables, indicando la frecuencia (número de participantes) y el porcentaje para las variables categóricas, la media y la desviación estándar (DE) para las variables continuas. El número total de participantes, o tamaño de la muestra, es de 1.296, y con respecto a la variable categórica del sexo, exactamente el 50% son niñas. Con respecto a las otras variables categóricas, 326 estudiantes de la muestra asistían a colegios privados, el 25,2% del total. 456 estudiantes, el 35,2% asistían a colegios públicos. 514 estudiantes, 39,7% asistían a colegios subvencionados. Se observa que la relación entre tipo de colegio y índice de vulnerabilidad es bastante explícita: los estudiantes y colegios privados puntúan con una vulnerabilidad escolar (IVE) de 0, constituyendo 25,2% de la muestra total. El 47,1% o 610 de los estudiantes muestran niveles altos de vulnerabilidad y el 27,8% o 360 estudiantes tienen un IVE mediano.

Las variables continuas, por otra parte, siendo un valor global para la media de cada variable, y como no representan ningún contraste, por ejemplo, entre niños y niñas, no invitan a una interpretación detallada en el análisis descriptivo. Su valor intrínseco reside en cómo interactúan, sus asociaciones relativas en el análisis de redes. No obstante, para explicitar el significado de cada cifra, a continuación, se presenta una breve interpretación de los valores de cada una de las variables continuas.

Con respecto al variable de edad, se observa que la media de edad de los participantes es 11,9 años, con una desviación estándar del 1,2. Estos datos responden a las delimitaciones del estudio, que se enfoca en los datos de participantes de entre 10 y 14 años.

El marcador de obesidad central o visceral calcula la relación entre cintura y estatura (RCE) y es empleada para evaluar la presencia o no de obesidad central en los participantes. Se observa en el análisis descriptivo que la media de este indicador para la muestra total de estudiantes es de 0,456 y presenta una desviación estándar del 0,054. Esta cifra media indica un valor de la media menor que el puntaje umbral de obesidad, que se establece a 0,5.

La calidad del sueño presenta una media global de 11,293 con una desviación estándar del 4,962.

El indicador del estrés cotidiano escolar (EECE) que mide estrés cotidiano en 18 categorías, registra en el análisis descriptivo, una media de 77,595 con una desviación estándar de 24,991.

La variable de adhesión a una dieta saludable presenta una media global del 6,589, con una desviación estándar del 2,054. Este valor puede situarse en la posición intermedia en la escala del índice KIDMED.

La variable calidad de vida presenta una puntuación media de 50,197 con una desviación estándar de 9,147.

Rendimiento cognitivo global registra una puntuación media de 100,013 con una desviación estándar de 8,839.

Actividad física se midió en el cuestionario INTA de 5 categorías. Cada categoría se valora entre 0 y 2 y la puntuación total es de 0 a 10. El valor máximo de 10 representa una vida plenamente activa. La media de esta variable es 3,759 con una desviación estándar de 1,189.

Condición física es representada en el análisis descriptivo con la media del valor global para los 3 indicadores. Esta variable registra una media de -0,084 y una desviación estándar de 2,764.

**Tabla 5:** Análisis descriptivo de características de los participantes

<b>Variables</b>	<b>Muestra total (n=1.296)</b>
<b>Variables categóricas</b>	
Sexo	
Niñas	648 (50%)
Niños	648 (50%)
Tipo de colegio	
Público	456 (35,2%)
Subvencionado	514 (39,7%)
Privado	326 (25,2%)
Índice de Vulnerabilidad	
Bajo	326 (25,2%)
Mediano	360 (27,8%)
Alto	610 (47,1%)
<b>Variables Continuas</b>	
Edad (años)	11,9 (1,2)
Obesidad	0,456 (0,054)
Calidad sueño	11,293 (4,962)
Estrés	77,595 (24,991)
Dieta saludable	6,589 (2,054)
Calidad de vida	50,197 (9,147)
Rendimiento cognitivo	100,013 (8,839)
Actividad física	3,750 (1,189)
Condición física	-0,084 (2,764)

Los valores de las variables continuas se presentan como medias y desviación estándar. Las variables categóricas se presentan como frecuencia o porcentaje. Fuente: elaboración propia.

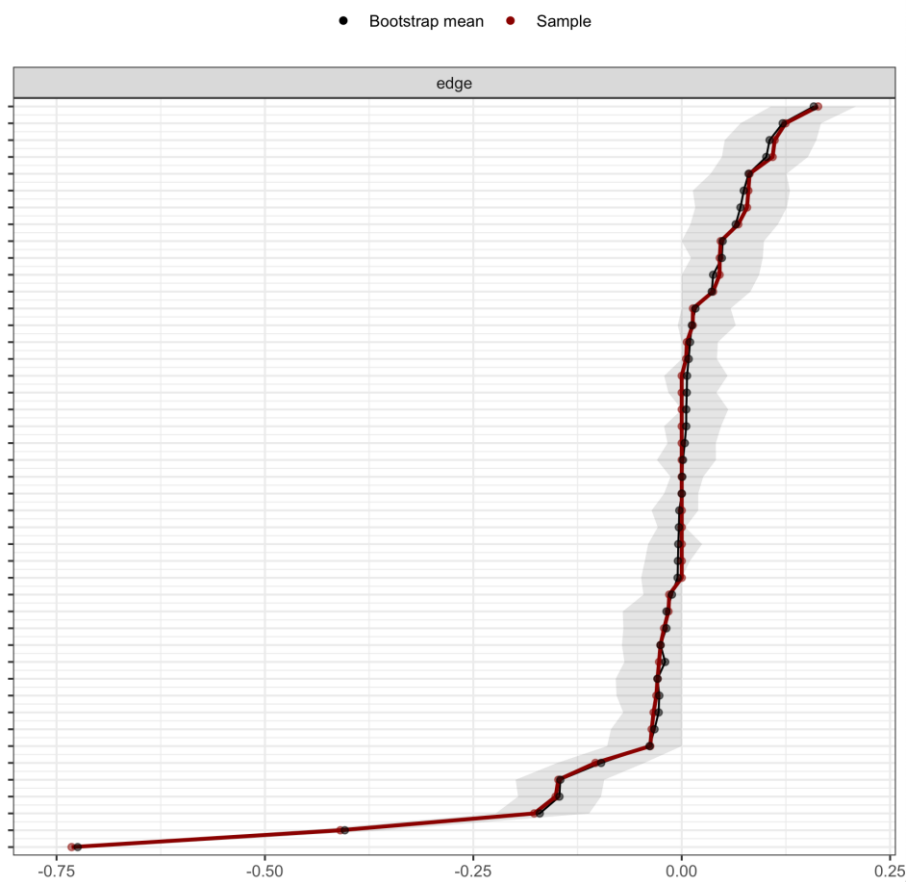
### 3.1.2. Bootstrapping

Se realizó el procedimiento de bootstrapping para establecer el intervalo de confianza (IC). En este caso, se tratan de los valores de las ponderaciones de las aristas (conexiones



entre nodos). Los puntos rojos representan los valores de la muestra de datos y los puntos negros representan la media. Se aplicó el bootstrapping ( $n = 1000$ ) sobre los datos, arrojando el siguiente resultado (ver el Gráfico 10) que muestra una alta precisión en el análisis, con un grado muy alto de solapamiento y dentro de la franja recomendada de CI del 95%, que muestra que la red es muy precisa, muy parecida a los valores iniciales.

**Gráfico 10:** Resultado de bootstrapping ( $n = 1.000$ ) sobre los datos.



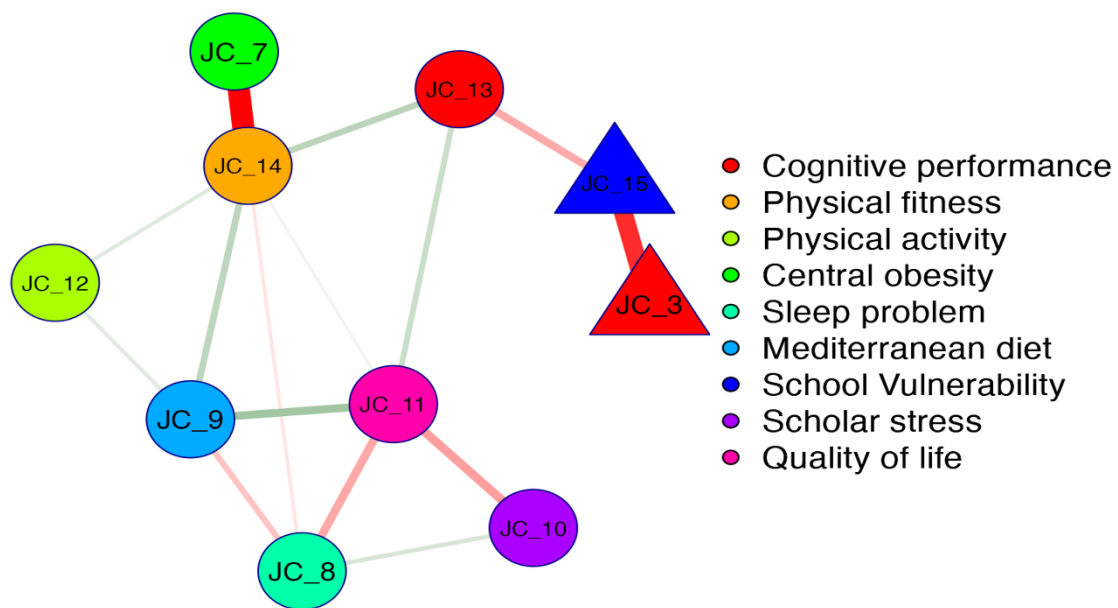
Bootstrapping  $n = 1.000$ . El eje Y indica todas las aristas, el eje X indica la magnitud o peso de las aristas. La línea roja indica la media de los valores muestra. Los puntos negros indican la media del Bootstrap. El área gris representa el intervalo del 95% de confianza del bootstrapping. Fuente: elaboración propia.

Haber alcanzado un índice de confianza del 95% fue un paso positivo para la investigación, reforzando la idea que la investigación podía avanzar a los pasos siguientes.

### 3.1.3. Análisis de redes

El Gráfico 11 a continuación muestra la configuración del análisis de redes. Esta representación visual de las variables y las asociaciones entre ellas es, sin duda, uno de los resultados más relevantes de esta investigación. Muestra, de forma resumida que existe una relación compleja entre las diez variables seleccionadas. Lo que pasará a ser parte central en la discusión del capítulo siguiente, junto con otros hallazgos que también comentaremos.

**Gráfico 11:** Análisis de redes



Resumen del análisis de la red. Las asociaciones positivas se expresan en color verde y las negativas, en rojo. El grosor y la fuerza de la línea de conexión (arista) indica la magnitud de la asociación entre los nodos. Las variables se representan gráficamente en esferas (nodos) de diferentes colores y se describen en la leyenda.

Cognitive performance = rendimiento cognitivo, physical fitness = condición física, physical activity = actividad física, central obesity = obesidad central, sleep problems = calidad del sueño, Mediterranean diet = dieta saludable, school vulnerability = vulnerabilidad escolar, scholar stress = estrés cotidiano escolar, quality of life = calidad de vida. Fuente: elaboración propia.

La configuración de la red representada en el Gráfico 11 muestra que la variable o nodo más relevante es, sin duda, condición física: El nodo de condición física tiene una fuerte asociación negativa con obesidad central (valor en la matriz de ponderaciones de -0,406) y una asociación positiva con el rendimiento cognitivo (0,109) y con la dieta saludable (0,104). Merece destacar aquí que esta potente relación entre condición física y obesidad representa el valor más alto de la red. Llama la atención el valor o magnitud de la relación con rendimiento cognitivo – uno de los valores más altos de la red, y que subraya la relevancia de este eje condición física-rendimiento cognitivo. Condición física es la variable de mayor fuerza, así como la que tiene las conexiones más robustas y la mayor ponderación de conexiones en la red (como veremos en detalle a continuación). Se asocia además de forma positiva con dieta saludable y negativamente con problemas de sueño.

La vulnerabilidad escolar tiene una relación significativamente negativa con el rendimiento cognitivo (-0,135) y muestra una sólida asociación negativa con el tipo de escuela (-0,338), ya que la vulnerabilidad de la escuela pública puntúa con valor 1 en la categoría de tipo de escuela. Esta asociación negativa entre vulnerabilidad escolar y rendimiento cognitivo parece hacer sostener las conclusiones de la literatura sobre el fuerte vínculo entre vulnerabilidad o nivel socioeconómico y rendimiento cognitivo o resultados académicos.

La adherencia a una dieta saludable se asocia fuertemente a la calidad de vida (0,149) y la condición física (0,104). La actividad física muestra asociaciones de menor magnitud. Está asociada con condición física (0,052) y con dieta saludable (0,049). El nodo de calidad de vida se relaciona fuertemente con el estrés, con un valor negativo (-0,154) y significativamente con dieta saludable (0,149), negativamente con los problemas de sueño (-0,139) y muestra una relación relativamente positiva con el rendimiento cognitivo (0,084).

Algunas variables están relacionadas de forma indirecta, es decir, mediadas por otra variable. Este es el caso de la actividad física, cuya relación con la cognición no es directa, sino indirecta, a través de la condición física. Sobrepeso y rendimiento cognitivo también tienen una relación indirecta a través de la condición física. Cabe destacar que sobrepeso no se observa directamente relacionada con rendimiento cognitivo. Dieta saludable tampoco tiene una relación directa con la cognición, sino que está conectada a través de

condición física. Esto sugiere que la condición física puede desempeñar un papel mitigador, influenciando el impacto de dieta sobre el rendimiento cognitivo.

Es importante resaltar que en el análisis de redes puede ocurrir que hay nodos (o variables) que no se representan conectados por una línea (arista), lo cual no necesariamente indica que no están vinculados. Tenemos, además, la evidencia de estudios bivariados que muestran que sí que están interconectados. Lo que ocurre en estos casos es que la fuerza de la relación que tienen estos nodos con algunos nodos en particular les resta fuerza de su relación con otros nodos más. Este, podemos concluir, es el caso de Vulnerabilidad que está fuertemente vinculado con Tipo de Colegio, y con Rendimiento Cognitivo, pero no muestra vínculo con Obesidad o con Dieta Saludable, aunque es altamente probable que lo tenga. Entonces, lo que ocurre es que, en la representación visual, la fuerza de la relación entre algunos nodos resta fuerza de sus relaciones con los demás nodos. Nos presenta con una imagen holística de las interrelaciones, pero relativizadas.

#### **3.1.4. Matriz de ponderaciones**

Complementando el Gráfico 11, presento la matriz de ponderaciones de las diez variables. Esta matriz, (ver Tabla 6), muestra las relaciones directas entre las variables y cuantifica estas asociaciones. El rendimiento cognitivo muestra una sólida relación con la condición física (0,109), seguida de los indicadores de calidad de vida (0,084). El rendimiento cognitivo tiene una fuerte relación inversa con el índice de vulnerabilidad escolar (-0,135), es decir, cuanto mayor es el índice de vulnerabilidad, menor es la puntuación de la cognición.

Puede que las asociaciones que se representan con un valor de 0 llamen la atención. Es importante aclarar aquí que debido a que este modelo de análisis es un modelo multivariado, que conjuga las relaciones multidireccionales y simultáneas de las diez variables, la fuerza de unas asociaciones potentes resta fuerza de las relaciones que tienen menos fuerza, que es representado como 0. Un ejemplo de este fenómeno se observa en los valores para obesidad central, que en la matriz de ponderaciones registra el valor de ponderación más importante de toda la matriz en su asociación negativa con condición

física, y sus asociaciones con las demás variables tienen una ponderación de 0. Sabemos por la literatura que, en un análisis bilateral, de mediación, o de ecuación estructural con las dos o tres variables en cuestión, sí que se identifican asociaciones significativas.

**Tabla 6:** Matriz de ponderaciones

Variable	Rendimiento Cognitivo	Condición física	Actividad física	Obesidad central	Calidad del sueño	Dieta saludable	Vulnerabilidad escolar	Estrés escolar	Calidad de vida
Condición física	0,109								
Actividad física	0,000	0,052							
Obesidad central	0,000	-0,406	0,000						
Calidad del sueño	0,000	0,040	0,000	0,000					
Dieta saludable	0,000	0,104	0,049	0,000	-0,094				
Vulnerabilidad escolar	-0,135	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
Estrés escolar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,000	0,000		
Calidad de vida	0,084	0,025	0,000	0,000	-0,139	0,149	0,000	-0,154	
Tipo de colegio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,338	0,000	0,000

Matriz de ponderaciones que expresa el peso de las asociaciones entre variables (valor r).  
Fuente: elaboración propia.

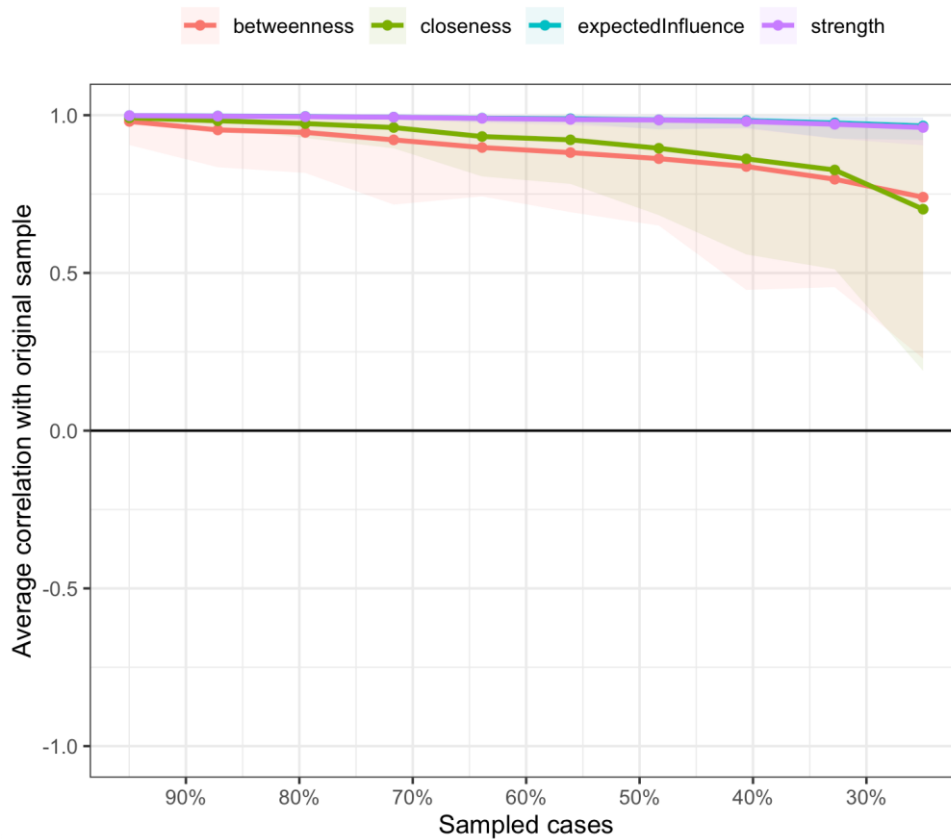
### 3.1.5 Medidas de centralidad

Al menos tan importante como los resultados que se desprenden del Gráfico 11 de la representación del análisis de redes, son las medidas de centralidad. En primer lugar, se calculó el grado de estabilidad o precisión de los valores de las medidas de centralidad. Aplicando la técnica del bootstrapping, se realizó un análisis del grado de estabilidad de las medidas de centralidad, que se expresa como el coeficiente de correlación-estabilidad (coeficiente-CE). Los resultados se presentan en el Gráfico 12 a continuación, donde se aprecia que el coeficiente de estabilidad de las medidas de centralidad fuerza e influencia esperada es muy alto, en comparación con las demás medidas de centralidad (cercanía o interconectividad).

Según Epskamp et al. (2017), para un nivel significativo de estabilidad, el coeficiente-CE debía tener un valor del 0,70 o mayor. En nuestro caso, los valores de las dos medidas de

centralidad que nos interesan, fuerza e influencia esperada, son muy altos – cerca del 1,0. Este resultado indica que las medidas de fuerza e influencia esperada tienen un grado alto de precisión. Esta alta fiabilidad afirma la decisión de incluir estas medidas de centralidad en nuestro análisis para poder desglosar con más precisión el peso relativo y la naturaleza de las asociaciones entre las variables de la red.

**Gráfico 12:** Gráfico del coeficiente de estabilidad de las medidas de centralidad.



Strength = fuerza; Expected influence = influencia esperada; Betweenness = la medida de interconectividad; Closeness = cercanía. Fuente: elaboración propia.

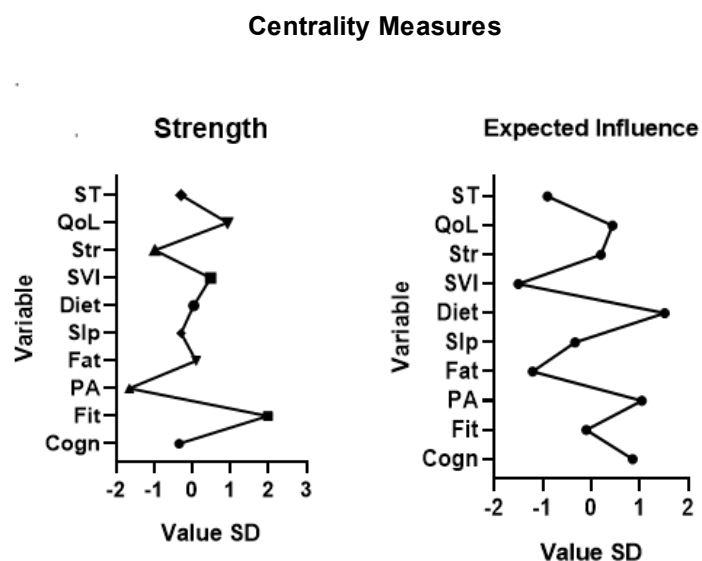
En segundo lugar, se calculan las medidas de centralidad para cada una de las variables. Las medidas de centralidad aportan un matiz importante al análisis de la red de asociaciones en el sentido de que resumen el rol y la importancia relativa de las variables, que se puede apreciar en el Gráfico 13 y la Tabla 7 a continuación. Es importante recalcar la relevancia de las dos medidas de centralidad seleccionadas, “fuerza” e “influencia esperada” que se explicó en el apartado 2.5.5 del capítulo de Metodología. El Gráfico 13 presenta de forma visual los valores de centralidad de las variables, donde se observa

claramente las variables que registran valores de desviación estándar más altos. Los valores numéricos correspondientes se presentan en la Tabla 7.

El cálculo de las medidas de centralidad “fuerza” e “influencia esperada” indica lo siguiente: en lo que concierne fuerza, la variable de condición física destaca con el valor más alto de 1,987, observable en la tabla, como también en la representación gráfica, donde se destaca como la variable que mayor valor de DE muestra. Tener la mayor fuerza indica que la condición física es un nodo potente en la red, un punto focal. La medida de centralidad “fuerza” indica la suma del peso o las ponderaciones de sus interconexiones o aristas con otros nodos (McNally, 2016). En otras palabras, la variable condición física tiene el conjunto de conexiones de mayor ponderación y representa un nodo o variable altamente relevante en esta red compleja.

En lo que concierne influencia esperada (IE), dos variables destacan: dieta saludable y actividad física, tal como se observa en el Gráfico 13, donde estas dos variables destacan con el mayor valor de desviación estándar (DE, o en inglés SD). Dieta saludable registra el mayor valor para influencia esperada, 1,514 y actividad física registra un valor de influencia esperada de 1,043. La medida de centralidad de influencia esperada tiene la función de indicar cuáles son las variables con mayor potencial para alterar la red y efectuar cambios en las asociaciones entre variables. En este sentido es una medida de alta utilidad en el momento de formular conclusiones y aplicaciones para el futuro basadas en los resultados del análisis.

**Gráfico 13:** Medidas de centralidad de Fuerza e Influencia Esperada.



El valor de las variables expresado en la media y desviación estándar (DE) (SD en inglés). ST corresponde a tipo de colegio, QoL = calidad de vida, Str = estrés escolar, SVI = índice de vulnerabilidad escolar, diet = dieta saludable, Slp = calidad de sueño, Fat = obesidad central, PA = actividad física, Fit = condición física, Cogn = rendimiento cognitivo. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 7:** Valores de las medidas de centralidad fuerza e influencia esperada.

Variable	Fuerza	Influencia Esperada
Rendimiento cognitivo	-0,343	0,853
Condición física	<b>1,987</b>	-0,101
Actividad física	-1,645	<b>1,043</b>
Obesidad central	0,103	-1,208
Calidad del sueño	-0,293	-0,331
Dieta saludable	0,043	<b>1,514</b>
Vulnerabilidad escolar	0,485	-1,504
Estrés escolar	-0,976	0,199
Calidad de vida	0,926	0,439
Tipo de colegio	-0,288	-0,905

Valores de las medidas de centralidad normalizados y representados como media = 0 y DS = 1. Fuente: elaboración propia.



### 3.2. Hallazgos principales

En consistencia con los argumentos en base a las pruebas estadísticas anteriores, que son los resultados principales de esta investigación, puedo sostener que se identificaron tres hallazgos principales:

1. La variable o nodo de condición física (*fitness*) es la de mayor fuerza de la red. Se asocia de forma positiva con rendimiento cognitivo y, además, parece actuar como intermediario entre obesidad y cognición; y entre actividad física y cognición.
2. Rendimiento cognitivo está asociado de forma fuertemente negativa con vulnerabilidad escolar (que tiene un vínculo fuerte con tipo de escuela).
3. Las dos variables que destacan por su potencial de influencia esperada son dieta saludable y actividad física, lo que implica que cambios efectuados en estas variables tienen la potencial de cambiar la red de forma significativa.

Estos hallazgos parecen señalar que a partir del análisis complejo de la red de diez variables obtenemos información clave y posiblemente inesperada. Para esta investigación se había seleccionado estas diez variables en particular en base a la literatura que sostiene que hay asociaciones de relevancia entre distintas combinaciones de ellas – asociaciones entre dos, tres o cuatro variables, tal como expusimos en el Capítulo 1, Marco Teórico. Hemos citado los numerosos estudios que identificaron estas asociaciones como una motivación o un justificante por la selección de estas variables para llevar el análisis un paso más hacia la complejidad. Aunque se ha comprobado en la literatura que existen asociaciones entre grupos reducidos de este conjunto de variables, también nos percatamos que la literatura reconoce de forma creciente la necesidad de incluir una perspectiva compleja en el análisis del ser humano, su comportamiento y su entorno.

Consecuentemente, el desafío que nos planteamos fue de analizar el comportamiento simultáneo de este conjunto de variables. De ver su interacción en un conjunto complejo. Nuestro foco de interés es el rendimiento cognitivo, pero sabíamos que podrían existir

asociaciones impredecibles, elementos imprevistos que podrían enriquecer nuestra comprensión del rendimiento cognitivo, del proceso de aprendizaje en el entorno escolar. Nos motivaba observar cómo las interacciones simultáneas se influyen, mitigan, anulan, magnifican entre sí. Fue un paso a lo desconocido, ya que, según nuestro conocimiento, no existen estudios en este campo y con este enfoque en la literatura hasta el momento. Desde este prisma de la complejidad, y concibiendo al ser humano y su comportamiento contextualizado como fenómenos complejos, realizamos un análisis de redes, con sus diversos componentes para formular una lectura, una interpretación de las interacciones de estas diez variables.

Los hallazgos parecen afirmar que desde una perspectiva de complejidad ganamos una comprensión más multifaceta e integral. Entendemos mejor los roles e interacciones de múltiples variables en el proceso de aprendizaje, algunas de sus dinámicas de interacción y podemos atrevernos a sacar conclusiones y hacer alguna recomendación en base a lo develado aquí.

## **CAPÍTULO 4**

### **Discusión**

El eje central de esta tesis es la concepción integral del niño/a en el entorno escolar. Si a los profesionales de la educación nos preocupa el rendimiento cognitivo y el desempeño académico, esta tesis propone que debemos ensanchar nuestra mirada y tomar en cuenta variables poco vinculadas a los resultados académicos, pero que son, según la literatura de distintas disciplinas y esta investigación, altamente relevantes. Desde la neurociencia aplicada a la educación, se establece la significancia que tiene el entorno del estudiante y las experiencias cotidianas, su interacción con el medio con respecto al moldeo del cerebro y el rendimiento cognitivo y resultados académicos: la neuroplasticidad. Esta tesis estableció el propósito de examinar nueve variables asociadas al rendimiento cognitivo de escolares adolescentes desde una perspectiva compleja.

En los últimos diez años, un creciente número de investigaciones destacan lo interconectado que están factores del entorno del estudiante con el rendimiento cognitivo y desempeño académico (Lemes et al., 2021; Solis-Urra et al., 2021; Jirout et al., 2019; Cristi-Montero et al., 2022). La capacidad que tienen esos factores de incidir en el desarrollo y rendimiento cognitivo, gracias a la neuroplasticidad, ilustra lo maleable y dinámico que es el cerebro y, a la vez, resalta las potencialidad de intervenir en estas interacciones dinámicas para mejorar sus asociaciones y consecuencias en el entorno educativo. Esto nos llevó a la aplicación del análisis de redes, a contemplar al escolar desde una perspectiva más compleja y ecológica, y de desarrollar propuestas de mejora desde ese prisma integral.

Desde la Organización Mundial de la Salud, el rendimiento cognitivo ha sido identificado por primera vez como uno de los objetivos críticos de salud para niños y adolescentes (Chaput et al., 2020). Es desde este prisma que se concibe la complejidad y la interrelación entre disciplinas y factores distintos que embarcamos en el análisis y discusión de los resultados y hallazgos de este estudio. En este sentido, el presente estudio aboga además por una visión más transdisciplinaria del tema tratado. Desde la educación, es bueno que amplíemos el prisma a partir del que analizamos la problemática y también proponemos soluciones. Esta tesis propone transgredir los límites tradicionales de las disciplinas y a concebir de un modelo de interacciones complejas y dinámicas.

También vale destacar que este estudio se inspiró en uno de los fundamentos de la neurociencia, la neuroplasticidad. La observación de Ramón y Cajal de que todo ser humano puede ser escultor de su propio cerebro revolucionó nuestra manera de comprender al ser humano y su cerebro. El entorno en que nos encontramos, nuestras experiencias de vida cobran un peso, una significancia sin precedentes en cuanto al desarrollo y salud cerebral y el rendimiento cognitivo. En el viejo debate entre la naturaleza y la crianza/el entorno, el aporte de la neuroplasticidad ha cambiado la pista de juego, llevando al reconocimiento de la relevancia del entorno y la neuroplasticidad y reajustando ideas deterministas sobre el peso de la genética. En esta tesis se ha examinado y citado las investigaciones que identifican los vínculos entre las diez variables de este estudio. Hemos examinado la relevancia de la asociación que tienen la dieta saludable, el estrés escolar, la condición física, la calidad del sueño, y las demás variables entre sí, como también su asociación con el rendimiento cognitivo.

Siguiendo el objetivo general de esta tesis, hemos procedido a examinar el conjunto de diez variables desde la perspectiva de la complejidad para develar sus interrelaciones multidireccionales y simultaneas mediante la aplicación del análisis de redes. Debido a la complejidad misma de las relaciones, nuestro análisis no brinda un mapa exacta de relaciones de causa-efecto entre las variables, pero sí que nos aproxima a una perspectiva más completa de las interacciones que componen un sistema complejo. Nos interesa concebir de las asociaciones dinámicas entre este conjunto de variables para esclarecer su peso relativo y sus relaciones, tanto directas como indirectas. Si el concepto de la neuroplasticidad ha guiado este estudio, en el sentido de que el cerebro (y en este caso, el rendimiento cognitivo) es maleable y sensible al entorno, a las experiencias o estímulos que recibe a diario, entonces también es de gran interés identificar las variables de mayor relevancia en la red, cuantificar la magnitud de las asociaciones: si son fuertes o débiles, positivas o negativas, directas o indirectas. Y es de suma interés que mediante el análisis de redes se pueda identificar las variables que mayor potencial tienen de palanca o gatillo en el sentido de provocar una transformación de dicha red de interrelaciones.

Esta investigación propuso tres objetivos específicos: En primer lugar, de realizar un análisis de redes con las diez variables seleccionadas de la base de datos de 1.296 estudiantes adolescentes chilenos del proyecto Cogni-Acción. En segundo lugar, mediante el análisis de redes, elucidar la naturaleza de las asociaciones entre las diez

variables, si son positivas o negativas, y la magnitud de las asociaciones, además de poder identificar la variable de mayor fuerza y las variables que tienen el potencial de cambiar el balance de fuerzas en la red. A continuación, desglosamos cómo se ha podido alcanzar estos objetivos, y dirigiremos nuestra atención al tercer objetivo específico, de recomendar intervenciones a consecuencia de la información expuesta en este estudio, para favorecer un entorno educativo que influya de forma favorable en el rendimiento cognitivo de los y las estudiantes.

### **El análisis de redes**

El análisis de redes presenta información sobre la naturaleza de las interacciones (o asociaciones) entre las variables que se someten al análisis. Estas asociaciones son de sumo interés para nuestro estudio. Las hemos podido identificar, describir y cuantificar mediante las diferentes aplicaciones del análisis de redes explicado en el Capítulo 2, Metodología y en el Capítulo 3, Resultados y hallazgos. A continuación, destacamos del análisis de redes, las variables más relevantes, desde nuestra perspectiva, sus interrelaciones y cuáles tienen el potencial de actuar como gatillos de cambio en la red de asociaciones.

### **Asociaciones directas e indirectas y sus implicancias**

#### **Condición física**

La asociación entre condición física y rendimiento cognitivo es directa y positiva, como observamos en el Gráfico 11 del análisis de redes. Además, la ponderación de esta asociación es una de las más importantes de la red, como se observa en la Matriz de ponderaciones, tabla 6. Los análisis brindan información sobre la cercanía y la importancia de esta relación. Además el análisis estadístico identifica a condición física como el factor de mayor fuerza (según el análisis de las medidas de centralidad) de las diez variables que examinamos en este análisis de redes. Esta observación concuerda con la literatura sobre el vínculo entre condición física y rendimiento cognitivo o resultados académicos, tal como exploran Fedewa et al. (2016), Hillman et al. (2008) y Lemes et al. (2021). El análisis destaca que condición física es un factor altamente relevante en el contexto escolar y, dada su relación positiva y directa con rendimiento cognitivo, se propone que es un factor que merece estar tomado en consideración en contextos escolares de forma más explícita para mejorar el desempeño académico.

Evidentemente, la escuela es un contexto importante para los niños, niñas y adolescentes, especialmente por las largas jornadas que pasan allí. En este sentido, el colegio en sí se puede considerar como entorno idóneo para realizar intervenciones que mejoren la vida de los escolares, tal como sería la mejora de su condición física a través de mayores niveles de actividad física. Tanto la OMS en su documento *Global action plan on physical activity 2018-2030: More active people for a healthier world* (plan de acción global sobre actividad física 2018-2030: personas más activas para un mundo más sano) (2018) como también la International Society for Physical Activity and Health (2017), recomiendan que intervenciones para mejorar el nivel de actividad física se realicen a nivel de colegio. Además, Sallis et al. (2006) proponen que se debe abordar el desafío desde una perspectiva ecológica, que abarca tanto factores personales, como del ambientales, políticos también.

Daly-Smith et al. (2020) argumentan por aplicar análisis y soluciones desde el prisma de los sistemas complejos, considerando la gama de variables que inciden en actividad física y condición física en los escolares. Dichos autores explican el desarrollo del marco “Creating Active Schools Framework” (el marco de crear escuelas activas) que concibe de las escuelas como sistemas complejos y dinámicos para identificar los componentes de una aproximación global y compleja para promover la actividad física en los colegios. Desde esta perspectiva, se posiciona la “escuela activa” en un lugar central de la cultura, las prácticas, costumbres, creencias y prácticas del colegio. El marco además propone involucrar a los agentes (“stakeholders”) claves – niños y niñas, el profesorado, administración, madres y padres y la comunidad más amplia para promover un buen nivel de condición física (fitness) a través de la actividad física (Daly-Smith et al. 2020).

Woods et al. (2021) como también Lounsbury (2017) argumentan que la promoción de la actividad física en el colegio de forma integral, debería idealmente ser una decisión a nivel de política. Lounsbury explica que la presencia o ausencia de políticas de actividad física, su naturaleza (obligatoria o recomendada) y su nivel de implementación – nivel local, regional o nacional – tienen implicaciones para el éxito de las políticas públicas educacionales. Woods et al. (2021) en un metaanálisis de 23 investigaciones sobre la incorporación de la actividad física en las escuelas, identificaron 9 áreas donde se puede aplicar las políticas de actividad física. Estas incluyen el acceso libre al deporte, el establecimiento de tiempos mínimos de educación física, la promoción de recesos activos,

promoción de juego activo y el deporte durante los recesos, la disponibilidad de equipamiento para actividad física, la incorporación de pausas activas en la clase o entre clases, etc. Se propone que estos cambios se pueden promover desde las autoridades de las escuelas (local) como también a nivel de política educacional nacional y regional.

No obstante, es interesante que en el caso de Chile, y como se observa en su reporte de notas de la Matriz Global de Actividad Física 4.0 (explicados en el apartado 1.2.2 de capítulo 1), en contraste con sus notas muy bajas en lo que concierne actividad física y sedentarismo, la nota para la categoría “gobierno” fue muy alto, un A- (Aubert et al., (2022), que indica que existen políticas gubernamentales, están las pautas pero el efecto no se hace visible, no es evidente en la realidad y los puntajes de los comportamientos de los niños, niñas y adolescentes para los demás categorías de la Matriz Global de Actividad Física 4.0.

Pareciera que faltara un eslabón entre política pública y los hábitos cotidianos de vida activa. En este sentido, proponemos que faltaría ampliar la mirada para incluir otros agentes, jugadores o stakeholders en el entorno educativo. Identificamos que el profesorado podría jugar un rol clave en la promoción de hábitos de vida sana. Proponemos que el o la docente podría promover hábitos de actividad física y de dieta sana en el alumnado de forma transversal, para llevar a un cambio en la red compleja de variables que interactúan con rendimiento cognitivo. Recalcamos aquí la importancia de la promoción de vida sana a múltiples niveles. Tal como nos señalan los resultados del análisis de redes, las dos variables claves a los cuales se debería dirigir intervenciones son justamente actividad física y dieta saludable. El rendimiento cognitivo se beneficiaría del establecimiento y difusión de normas de vida activa y vida sana en la cultura escolar, a los niveles detallados arriba.

### **Condición física como intermediario**

Anteriormente, hemos establecido que condición física es la variable con mayor fuerza en la red. Además, una posición intermedia entre la actividad física y el rendimiento cognitivo; y entre la obesidad y el rendimiento cognitivo. La literatura muestra la importancia que tiene la actividad física, la condición física y el sedentarismo para el rendimiento cognitivo. Y los déficits y desafíos en este sentido son grandes, como explican Guthold et al. (2020) en un estudio con 1.6 millones de participantes, el 81% de



los adolescentes en el mundo, entre 11 y 17 años no alcanzan niveles mínimos de actividad física (Guthold et al., 2020; Chaput et al., 2020). Las ramificaciones impactan tanto la salud corporal como cognitiva y tienen consecuencias no solo para el corto o mediano plazo, sino para el largo plazo, como ya hemos examinado en esta tesis.

Se propone, en concordancia con estudios como el de Ruíz-Hermosa et al. (2019), Muntaner et al. (2018) y Washington (2018) que el Gráfico 11 del análisis de redes nos brinda una representación del rol de mediación que juega la condición física. La literatura señala que condición física se relaciona fuertemente con rendimiento cognitivo, de forma más contundente y con mayor magnitud que la relación entre actividad física y cognición (Cadenas-Sánchez et al., 2020; Ruotsalainen et al., 2020). Dado que en el análisis de redes se observa que la actividad física se relaciona con la cognición indirectamente a través de la condición física, parecería que las intervenciones dirigidas a mejorar los niveles de actividad física, mejorarían así la condición física y deberían tener una influencia positiva en el rendimiento cognitivo.

En el caso de la obesidad, en nuestro análisis de redes no muestra una relación directa con rendimiento cognitivo, sino una asociación que pasa por condición física. Se puede concluir, como en los estudios de Ruiz-Hermosa et al. (2019) y de Muntaner et al. (2018), que el impacto nocivo y documentado del sobrepeso y la obesidad sobre rendimiento cognitivo puede ser mitigado por condición física. Por otra parte, el estudio realizado por Hernández et al. (2021) - desarrollado también usando la base de datos del proyecto Cogni-Acción - identifica mediante una serie de análisis de mediación el rol de mediador que asume la condición física entre el marcador de obesidad central, RCE (o WHtR) y el rendimiento cognitivo global. Como destacan Hernández et al. (2021) “La asociación negativa entre sobrepeso obesidad y rendimiento cognitivo es mitigado por el nivel de fitness (condición física) del adolescente”. Los autores observan que el rol de mediación es especialmente consistente en relación al indicador RCE comparado con otros indicadores como BMIz.

Otra manera de concebirlo es que condición física actúa como un agente protector. Esto implica que aunque el sobrepeso y obesidad representan un desafío para la salud corporal y cognitiva del estudiante, este es mitigado por el nivel de la condición física del individuo. Las últimas cifras del Ministerio de Educación de Chile son alarmantes: para

2020 un total de 54% de escolares chilenos registraron sobrepeso y obesidad (Mineduc, 2021). Recomendamos que programas de política educacional se orienten tanto a reducir sobrepeso y obesidad (mediante la actividad física y dieta saludable) como también a mejorar la condición física para reducir el impacto de sobrepeso y obesidad en el rendimiento cognitivo. En este sentido, podemos recomendar en los colegios el aumento de actividad física y niveles de condición física tanto por sus beneficios generales de salud como también por su potencial de impactar rendimiento cognitivo. Pero, tal como hemos destacado arriba, es necesario ampliar y mejorar la efectividad de los actores en el entorno escolar que puedan impactar estos hábitos de vida sana, incluyendo docentes y directores posiblemente.

La adherencia a una dieta sana también se relaciona indirectamente con el rendimiento cognitivo a través de la condición física. Esta relación indirecta implica que la relación entre dieta sana y cognición está mediada por nivel de condición física. Esta relación indirecta destaca lo clave que es condición física, y su potencial de posiblemente incrementar los efectos de dieta sana sobre el rendimiento cognitivo.

### **Condición física como medida de centralidad**

Las medidas de centralidad identifican que condición física como la variable con mayor fuerza y actividad física y dieta saludable como las variables de mayor influencia esperada o potencial de provocar cambio en el conjunto de variable. En el análisis de las medidas de centralidad (Gráfico 13 y Tabla 7), se identificó que la condición física es la variable de mayor fuerza. Es sumamente relevante que de las diez variables, el análisis destaca la fuerza de la condición física: es la variables con el conjunto de conexiones más potentes, que suman mayor magnitud. Se destaca que además de tener una asociación directa, positiva, importante y cuantificable con el rendimiento cognitivo, también tiene una relación muy fuerte y negativo con obesidad. Finalmente, condición física parece mediar la relación entre obesidad y rendimiento cognitivo como también entre actividad física y cognición, algo que sostiene otras investigaciones como Hernández et al. (2021). La evidencia que brinda este análisis sugiere que la condición física o nivel de fitness de los adolescentes escolares tiene gran relevancia en esta red de asociaciones, y particularmente en lo que concierne la relación con rendimiento cognitivo.

En segundo lugar, el análisis de las medidas de centralidad (Gráfico 13 y Tabla 7) señala que las variables de dieta saludable y actividad física son los dos indicadores con mayor influencia esperada, o potencial de provocar cambios en la red. Esto implica que intervenciones dirigidas a estas variables claves tendrían el efecto de cambiar el balance de variables en la red. A raíz de esta información, se propone que la incorporación de programas y normativas en los colegios que fortalecen y aseguran el acceso a una dieta saludable, por ejemplo la dieta neurosaludable descrita en detalle en el artículo de Navarro y Collado (2018), o la muy aclamada dieta mediterránea. Esta propuesta coincide con las investigaciones citadas en el capítulo 1 tales como Hardman et al. (2016) y Valls-Pedret et al. (2015). Apostar por la salud en la alimentación se presenta, según nuestro análisis, como un camino prometedor para incidir en esta red de interrelaciones y de impactar el balance de fuerzas, que podría implicar una mejora en rendimiento cognitivo.

De igual forma, los resultados sobre la influencia esperada de la actividad física indican que intervenciones dirigidas a la actividad física tendrán un impacto significativo sobre el conjunto de variables. Consecuentemente, señalamos la necesidad de programas dirigidas a promover la actividad física de forma integrada, tales como los que detallamos anteriormente en este apartado de discusión. Los trabajos de Daly-Smith et al. (2020), de Woods et al. (2021) y de Lounsbury (2017) proponen de forma concreta y muy clara, maneras de intervenir en el entorno a diversos niveles para conseguir cambios en los hábitos de actividad física de los y las estudiantes, y de impactar – ojalá – de forma positiva sobre el conjunto de variables, con especial atención al rendimiento cognitivo.

### **Vulnerabilidad escolar**

La variable compleja y multifactorial de índice de vulnerabilidad escolar se asocia en nuestros análisis de manera fuertemente negativa con el rendimiento cognitivo. Observamos que la alta vulnerabilidad corresponden a colegios públicos o subvencionados. El análisis de redes indica que los escolares adolescentes de las escuelas socioeconómicamente vulnerables (el 75% de las escuelas de la muestra) experimentan una asociación negativa con rendimiento cognitivo. Dado que el nivel de vulnerabilidad se corresponde casi perfectamente con el método de categorización de las escuelas (públicas, concertadas o privadas), estos resultados parecen sugerir que el mecanismo de

segregación de la educación en diferentes sistemas refleja y reproduce la desigualdad social y las oportunidades vitales.

Diversos autores ya mencionados en apartados anteriores de esta tesis, evidencian en sus investigaciones que la pobreza, la vulnerabilidad y los contextos socioeconómicos precarios perjudican el desarrollo cerebral, rendimiento cognitivos y los resultados académicos y contribuyen a ampliar la brecha educacional entre grupos (Ursache, 2016; Farah, 2017). Farah (2017) argumenta por mayor inclusión de datos de esta naturaleza en estudios de neurociencia aplicada a la educación, ya que la consideración de esa variable en investigaciones en contextos de desigualdad o alta vulnerabilidad, implican diferencias significativas con estudios en entornos de sociedades con mayores niveles de riqueza.

Dado el contexto chileno donde la educación está fuertemente estratificada según nivel socioeconómico (Taut et al., 2009), el hallazgo de esta tesis sobre la relación fuertemente negativa entre tipo de colegio, nivel de vulnerabilidad y rendimiento cognitivo, subraya la urgencia de atender a esta brecha de desigualdad de parte de las autoridades del país. Esta tesis hace hincapie en que intervenciones públicas dirigidas a la vulnerabilidad escolar favorecerán el rendimiento cognitivo, reduciendo la brecha de conocimiento, desigualdad y acceso que sigue siendo un desafío en Chile. Además de intervenciones desde lo público, también está la posibilidad de reducir el impacto nocivo que tiene la pobreza y la vulnerabilidad sobre el cerebro y el rendimiento cognitivo mediante estrategias locales a nivel de colegio. Donofry et al. (2021) y Cristi-Montero et al. (2021) proponen exactamente esto en sus respectivos investigaciones. Donofry propone la actividad física para revertir el impacto cerebral de la adversidad temprana y Cristi-Montero identifica en su investigación que condición física podría considerarse un factor protector que pudiera reducir la brecha cognitiva asociada a la vulnerabilidad escolar en adolescentes en Chile.

### **Calidad de vida**

El tercer hallazgo es que un marcador global de calidad de vida (Anexo 5) - que evalúa el bienestar del estudiante en términos de las emociones y sentimientos, relaciones en el hogar, relaciones con profesorado, con amigos, y salud y actividad física - se asocia de forma positiva con cognición. Y este marcador de calidad de vida recibe el input del estrés escolar, dieta saludable y calidad de sueño. Además, señala la relevancia de variables

como el estrés escolar – asociado a experiencias como el *bullying*, la exclusión, el trato vejatorio de parte del profesorado, etc. - (ver el cuestionario KIDScreen 27, Anexo 5). Hattie (2009) en su libro *Visible Learning* identifica el clima del colegio como una variable probable de tener un impacto positivo sobre el aprendizaje.

Pareciera una ruta de intervención positiva el desarrollo de programas para mejorar los índices de estrés escolar y aumentar la variable de calidad de vida, como proponen autores como Berkowitz et al. (2017) y Davis et al (2018). En su investigación, Davis et al. (2018) documentan en escuelas de Nueva York, cómo el clima del colegio afecta de manera significativa el progreso académico de los estudiantes, y por contrario cómo los efectos del clima escolar pueden tener mayor ponderación que los efectos del historial personal del estudiante. Un clima escolar que promueve el respeto, la comunicación y la seguridad está asociado con mejor rendimiento de los estudiantes (Davis, 2018). Se propone que tal estrategia se podría igualmente implementar en las escuelas chilenas. Berkowitz en su metaanálisis evaluó más de 50 estudios entre 2000 y 2015 y identificó que la mayoría (84%) encontraron que un clima escolar positivo compensa por los efectos negativos del nivel socioeconómico bajo, o vulnerabilidad escolar, que tienden a perjudicar el desempeño académico.

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

## 4.1 Conclusiones

En este apartado presentaremos las conclusiones y recomendaciones que emergen del estudio precedente. La investigación parte de una concepción de la complejidad del ser humano y del conocimiento, que ha informado nuestra forma de analizar y entender los datos. El objeto de esta investigación fue de representar y analizar las interacciones simultáneas entre diez variables vinculadas al entorno de aprendizaje, estilo de vida y salud, con especial interés en la variable de rendimiento cognitivo. Recalcamos la necesidad de concebir al niño, la niña y el adolescente como un ser humano integral. Es una concepción que alza la mirada más allá de los rankings y pruebas estandarizadas, que tienden a concentrar la atención y las prioridades en lo estrictamente académico, obviando las interdependencias de múltiples factores del entorno escolar y su relevancia para el rendimiento cognitivo - tales como dieta saludable, vulnerabilidad socioeconómica, obesidad, condición física, entre otros.

Si partimos la narrativa de esta tesis con la convicción de que necesitamos abordar los desafíos de la educación desde una mirada de complejidad, me atrevo a afirmar también que a la clausura de este texto podemos apoyar esta convicción en lo que hemos encontrado en la literatura y también en lo que ha develado los análisis que hemos realizado sobre las diez variables seleccionadas. En consecuencia, propongo que abracemos el desafío de la transdisciplinariedad; que aceptemos el desafío de desencasillar los saberes y conocimientos en categorías aisladas, ordenadas y herméticas; y que busquemos resolver viejas problemáticas con soluciones novedosas.

A lo largo de este trabajo hemos citado las evidencias y estadísticas que hablan de un incremento en los niveles de sedentarismo y obesidad, de hábitos alimentarios muy alejados de lo recomendado, de niveles históricamente bajos en actividad física en los escolares chilenos. El escenario de vulnerabilidad escolar y la fragilidad de la salud mental, particularmente pos la pandemia de SARS Covid-19 representan desafíos o incluso barreras a un mejor desarrollo y rendimiento cognitivo en los escolares chilenos (y a nivel global). Hemos visto que el desarrollo y rendimiento cognitivos están íntimamente vinculados a e impactados por variables del entorno y de las experiencias del niño y la niña. Además, hemos establecido la trascendencia del rendimiento cognitivo en niños y adolescentes como predictor de felicidad, bienestar, y logros como adultos.

Con la investigación llevada a cabo, quisimos identificar aquellos factores claves que presentan una asociación significativa con el rendimiento cognitivo, y que finalmente forman parte del proceso de moldeado del cerebro en el proceso continuo de la neuroplasticidad. El resultado es que hemos identificado que los factores claves en este puzzle son 3 principalmente: la condición física, la actividad física y la dieta saludable. Además, destacamos la relevancia del índice de vulnerabilidad, que tiene una ponderación considerable en los análisis. Son variables que se ubican a la periferia de la esfera tradicionalmente considerada “educación”. Nos desafían como educadores a salir de los análisis que se ocupan de temas netamente “académicos”. Sin embargo, no somos los primeros en resaltar la importancia de una mirada contextualizada del escolar, una concepción ecológica que considere al individuo completamente contextualizado en capas sucesivas de entornos.

Mediante el análisis de redes, hemos podido identificar las asociaciones más relevantes entre las diez variables. Nos ha indicado que la variable con mayor fuerza de la red y con las conexiones más fuertes a las demás variables es la condición física; que las dos variables que tienen un rol de potenciales gatillos de cambio de la red de interacciones son las de la actividad física y dieta saludable. Y, además, hemos identificado que la vulnerabilidad socioeconómica muestra una muy fuerte relación negativa con rendimiento cognitivo.

Sí, es novedosa nuestra aproximación de análisis de redes para elucidar un nivel complejo de interacciones que nos puedan señalar caminos para llegar a propuestas de mejora del rendimiento cognitivo en los escolares. Las tres variables claves mencionadas en el párrafo anterior nos invitan a emprender un camino más transdisciplinario, de invitar a las disciplinas, facultades y carreras a osar solaparse y encontrarse. En la formación docente, por ejemplo, tenemos la posibilidad de enriquecer nuestros programas con inputs desde la pedagogía en educación física, en ciencias de la salud, psicología y así tomar un paso hacia una formación más integrada y compleja de los y las futuros docentes.

Hemos observado que en Chile, al nivel de política pública, el marco teórico y las propuestas oficiales para conseguir una vida activa, tiene muy buenos puntajes sobre el papel, pero no se transfieren a la práctica. Tampoco llegan a las casas, los barrios, los



colegios, la comunidad. Nuestro desafío como educadores es asumir un rol de protagonismo en la promoción de hábitos de una vida sana. Primero porque tiene sentido formar profesores sanos, ciudadanas y ciudadanos sanos, y segundo porque hemos constatado en este estudio que los hábitos de una vida sana favorecen el rendimiento cognitivo. Este cambio se puede realizar con nuestro ejemplo como docentes, con una inserción transversal de estos objetivos como parte de los objetivos de aprendizaje globales, para lograr la formación de personas integrales, sanas y capaces.

Esta investigación propone que las y los docentes son *stakeholders*, son agentes claves, como también lo son los y las directores de las escuelas. Tienen el contacto estrecho, diario y directo con el alumnado y con sus familias. Este es el punto de partida para cambiar la cancha de juego. Propongo que los programas universitarios de formación docente incluyan de forma explícita la formación y educación de los y las futuros docentes en estos ámbitos de vida sana, para que realmente se transformen en agentes de cambio, capaces de ser modelos y de transmitir un estilo de vida más empoderado, que favorezca el bienestar integral, y que beneficie a la función y rendimiento cognitivo de sus futuros estudiantes.

A fin de cuentas, nuestros estudiantes no son solamente un cerebro o la cognición abstraída de sus condiciones de vida y entorno. Enseñamos a la persona integral y consecuentemente nuestra aproximación debe incorporar la consideración de cómo las distintas esferas de la vida del alumnado (y de los y las futuros docentes) se interrelacionan y se impactan. En este sentido, se trata de un reconocimiento explícito de la neuroplasticidad, de que las condiciones del entorno, las experiencias de la vida moldean el cerebro – y que nosotros como educadores estamos posicionados de manera muy oportuna para incidir de forma positiva en esa red de influencias sobre el rendimiento cognitivo. Efectivamente, esta tesis es una invitación a asumir el desafío que planteó Ramón y Cajal hace unos 100 años cuando dijo que cada individuo puede ser escultor de su propio cerebro.

## **4.2 Limitaciones**

Una de las limitaciones de este estudio es que no haya incluido más variables de la base de datos recogidos por el proyecto Cogni-Acción. Como un estudio novedoso desde la perspectiva de la metodología de análisis de redes, nos limitamos a considerar diez variables. Seguramente, se podría enriquecer los hallazgos con la inclusión de una gama más amplia de variables. Otra limitación de este estudio es que fue transversal. No hay datos de temporalidad – aún. Entonces no podemos explorar patrones de evolución o progreso en el tiempo de distintas variables. Proponemos que sería de gran valor llevar a cabo una segunda recogida de datos con los mismos participantes para poder contrastar cambios. Una tercera limitación de este estudio es que no hemos incluido evidencia obtenida de los datos en la base de datos Cogni-Acción que fueron recogidos con técnicas neurocientíficas como la de las imágenes de resonancia magnética funcional (IRMf). El volumen de datos disponibles en la base de datos de Cogni-Acción es inmenso y abundan oportunidades para crear conocimiento de esta materia prima tan valiosa.

### **4.3. Futuras líneas de investigación**

Tal como hemos señalado en el apartado anterior, 4.2. hay una plétora de líneas de investigación que emergen de una perspectiva compleja de análisis de redes, utilizando la base de datos de Cogni-Acción. Proponemos que se realice un análisis de redes con más variables para ahondar nuestra concepción de los matices de estas relaciones complejas, y para tener una visión más completa. Se podría estudiar por ejemplo, variables de nivel socioeconómico, consumo del desayuno o no, tiempo de pantalla, nivel de sedentarismo, felicidad y amistad, horas de estudio en casa, resultados académicos por asignatura, entre muchos mas.

Proponemos también para el futuro el desarrollo de un estudio piloto de formación docente integral, en el sentido de que atienda a las recomendaciones del apartado 4.2, de incluir en el currículum de formación docente la preparación de los y las futuros docentes en el conocimiento y la práctica de hábitos de una vida sana. Esto se concretaría en la incorporación de la actividad física en distintos ámbitos de la vida universitaria – dentro y fuera del aula – como también teoría y vivencia de hábitos de vida sana, como dieta saludable. A nivel del contexto de los docentes en formación, podría implicar actividad física incorporada a la jornada y/o los espacios físicos de la universidad y a nivel de colegios la incorporación de propuestas concretas (como las 9 propuestas de Daly-Smith et al., 2020) para una vida escolar más activa. Además, dada la fuerte asociación negativa de la vulnerabilidad escolar al rendimiento cognitivo, proponemos que una dieta saludable y vida activa (que lleva a una mejora en la condición física) podrán impactar de forma beneficiosa al rendimiento cognitivo.

Diversos autores ya mencionados en apartados anteriores de esta tesis, evidencian en sus investigaciones que la pobreza, la vulnerabilidad y los contextos socioeconómicos precarios perjudican el desarrollo cerebral, el rendimiento cognitivo, los resultados académicos y contribuyen a ampliar la brecha educacional entre grupos (Ursache et al., 2016; Farah et al., 2017). Farah et al. (2017) argumentan en favor de mayor inclusión de datos de esta naturaleza en estudios de neurociencia aplicada a la educación, ya que la consideración de esa variable en investigaciones en contextos de desigualdad o alta vulnerabilidad, implican diferencias significativas con estudios en entornos de sociedades con mayores niveles de riqueza.



## Referencias

- Aguilar M.M., Vergara F.A., Velásquez E.J.A., García-Hermoso A. (2015) Actividad física, tiempo de pantalla y patrones de sueño en niñas chilenas. *Anales de Pediatría*, vol. 83, 5, noviembre, 83: 304-310. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2014.12.006>
- Aguilar-Farias N., Cortinez-O’Ryan A., Sadarangani K.P., Astrid Von Oetinger, Jaime Leppe, Macarena Valladares, Teresa Balboa-Castillo, Carolina Cobos, Nicolas Lemus, Magdalena Walbaum, Carlos Cristi-Montero. (2016) Results from Chile’s 2016 report card on physical activity for children and youth. *Journal of Physical Activities & Health*. Nov. 13 (11 suppl 13): S117–S123. doi: 10.1123/jpah.2016-0314.
- Aguilar-Farias N., Miranda-Marquez S., Martino-Fuentealba P., Sadarangani K.P., Chandia-Poblete D., Mella-Garcia C., Carcamo-Oyarzun J., Cristi-Montero C., Rodriguez-Rodriguez F., Delgado-Floody P., Von Oetinger A., Balboa-Castillo T., Peña S., Cuadrado C., Bedregal P., Celis-Morales C., Garcia-Hermoso A., Cortínez-O’Ryan A. (2020). 2018 Chilean Physical Activity Report Card for Children and Adolescents: Full Report and International Comparisons. *Journal of Physical Activity and Health*, Jul 15: 1-9. doi. 10.1123/jpah.2020-0120.
- Ahamed Y., Macdonald H., Reed K., Naylor P., Liu-Ambrose T., Mc-Kay H. (2007) School-based physical activity does not compromise children’s academic performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise. Medicine and Science in Sport and Exercise*. Feb. 39: 371-376. doi: 10.1249/01.mss.0000241654.45500.8e.
- Alloway T.P., Alloway R.G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*. May, 106 (1): 20–29. doi: 10.1016/j.jecp.2009.11.003.
- Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Garrido Miguel, M., Martinez-Vizcaino, V. (2017) Academic Achievement and Physical Activity: A Meta-analysis, *Pediatrics*, 140: 2017-1498. doi:10.1542/peds.
- Alves, A. F., Martins, A., & Almeida, L. S. (2016). Interactions between sex, socioeconomic level, and Children’s Cognitive Performance. *Psychological Reports*, 118(2): 471–486. [doi.org/10.1177/0033294116639428](https://doi.org/10.1177/0033294116639428)

- Amen D.G., Wu J., George N., Newberg A. (2020) Patterns of Regional Cerebral Blood Flow as a Function of Obesity in Adults. *Journal of Alzheimers Disease*. 77(3):1331-1337. doi: 10.3233/JAD-200655.
- American Academy of Pediatrics. (2001). American Academy of Pediatrics: children, adolescents, and television. *Pediatrics*, 107(2), 423-426. doi:10.1542/peds.107.2.423.
- Antonopolous, C.G. (2016) Modelling and Analysis of Complex Systems (conferencia) septiember 2016. doi:[10.13140/RG.2.2.13668.37769](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13668.37769).  
([https://www.researchgate.net/publication/308414528\\_Modelling\\_and\\_Analysis\\_of\\_Complex\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/308414528_Modelling_and_Analysis_of_Complex_Systems))
- Arnsten A.F., Goldman-Rakic P.S. (1998) Noise stress impairs prefrontal cortical cognitive function in monkeys: evidence for a hyperdopaminergic mechanism. *Archives of General Psychiatry*. 1998 Apr;55(4):362-8. doi: 10.1001/archpsyc.55.4.362. PMID: 9554432.
- Aronson, P. (2013) *La teoría de la complejidad y la complejidad de la teoría sociológica*. Ediciones Ciccus. Buenos Aires.
- Aubert S., Barnes J., Demchenko I., et al. (2022) Global Matrix 4.0 physical activity report card grades for children and adolescents: results and analysis from 57 countries. *Journal of Physical Activity and Health*. October 24doi: <https://doi.org/10.1123/jpah.2022-0456>
- Bailey C.E. (2007) Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Nov.: 1118:122–141. doi: 10.1196/annals.1412.011.
- Baptista P. y Andrade, J. (2018) Adult Hippocampal Neurogenesis: Regulation and Possible Functional and Clinical Correlates. *Frontiers in Neuroanatomy*, June, 05, 12: 44. [doi.org/10.3389/fnana.2018.00044](https://doi.org/10.3389/fnana.2018.00044).
- Bashir, S., Vernet, M., Woo-Kyoung, Y., Mizrahi, I., Theoret, H., Pascual-Leon, A. (2012) Changes in Cortical Plasticity after mild traumatic brain injury. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 30 (4): 277–282. doi:10.3233/RNN-2012-110207.
- Basso, J. C., y Suzuki, W. A. (2017). The Effects of acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: a review. *Brain Plasticity*. 2: 127–152. doi: 10.3233/BPL-160040.

- Becerra, G. (2020) La Teoría de los Sistemas Complejos y la Teoría de los Sistemas Sociales en las controversias de la complejidad. *Convergencia*, vol. 27. <https://doi.org/10.29101/crcs.v27i83.12148>.
- Berkowitz, R., Moore, H., Astor, R.A., Benbenishty, R. A. (2017) Research Synthesis of the Associations Between Socioeconomic Background, Inequality, School Climate, and Academic Achievement. *Review of Educational Research*. 87: 425-469. doi:10.3102/0034654316669821.
- Betts, K., Miller, M., Tokuhama-Espinosa, T., Shewokis, P., Anderson, A., Borja, C., Gayolan, T., Delaney, B., Eigenauer, J., Dekker, D. (2019) International report: Neuromyths and evidence-based practices in higher education. Online Learning Consortium.
- Bezerra, T.A., Ribeiro Bandeira, P.F., de Souza Filho, A.N., Truman Clark, C.C., Silva Mota, A.P., Duncan, M.J., Martins, C.M. (2021). A Network Perspective on the Relationship Between Moderate to Vigorous Physical Activity and Fundamental Motor Skills. May 25;18(7):774-781. *Early Childhood Journal of Physical Activity and Health* <https://doi.org/10.1123/jpah.2020-0218>.
- Biddle, S. (2016) Physical activity and mental health: evidence is growing. *World Psychiatry* Jun; 15(2): 176–177. doi: 10.1002/wps.20331.
- Borsboom, D., Deserno, M.K., Rhemtulla, M. *et al.* (2021) Network analysis of multivariate data in psychological science. *Nature Reviews Methods Primers* 1, 58. <https://doi-org.sire.ub.edu/10.1038/s43586-021-00055-w>
- Bor, J., Cohen, G. H. & Galea, S. (2017) Population health in an era of rising income inequality: USA, 1980–2015. *The Lancet* vol. 389 1475–1490.
- Braaksma, P., Stuive, I., Garst, R. (M. E.), Wesselink, C. F., van der Sluis, C. K., Dekker, R., & Schoemaker, M. M. (2018). Characteristics of physical activity interventions and effects on cardiorespiratory fitness in children aged 6-12 years- A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.07.015>
- Brito, N. H., and Noble, K. G. (2014). Socioeconomic status and structural brain development. *Frontiers in Neuroanatomy*. 8:276: 1-12. doi: 10.3389/fnins.2014.00276
- Browning L.M., Hsieh S.D., Ashwell M. (2010). A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0-5 could be a suitable

- global boundary value. *Nutr Res Rev.* 23(2):247-269. doi: 10.1017/S0954422410000144
- Bruer, J. (1997) Education and the Brain: A Bridge too Far. *Educational Researcher*, Vol 26, No. 8, pp1-16. [https://www.jsmf.org/about/j/education\\_and\\_brain.pdf](https://www.jsmf.org/about/j/education_and_brain.pdf).
- Bub K.L., Buckhalt J.A., El-Sheikh M. (2011). Children's sleep and cognitive performance: a cross-domain analysis of change over time. *Developmental Psychology*, 47(6), 1504–1514. doi.org/10.1037/a0025535.
- Bueno, D. (2022). *El cerebro del adolescente. Descubre cómo funciona para entenderlos y acompañarlos*. Grijalbo, Penguin Random House Grupo Editorial España.
- Bueno, D. y Forés, A. (Coords.) (2021). *La Práctica Educativa con mirada neurocientífica. Cuadernos de Educación*. 95 Horsori Editorial, Barcelona.
- Busso, G. (2001). Vulnerabilidad Social: nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI, Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe. pp. 25-26 CELADE.
- Cacioppo, J. y Patrick, W. (2008). *Loneliness: Human nature and the need for social connection*. W. W. Norton & Comp., New York.
- Cadenas-Sanchez, C.; Migueles, J.H.; Esteban-Cornejo, I.; Mora-Gonzalez, J.; Henriksson, P.; Rodriguez-Ayllon, M.; Molina-García, P.; Löf, M.; Labayen, I.; Hillman, C.H. (2020). Fitness, physical activity and academic achievement in overweight/obese children. *Journal of Sports Science*. Apr. 38 (7): 731–740. doi: 10.1080/02640414.2020.1729516.
- Caldas S.J., Reilly M.S. (2019). The mediating influence of physical activity levels on 3rd-grade academic achievement. *Journal of Research in Childhood Education*, 33(2), 271–289. doi.org/10.1080/02568543.2019.1577775.
- Caminiti, C., Armeno, M., and Mazza, C. S. (2016). Waist-to-height ratio as a marker of low-grade inflammation in obese children and adolescents. *Journal of Pediatric and Endocrinology and Metabolism*. May 1, 29 (5): 543–551. doi: 10.1515/jpem-2014-0526
- Campbell F., Conti G., Heckman J.J., Moon S.H., Pinto R., Pungello E, Pan Y. (2014). Early childhood investments substantially boost adult health. *Science*. Mar 28; 343(6178): 1478-85. doi: 10.1126/science.1248429.
- Carbone A., Jensen M., Sato A.H., (2016) Challenges in data science: a complex systems perspective. *Chaos, Solitons & Fractals*, Volume 90, 2016. 1-7.



<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.04.020>.

- Carrasco, A., Seppänen, P., Rinne, R., & Falabella, A. (2015). Educational accountability policy schemes in Chile and Finland. In P. Seppänen, A. Carrasco, M. Kalalahti, R. Rinne, & H. Simola (Eds.) *Contrasting dynamics in education politics of extremes* (Chap. 3, pp. 53–80). Sense Publishers.
- Carrasco, A. y Gunter, H.M. (2019). The ‘private’ in the privatization of schools: the case of Chile. *Educational Review*. Volume 71, 2019 - Issue 1: The Global Education Reform Movement: contemporary developments and future trajectories: 67-80. doi.org/10.1080/00131911.2019.1522035.
- Caspi, A.; Houts, R.M.; Belsky, D.W.; Harrington, H.; Hogan, S.; Ramrakha, S.; Poulton, R.; Moffitt, T.E. (2016). Childhood forecasting of a small segment of the population with large economic burden. *Nature Human Behaviour* 1, 1-10. doi:10.1038/s41562-016-0005.
- Castelli, D., Barcelona, J., Glowacki, E., y Calvert, H. (2014). Active Education: Growing Evidence on Physical Activity and Academic Performance. *Active Living Research*.: 1-5. <https://www.researchgate.net/publication/269708986>
- Cerqueira, J. J., Mailliet, F., Almeida, O. F., Jay, T. M., & Sousa, N. (2007). The prefrontal cortex as a key target of the maladaptive response to stress. *Journal of Neuroscience*, 27, 2781–2787. doi: [10.1523/JNEUROSCI.4372-06.2007](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4372-06.2007)
- Chaddock, L., Erickson, K., Prakash, R. S., Kima, J., Voss, M., Pontifex, M., et al. (2010). A Neuroimaging Investigation of the Association between Aerobic Fitness, Hippocampal Volume, and Memory Performance in preadolescent Children. *Brain Research*. 1358, 172–183. doi: 10.1016/j.brainres. 2010.08.049
- Chaddock, L.; Pontifex, M.B.; Hillman, C.H.; Kramer, A.F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society* 17, 975–985. doi: 10.1017/S1355617711000567
- Chaddock L., Hillman C.H., Pontifex M.B., Johnson C.R., Raine L.B., Kramer A.F. (2012). Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *Journal of sports sciences*. 2012; 30(5): 421-30. doi: 10.1080/02640414.2011.647706
- Chaddock-Heyman L., Erickson K.I., Kienzler C., Drollette E.S., Raine L.B., Kao S.C. et al. (2018). Physical activity increases white matter microstructure in children. *Frontiers in Neuroscience*. Dec 19; 12: 950. doi: 10.3389/fnins.2018.00950.

- Chaddock-Heyman, L.; Erickson, K.I.; Chappell, M.A.; Johnson, C.L.; Kienzler, C.; Knecht, A.; Drollette, E.S.; Raine, L.B.; Scudder, M.R.; Kao, S.C.; et al. (2016). Aerobic fitness is associated with greater hippocampal cerebral blood flow in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*. Aug; 20: 52–58. doi: 10.1016/j.dcn.2016.07.001
- Chancel, L., Piketty, T., Saez, E., Zucman, G. et al. (2022) World Inequality Report 2022. World Inequality Lab. (<https://wir2022.wid.world/>, 14 de octubre de 2022)
- Chaput J.P., Willumsen J., Bull F., Chou R., Ekelund U., Firth J., Jago R., Ortega F.B., Katzmarzyk P.T. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17 years: summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 17(1): 141. doi: 10.1186/s12966-020-01037-z. PMID: 33239009; PMCID: PMC7691077.
- Cheng H., Furnham A. (2012) Childhood cognitive ability, education, and personality traits predict attainment in adult occupational prestige over 17 years. *Journal of Vocational Behavior*. 2012; 81(2) :218-26. doi:10.1016/j.jvb.2012.07.005
- Cohen, I. y Goldsmith, M. (2000). *Hands On: How to Use Brain GymR in the Classroom*. Hands On Books.
- Cohen, L.; Mannion, L.; Morrison, K. (2011). *Research methods in Education*. Routledge.
- Collins, A., y Koechlin, E. (2012) Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biology*. 10 (3): e1001293, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293>.
- Constitución Política de la República de Chile (1980). Editorial Jurídica de Chile. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=documentos/10221.1/60446/3/132632.pdf>
- Cools, R.B., Ivry, M. y D'Esposito, J. (2006). The human striatum is necessary for responding to changes in stimulus relevance. *Journal of Cognitive Neuroscience*. Dec. 18: 1973–1983. doi: 10.1162/jocn.2006.18.12.1973
- Cooper C., Moon H.Y. y Van Praag H. (2018) On the run for hippocampal plasticity. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. April 8 (4) a029736. doi: 10.1101/cshperspect.a029736
- Cotman C.W., Berchtold N.C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neuroscience*. Jun. 25 (6): 295-301. doi: 10.1016/S0166-2236(02)02143-4.

- Cristi-Montero C., Ibarra-Mora J., Gaya A., Castro-Piñero J., Solis-Urra P., Aguilar-Farias N., Ferrari G., Rodriguez-Rodriguez F., Sadarangani K.P. (2021) Could Physical Fitness Be Considered as a Protective Social Factor Associated with Bridging the Cognitive Gap Related to School Vulnerability in Adolescents? *The Cogni-Action Project. Int J Environ Res Public Health*. Sep 25;18(19):10073. doi: 10.3390/ijerph181910073. PMID: 34639375; PMCID: PMC8507640.
- Cristi-Montero, C., Johansen-Berg, H., Salvan, P. (2022). Multimodal neuroimaging correlates of physical-cognitive covariation in Chilean adolescents. The Cogni-Action Project. *MedRxiv* preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2022.03.28.22273069>
- Cutler D.M., Lleras-Muney A. (2006). Education and health: evaluating theories and evidence. *National bureau of economic research*.
- Cvetkovic-Vega, A., Maguiña, J.L., Soto, A., Lama-Valdivia, J., & López, Correa, L.E. (2021). Estudios transversales. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 21(1), 179-185. <https://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v21i1.3069>
- Da Cunha Leme, D., da Costa Alves, E., Oliveira Lemos, V., Fattori, A. (2020) Network Analysis: A Multivariate Statistical approach for Health Science Research. *Geriatr Gerontol Aging*.14(1):43-51 doi: 10.5327/Z2447-212320201900073
- Daly-Smith A., Quarmby T., Archbold V.S.J., et al. (2020). Using a multi-stakeholder experience-based design process to co-develop the Creating Active Schools Framework. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 17:13. doi:10.1186/s12966-020-0917-z.
- Davidson R. y MacKinnon J. (2000) Bootstrap tests: how many bootstraps? *Econometric Reviews*. 19: 1, 55-68. doi: 10.1080/07474930008800459
- Davis C.L., Cooper S. (2011) Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Prev Med*. Jun;52 Suppl 1(Suppl 1):S65-9. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.01.020.
- Davis C.L., Tomporowski P.D., McDowell J.E., Austin B.P., Miller P.H., Yanasak N.E., Naglieri J.A. (2011) Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*. 30: 91–98. doi: 10.1037/a0021766.

- Davis, J.R.; Warner, N. (2018) Schools matter: The positive relationship between New York City high schools' student academic progress and school climate. *Urban Education* 53: 959-980. doi.org/10.1177/0042085915613544
- Dennison, P. E. & Dennison, G. E. (1994) *Brain Gym teacher's edition — revised*. Edu–Kinesthetics. Cambridge.
- Diamond A. (2000) Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*. Jan-Feb. 71 (1): 44-56. doi: 10.1111/1467-8624.00117.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. In E. Bialystok & F.I.M. Craik (eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* (pp. 70–95). New York: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2010) The Evidence Base for Improving School Outcomes by Addressing the Whole Child and by Addressing Skills and Attitudes, not just Content. *Early Education and Development*, 21(5): 780–793. doi: 10.1080/10409289.2010.514522
- Diamond, A. (2012) Activities and Programs that Improve Children's Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*. October, 21(5): 335–341. doi:10.1177/0963721412453722.
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*. 64, 135–168. doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- Diamond A. (2014) Want to Optimize Executive Functions and Academic Outcomes? Simple, Just Nourish the Human Spirit. *Minnesota Symposia on Child Psychology*. 37:205-232. PMID: 25360055; PMCID: PMC4210770.
- Diamond, A. (2015) Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Ann.Sports Med. Res.* 2015, 2, 1011.
- Diamond, A. & Ling D. (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*. April. 18: 34–48. doi: 10.1016/j.dcn.2015.11.005.
- Dias-Ferreira, E., Sousa, J. C., Melo, I., Morgado, P., Mesquita, A. R., Cerqueira, J. J., et al. (2009). Chronic stress causes frontostriatal reorganization and affects decision-making. *Science* 325, 621–625. doi: 10.1126/science.1171203

- Doherty A., Forés Miravalles A. (2019) Physical Activity and Cognition: Inseparable in the Classroom. *Frontiers in Education*. 4:105. doi: 10.3389/feduc.2019.00105
- Doidge N. (2008) *El cerebro que cambia a sí mismo*. Aguilar. Madrid
- Donnelly, J.E., Ed, D., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A.N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Donnelly J.E., Lambourne K. (2011) Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive Medicine* Jun;52 Suppl 1: S36-42. doi: 10.1016/j.ypmed.2011.01.021.
- Donofry, S.D., Stillman, C.M., Hanson, J.H., Sheridan, M., Sun, S., Loucks, E.B., Erickson, K.I. (2021) Promoting brain health through physical activity among adults exposed to early life adversity: Potential mechanisms and theoretical framework. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. Volume 131, December 2021: 688-703. doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.051
- Dow-Edwards, D., MacMaster, F., Peterson, B., Niesink, R., Andersen, S., Braams, B. (2019). Experience during adolescence shapes brain development: From synapses and networks to normal and pathological behavior. *Neurotoxicology and Teratology*. Volume 76, Nov–Dec, 106834. doi.org/10.1016/j.ntt.2019.106834.
- Dweck, C. (2017) *Mindset. Changing the way you think to fulfil your potential*. New York. Random House.
- Eakin L., Minde K., Hechtman L., Ochs E., Krane E., Bouffard R., Looper K. (2004) The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*. Aug;8(1):1-10. doi: 10.1177/108705470400800101.
- Elliot, J. (1968) Blue eyes, brown eyes: A class divided. <https://www.pbs.org/wgbh/frontline/documentary/class-divided/>
- Eozenou, P. H.-V., Neelsen, S. & Lindelow, M. (2021) Child Health Outcome Inequalities in Low- and Middle-Income Countries. *Health Syst Reform* 7, e1934955.
- Encina Agurto Y.J. y Ávila Muñoz, M.V. (2015) Validación de una escala de estrés cotidiano en escolares chilenos. *Revista de Psicología*. Vol. 33, Nº. 2: 364-385. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5262055> (15 de octubre de 2022).

- Epskamp S., Borsboom D., Fried E.I. (2018) Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. *Behavior Research Methods*. Feb;50(1):195-212. doi: 10.3758/s13428-017-0862-1.
- Erickson K., Hillman C., Kramer A. (2015) Physical activity, brain, and cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. Volume 4: 27-32. doi: 10.1016/j.cobeha.2015.01.005.
- Eriksson P.S., E. Perfilieva, T. Björk-Eriksson, A.-M. Alborn, C. Nordborg, D.A. Peterson, F.H. Gage. (1998) Neurogenesis in the Adult Human Hippocampus. *Nature Medicine*. 4 (11): 1313–1317. DOI: [10.1038/3305](https://doi.org/10.1038/3305)
- Esteban-Cornejo I., Tejero-González C., Sallis J., Veiga O. (2015) Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* 18. 534–539. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.007>
- Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Contreras-Rodriguez, O., Verdejo-Roman, J., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., Henriksson, P., Davis, C. L., Verdejo-Garcia, A., Catena, A., & Ortega, F. B. (2017). A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *NeuroImage*, 159 (July): 346–354. [doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.08.011](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.08.011).
- Esteban-Cornejo, I., Mora-Gonzalez, J., Cadenas-Sanchez, C., Contreras-Rodriguez, O., Verdejo-Rom\_an, J., Henriksson, P., Migueles, J. H., Rodriguez-Ayllon, M., Molina-Garcia, P., Suo, C., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Catena, A., Verdejo-Garcia, A., & Ortega, F. B. (2019a). Fitness, cortical thickness and surface area in overweight/obese children: The mediating role of body composition and relationship with intelligence. *NeuroImage*, 186(June): 771–781. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.11.047>.
- Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., Lauren, R., Chelsea, M., Stillman, A., Kramer, K., Erickson, A., Ortega, F., & Hillman, C. H. (2019b). Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: Findings from the ActiveBrains and FITKids2 projects. *Frontiers in Psychology*, 10 (208): 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00208>
- Farah, M.J. (2017) The Neuroscience of Socioeconomic Status: Correlates, Causes, and Consequences. *Neuron*. Sep 27;96(1):56-71. doi:10.1016/j.neuron.2017.08.034.

- Fedewa, A. & Ahn, S. (2011) The Effects of Physical Activity and Physical Fitness on Children's Achievement and Cognitive Outcomes: A meta-Analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*; Vol. 82, N.º 3, (Sep): 521-35. doi:10.1080/02701367.2011.10599785.
- Feinstein L, y Bynner J. (2004) The importance of cognitive development in middle childhood for adulthood socioeconomic status, mental health, and problem behavior. *Child Development*. Sep-Oct; 75(5) :1329-39. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00743.x.
- Fernández, A.M., Pinzón, G. (2021) La importancia del contexto en el desarrollo del cerebro y la mente en la infancia temprana. La práctica educativa con mirada neurocientífica. *Cuadernos de Educación* 95. Horsori, Barcelona
- Fienberg, S. (2012) A Brief History of Statistical Models for Network Analysis and Open Challenges. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 21:4, 825-839. <http://dx.doi.org/10.1080/10618600.2012.738106>
- Flores-Mendoza, C.; Mansur-Alves, M.; Ardila, R.; Rosas, R.D.; Guerrero-Leiva, M.K.; Maqueo, M.E.L.-G.; Gallegos, M.; Colareta, N.R.; León, A.B. (2015) Fluid intelligence and school performance and its relationship with social variables in Latin American samples. *Intelligence*. Volume 49, March–April: 66-83. doi.org/10.1016/j.intell.2014.12.005.
- Fochesatto C.F., Araujo Gaya, A.C., Cristi-Montero, C., Brand C., Fernandes Dias, A., Ruschel Bandeira, D., Riboli Marasca, A. & Reis Gaya, A. (2021) Association between physical fitness components and fluid intelligence according to body mass index in schoolchildren. *Applied Neuropsychology. Child*. Oct-Dec; 11(4): 640-646. doi: 10.1080/21622965.2021.1924718
- Fonseca-Pedrero, E. (2017) Análisis de redes: ¿una nueva forma de comprender la psicopatología? *Revista de Psiquiatría y Salud Mental - Journal of Psychiatry and Mental Health*. Vol. 10. Núm. 4: 206-215. doi: 10.1016/j.rpsm.2017.06.004
- Fonseca-Pedrero, E., Díez-Gómez, A., Sebastián-Enesco C., y Pérez-Albéniz, A. (2020) Comprensión de las dificultades emocionales y conductuales y el comportamiento prosocial desde el prisma del análisis de redes. *Revista Hispana para el análisis de redes sociales*. Vol.31, N°1: 19-29. doi.org/10.5565/rev/redes.836.
- Forés, A., Gamo, J.R., Guillén, J.C., Hernández, T., Ligoiz, M., Pardo, F. y Trinidad, C. (2015). *Neuromitos en educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial. Barcelona.

- Forbes Chile. (2021) Chile suma 120 años de desigualdad extrema, según estudio de destacados economistas. 8 de diciembre 2021. <https://forbes.cl/economia-y-finanzas/2021-12-08/chile-desigualdad-extrema/> consultado el 9.07.2022
- Friedrich G. y Preiss G. (2003) Neurodidáctica. *Cuadernos Cerebro y Mente*. 4. 39-45
- Gale C.R., Batty G.D., Tynelius P. et al. (2010) Intelligence in early adulthood and subsequent hospitalization for mental disorders. *Epidemiology* 2010; 21(1):70–77.5.
- Gale C.R., Cooper R., Craig L. et al. (2012) Cognitive function in childhood and lifetime cognitive change in relation to mental wellbeing in four cohorts of older people. *PLoS One.*; 7(9): e44860. doi: 10.1371/journal.pone.0044860.
- Galván, A. (2010) Neural Plasticity of Development and Learning. *Human Brain Mapping* 31:879-890. doi: 10.1002/hbm.21029
- García-Hermoso, A., Alonso-Martínez, A. M., Ramírez-Vélez, R., Pérez-Sousa, M. A., Ramírez-Campillo, R., & Izquierdo, M. (2020). Association of physical education with improvement of health-related physical fitness outcomes and fundamental motor skills among youths: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, 174(6), e200223–11. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.0223>
- Garfield, E. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science*, 178(4060), 471–479.
- Gamo, J.R. y Trinidad, C. (2015) ¿Utilizamos solo el 10% de nuestro cerebro? (Forés et al. Coords.) *Neuromitos en Educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial. Barcelona
- Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*. 23(27): 9240-9245. doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003
- Gianaros, P.J., Kuan, D.C.H., Marsland, A.L., Sheu, L.K., Hackman, D.A., Miller, K.G., and Manuck, S.B. (2017). Community socioeconomic disadvantage in midlife relates to cortical morphology via neuroendocrine and cardiometabolic pathways. *Cerebral Cortex*. Jan 1;27(1):460-473. doi: 10.1093/cercor/bhv233.
- Gleick J. (2012) *Caos. La creación de la ciencia*. Crítica, Barcelona.
- Goldman, S. A. & Nottebohm, F. (1983) Neuronal production, migration, and differentiation in a vocal control nucleus of the adult female canary brain.



- Proceeding of the National Academy of Sciences of USA*. Apr; 80(8): 2390-4. doi: 10.1073/pnas.80.8.2390.
- Goleman, D. (1996). *Inteligencia emocional*. Barcelona. Kairós.
- Gómez-Pinilla F. (2008). Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nature Reviews Neuroscience*. Jul; 9(7): 568-78. doi: 10.1038/nrn2421. PMID: 18568016; PMCID: PMC2805706.
- Goswami, U. (2006) Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*. 7; 406–413. doi:10.1038/nrn1907.
- Guillen, J. (2018) Beneficios cognitivos de la actividad física: bueno para el corazón, bueno para el cerebro. Collado Martínez, J. A. (Coord) *Neurociencia, deporte y educación*. Wanceulen Editorial.
- Guthold R., Stevens G.A., Riley L.M., Bull F.C. (2020) Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 populationbased surveys with 1.6 million participants. *The Lancet. Child Adolescent Health*. 4(1): 23–35. doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2.
- Haas S.A. (2006) Health selection and the process of social stratification: the effect of childhood health on socioeconomic attainment. *Journal of Health Society and Behavior*. Dec;47(4):339-54. doi: 10.1177/002214650604700403. PMID: 17240924.
- Hackman, D. A., & Farah, M. J. (2009). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Science*. Feb. 13 (2), 65–73. doi:10.1016/j.tics.2008.11.003.
- Hamer M., Batty G.D. (2019) Association of body mass index and waist-to-hip ratio with brain structure: UK Biobank study. *Neurology*. Feb 5;92(6):e594-e600. doi: 10.1212/WNL.0000000000006879.
- Hanushek E.A., Woessmann L. (2011) How much do educational outcomes matter in OECD countries? *Economic Policy*. Vol. 26, No. 67 (July): 427, 429-491. <https://www.jstor.org/stable/i40056885>
- Harare, N.Y. (2011) *Sapiens. A Brief History of Humanity*. Vintage. London
- Hardman, M. (2015) Complexity and Classroom Learning. (Doctoral Thesis) University of Christchurch. New Zealand
- Hardman, R.J., Kennedy, G., Macpherson, H., Scholey, A.B., Pipingas, A. (2016) Adherence to a Mediterranean-Style Diet and Effects on Cognition in Adults: A Qualitative Evaluation and Systematic Review of Longitudinal and Prospective

- Trials. *Frontiers in Nutrition*. Jul 22; 3:22. doi: 10.3389/fnut.2016.00022. eCollection 2016.
- Hart, L. (1975). *How the brain works*. New York. Basic Books.
- Hattie, J. (2009) *Visible learning: a synthesis of meta-analyses relating to achievement*. New York, Routledge.
- Hebb, D. (1949). *The Organisation of Behaviour: A Neuropsychological Theory*. Hoboken, John Wiley & Sons.
- Hernández-Jaña S., Sanchez-Martinez J., Solis-Urra P., Esteban-Cornejo I., Castro-Piñero J., Sadarangani K.P., Aguilar-Farias N., Ferrari G. y Cristi-Montero C. (2021) Mediation Role of Physical Fitness and Its Components on the Association Between Distribution-Related Fat Indicators and Adolescents' Cognitive Performance: Exploring the Influence of School Vulnerability. The Cogni-Action Project. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 8, 15 :746197. doi: 10.3389/fnbeh.746197
- Hillman C.H., Castelli D.M., Buck S.M. (2005) Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine in Science in Sports and Exercise*. Nov., 37, 11: 1967-1974. doi: 10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce.
- Hillman C.H., Erickson K.I., Kramer A.F. (2008) Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*. 9 :58–65. doi.org/10.1038/nrn2298.
- Hillman C.H., Buck S., Themanson J., Pontifex M., Castelli, D. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*. Jan; 45(1): 114-29. doi: 10.1037/a0014437.
- Hillman C., Pontifex M., Castelli D., Khan N., Raine L., Scudder M., Drollette E, Moore R., Wu C.T., Kamijo, K. (2014) Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*. 134, 4. Oct doi:10.1542/peds.2013-3219
- Honderich, T., ed. (2001). *Enciclopedia Oxford de Filosofía*. Madrid: Tecnos.
- Howard-Jones, P. (2014) Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*. 15: 817–824. [doi-org.sire.ub.edu/10.1038/nrn3817](https://doi.org/10.1038/nrn3817)
- Immordino-Yang M., Damasio A. (2007) We feel, therefore we learn: the relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind Brain and Education*. 1, 3-10. doi: 10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x.

- IntraMed Noticias Médicas. (2014). La neurociencia tiene la clave para entender la naturaleza humana. <https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=85735> (16 de octubre de 2022).
- Institute of Medicine (2013). Kohl H. W. y Cook, H. D. (eds). *Educating the Student Body: Taking Physical Activity and Physical Education to School*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18314>.
- International Obesity Task Force data, based on population weighted estimates from published and unpublished surveys, 1990-2010 using IOTF-recommended cut-offs for overweight and obesity. (2011) London: IOTF 2011. <http://iotf.org>
- Jensen, E. (2005) *Teaching with the Brain in Mind*, Association for Supervision & Curriculum Development. *ProQuest Ebook Central*, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/ub-ebooks/detail.action?docID=4948043>.
- Jeon Y.K., Ha C.H. (2015) Expression of brain-derived neurotrophic factor, IGF-1 and cortisol elicited by regular aerobic exercise in adolescents. *Journal of Physical Therapy Science*. Mar, 27 (3): 737-741. doi:10.1589/jpts.27.737.
- Jirout, J., LoCasale-Crouch, J., Turnbull, K., Gu, Y., Cubides, M., Garzione, S., Evans, T. M., Weltman, A. L., & Kranz, S. (2019). How lifestyle factors affect cognitive and executive function and the ability to learn in children. *Nutrients*, Aug., 11(8), 1953–1929. <https://doi.org/10.3390/nu11081953>
- Junaeb (2005). Sistema Nacional de Asignación con Equidad para Becas JUNAEB. Una nueva visión en la construcción de igualdad de oportunidades en la infancia. [https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2013/02/libro\\_junaeb.pdf](https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2013/02/libro_junaeb.pdf)
- Junaeb. Mapa Nutricional 2020 (2021); Chile Ministerio de Educación: Santiago, Chile, 2021. <https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2021/03/MapaNutricional2020.pdf>
- Junaeb. Informe Mapa Nutricional 2021 (2022). Chile Ministerio de Educación. Santiago, Chile [https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2022/10/INFORME-MAPA-NUTRICIONAL-2021\\_FINAL.pdf](https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2022/10/INFORME-MAPA-NUTRICIONAL-2021_FINAL.pdf)
- Keeley T.J.H., Fox K.R. (2009). The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 2(2):198–214. doi.org/10.1080/17509840903233822.

- Kemps, E., Tiggemann, M., Grigg, M. (2008). Food cravings consume limited cognitive resources. *Journal of Experimental Physiology. Applied.* Sep. 14 (3), 247–254. doi: 10.1037/a0012736.
- Kilinc A., Col N., Demircioglu-Kilic B., Aydin N., Balat A., Keskin M. (2019). Waist to height ratio as a screening tool for identifying childhood obesity and associated factors. *Pak J Med Sci.* 35(6):1652-1658. doi:<https://doi.org/10.12669/pjms.35.6.748>
- Knoth, R., Singec, I., Ditter, M., Pantazis, G., Capetian P., Meyer R.P., Horvat, V., Volk, B., Kempermann, G. (2010). Murine Features of Neurogenesis in the Human Hippocampus across the Lifespan from 0 to 100 Years. *PLoS One.* 5 e8809. doi: 10.1371/journal.pone.0008809
- Kolovelonis A., Pesce C., Goudas M. (2022) The Effects of a Cognitively Challenging Physical Activity Intervention on School Children's Executive Functions and Motivational Regulations. *Int J Environ Res Public Health.* Oct 5;19(19):12742. doi: 10.3390/ijerph191912742. PMID: 36232040; PMCID: PMC9564380.
- Kohl III H.W., Cook H.D. (2013) Educating the student body: Taking physical activity and physical education to school. Washington DC, National Academies Press.
- Kuperczkó D., Perlaki G., Faludi B., Orsi G., Altbacker A., Kovács N., et al. (2015). Late bedtime is associated with decreased hippocampal volume in young healthy subjects. *Sleep and Biological Rhythms.* 13: 68–75. doi: 10.1111/sbr.12077
- Lager A., Bremberg S., Vågerö D. (2009). The association of early IQ and education with mortality: 65-year longitudinal study in Malmö, Sweden. *BMJ.* 339 (7735): 1432–1432. doi.org/10.1136/bmj.b5282.
- Lavados Montes, J. (2012). *El cerebro y la educación: Neurobiología del Aprendizaje.* Taurus, Santiago de Chile.
- Leal, A. (2021). 100 años de Edgar Morin, el pensamiento de la complejidad. 2 de julio 2021. Diario Mayor, Universidad Mayor de Chile. <https://www.diariomayor.cl/miradas/100-anos-de-edgar-morin-el-pensamiento-de-la-complejidad.html>
- Lemes V., Gaya A.R., Sadarangani K.P., Aguilar-Farias N., Rodriguez-Rodriguez F., Martins CMdL, Fochesatto C. and Cristi-Montero C. (2021). Physical Fitness Plays a Crucial Mediator Role in Relationships Among Personal, Social, and Lifestyle Factors with Adolescents' Cognitive Performance in a Structural

- Equation Model. The Cogni-Action Project. *Frontiers in Pediatrics*. Jun 14; 9: 656916. doi: 10.3389/fped.2021.656916
- Liang, J., Matheson, B. E., Kaye, W. H., & Boutelle, K. N. (2014). Neurocognitive correlates of obesity and obesity-related behaviors in children and adolescents. *International Journal of Obesity*. Apr. 38 (4): 494–506. doi: 10.1038/ijo.2013.142
- Liang, X. L., He, J. y Liu, P. P. (2020). The influence of cognitive ability on academic performance of junior middle school students: a mediated moderation model. *Psychological Development and Education*. 36, 449–461. doi: 10.16187/j.cnki.issn1001-4918.2020.04.08
- Lieberwirth, C., Pan, Y. Liu, Z. Zhang, Z. Wang (2016). Hippocampal adult neurogenesis: Its regulation and potential role in spatial learning and memory *Brain Research*. Aug 1; 1644:127-140. doi: 10.1016/j.brainres.2016.05.015.
- Ligoiz, M. (2015) La educación, una cuestión muy seria. Una mirada hacia la dopamina. Forés et al. (Coords.) *Neuromitos en Educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Plataforma Editorial. Barcelona
- López V., Oyanedel J.C., Bilbao M., Torres J., Oyarzún D., Morales M., et al. (2017). School achievement and performance in Chilean high schools: The mediating role of subjective wellbeing in school-related evaluations. *Frontiers in Psychology*. 8:1189. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01189.
- Lorenz E. (1972) Predictability: Does the Flap of a Butterfly’s Wing in Brazil Set off a Tornado in Texas? Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
- Lorenz, E. (1993) *The Essence of Chaos*. UCL Press.
- Lounsbery, M.A. (2017). School physical activity: Policy matters. *Kinesiology Review*, 6 (1): 51-59. doi.org/10.1123/kr.2016-0038.
- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R.G., Bullock, P.R., Selway, R.P., Xenitidis, K., David, A.S., (2012). Prefrontal cortex dysfunction and ‘Jumping to Conclusions’: bias or deficit? *Journal of Neuropsychology*. Mar; 6(1): 65-78. [doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02005.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02005.x).
- Maguire, E.A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowick, R.S.J. & Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. March 14, 97(8): 4398-4403. doi.org/10.1073/pnas.070039597.

- Manes, Facundo (2017). Neurociencias y educación: ¿qué es importante para el aprendizaje? <https://www.infobae.com/salud/ciencia/2017/08/24/neurociencias-y-educacion-que-es-importante-para-el-aprendizaje/> (17 de octubre de 2022)
- Mandolesi L, Polverino A, Montuori S, Foti F, Ferraioli G, Sorrentino P, et al. (2018) Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: biological and psychological benefits. *Frontiers in Psychology*. April 27, 9: 509. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00509.
- Marina, J.A. (2018) La inteligencia en el siglo XXI. *Cuadernos Mente y Cerebro*. 20. 4-12
- Marques A, Gómez F, Martins J, Catunda R, Sarmiento H. (2017) Association between physical education, school-based physical activity, and academic performance: a systematic review. *Retos*. 31, 316-320. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/53509>. (17 de octubre de 2022).
- Marmot, M., Allen, J., Goldblatt, P., Boyce, T., McNeish, D., Grady, M., et al (2010). *Fair Society, Healthy Lives Full Report*. Available online at: London: *Institute of Health Equity*. <http://www.instituteofhealthequity.org/resources-reports/fair-society-healthy-lives-the-marmot-review/fair-society-healthy-lives-full-report-pdf>.
- Maturana, H. y Varela, F. (1993) *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas el entendimiento humano*. Lumen editorial universitaria
- Maza Sancho, J.M. (2017) *Somos polvo de estrellas. Cómo encender nuestro origen en el cosmos*. Santiago de Chile. Planeta.
- McCann J.C. y Ames B.N. (2005) Is docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Aug; 82 (2) :281-95. doi: 10.1093/ajcn.82.2.281.
- McNally, R.J. (2012) The Ontology of Posttraumatic Stress Disorder: Natural Kind, Social Construction, or Causal System? *Clinical Psychology Science & Practice* 19:220–228.
- McNally, R.J. (2016) Can network analysis transform psychopathology? *Behaviour Research and Therapy* 86 95e104 <http://dx.doi.org/10.1016/j.brat.2016.06.006> 0005-7967/
- Medina, J. (2014). *Brain Rules*. San Francisco, Pear Press.

- Migueles J.H., Cadenas-Sanchez C., Esteban-Cornejo I., Mora-Gonzalez J, Rodriguez-Ayllon M., Solis-Urra P., et al. (2020) Associations of sleep with gray matter volume and their implications for academic achievement, executive function and intelligence in children with overweight/obesity. *Pediatric Obesity*. Feb; 16 (2): e12707. doi: 10.1111/ijpo.12707.
- Miller H.V., Barnes J.C., Beaver K.M. (2011) Self-control and health outcomes in a nationally representative sample. *American Journal of Health Behavior*. Jan-Feb; 35 (1): 15-27. doi: 10.5993/ajhb.35.1.2.
- Ministerio de Educación de Chile (Mineduc) (2021). Mapa Nutricional 2020. [https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2021/03/MapaNutricional2020\\_.pdf](https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2021/03/MapaNutricional2020_.pdf) (17 de octubre de 2022).
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D., (2000) The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. Aug.; 41: 49–100. [doi.org/10.1006/cogp.1999.0734](https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734).
- Moffitt, T.E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R.J., Harrington, H., Caspi, A., (2011) A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108 (7): 2693-8. doi:10.1073/pnas.1010076108
- Moffitt, T.E., (2011) Childhood self-control predicts adult health, wealth, and crime. In: *Multi-Disciplinary Symposium Improving the Well-Being of Children and Youth*. Proceedings of the National Academy of Sciences. January 24, 108 (7): 2693-2698. doi.org/10.1073/pnas.1010076108.
- Molina G.T., Montaña E.R., González A.E., Sepúlveda P.R., Hidalgo-Rasmussen C., Martínez N.V., et al. (2014) Propiedades psicométricas del cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud KIDSCREEN-27 en adolescentes chilenos. *Revista Médica de Chile*. 142: 1415–21. doi: 10.4067/S0034-98872014001100008.
- Molteni R., Barnard J.R., Ying Z., Roberts C.K., Gomez-Pinilla F. (2002) A high-fat, refined sugar diet reduces hippocampal brain-derived neurotrophic factor, neuronal plasticity, and learning. *Neuroscience*. 112 (4): 803-14. doi: 10.1016/s0306-4522(02)00123-9.
- Monje Álvarez, C. (2011) Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Univ. Surcolombiana. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Neiva.

- Mora, F. (2017) Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama. Alianza Editorial.
- Mora-Gonzalez, J., Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., Rodriguez-Ayllon, M., Henriksson, P., Pontifex, M. B., Catena, A., & Ortega, F. B. (2019). Physical fitness, physical activity, and the executive function in children with overweight and obesity. *The Journal of Pediatrics*, 208, 50–56.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.12.028>
- Morgado, I. (2019) [Ignacio Morado: “El sueño es el potenciador del aprendizaje y la memoria”](http://www.annafores.wordpress.com/2019/06/12/ignacio-morado-el-sueno-es-el-potenciador-del-aprendizaje-y-la-memoria/) [www.annafores.wordpress.com/2019/06/12/ignacio-morado-el-sueno-es-el-potenciador-del-aprendizaje-y-la-memoria/](http://www.annafores.wordpress.com/2019/06/12/ignacio-morado-el-sueno-es-el-potenciador-del-aprendizaje-y-la-memoria/) (17 de octubre de 2022).
- Morgado, P., Marques, F., Ribeiro, B., Leite-Almeida, H., Pego, J. M., Rodrigues, A. J., et al. (2015). Stress induced risk-aversion is reverted by D2/D3 agonist in the rat. *European Neuropsychopharmacol.* 25 (10), October: 1744–1752. doi: 10.1016/j.euroneuro.2015.07.003
- Morgado P. and Cerqueira J.J. (2018) Editorial: The Impact of Stress on Cognition and Motivation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience.* 12: 326. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00326.
- Morris, S., Rumsey, J., Cuthbert, B. Rethinking mental disorders: The role of learning and brain plasticity. *Restorative Neurology and Neuroscience.* 32 (2014) 5–23. doi 10.3233/RNN-139015.
- Morrison G.E., Simone C.M., Ng N.F., Hardy J.L. (2015) Reliability and validity of the NeuroCognitive Performance Test, a web-based neuropsychological assessment. *Frontiers in Psychology.* 6: 1652. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01652.
- Muntaner-Mas A., Palou P, Vidal-Conti J., Esteban-Cornejo I. A Mediation Analysis on the Relationship of Physical Fitness Components, Obesity, and Academic Performance in Children. (2018). *The Journal of Pediatrics.* Jul., 198: 90-97.e4. doi:10.1016/j.jpeds.2018.02.068. Epub PMID: 29685619.
- Muscatell K.A. (2018). Socioeconomic influences on brain function: implications for health. *Annals of the New York Academy of Science.* Sept., 1428: 14–32. doi: 10.1111/nyas.13862
- National Center for Education Statistics. (2013). *NAEP Data Explorer.* <http://nces.ed.gov/nationsreportcard/naepdata/>



- National Research Council 2000. *From Neurons to Neighborhoods: The Science of Early Childhood Development*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9824>.
- Navarro Ardoy, D. y Collado Martínez, J.A. (2018). Neurociencia de la alimentación y el segundo cerebro. En Collado Martínez (coord.) *Neurociencia, deporte y educación*. Wanceulen Editorial Deportiva.
- Noble, K.G., Engelhardt, L.E., Brito, N.H., Mack, L.J., Nail, E.J., Angal, J., Barr, R., Fifer, W.P., and Elliott, A.J.; PASS Network (2015). Socioeconomic disparities in neurocognitive development in the first two years of life. *Developmental Psychobiology*. Jul., 57: 535–551. doi: 10.1002/dev.21303.
- Opendak, M. y Gould, E. (2015) Adult neurogenesis a substrate for experience dependent change. *Trends in Cognitive Sciences*. Mar., 19, 151-161. doi: 10.1016/j.tics.2015.01.001.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2009). *Creating effective teaching and learning environments: First results from Teaching and Learning International Survey TALIS*. <http://www.oecd.org/dataoecd/17/51/43023606.pdf>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2011). *Education At a Glance 2011: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing.
- Orgilés M., Owens J., Espada J., Piqueras J., Carballo J. (2013). Spanish version of the Sleep Self-Report (SSR): factorial structure and psychometric properties. *Child: Care Health and Development*. Mar. 39 :288-95. doi: 10.1111/j.1365-2214.2012.01389.x.
- Palma, S. y Cabezas, J.M. (2022) Relación entre índice de masa corporal elevado y variables socioeconómicas en población chilena: Un estudio transversal. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 26 (1): 52-60. doi.org/10.14306/renhyd.26.1.1444.
- Peng, P., Kietvit, R. (2020) The Development of Academic Achievement and Cognitive Abilities: A Bidirectional Perspective. *Child Development Perspectives*. March; 14(1): 15–20. doi:10.1111/cdep.12352
- Peña-Jorquera, H.; Campos-Núñez, V.; Sadarangani, K.P.; Ferrari, G.; Jorquera-Aguilera, C.; Cristi-Montero, C. (2021) Breakfast: A Crucial Meal for Adolescents' Cognitive Performance According to Their Nutritional Status. *The Cogni-Action Project. Nutrients*. 13: 1320. [doi.org/10.3390/nu13041320](https://doi.org/10.3390/nu13041320).

- Pindus D.M., Davis R.D., Hillman C.H., Bandelow S., Hogervorst E., Biddle S.J., Sherar L.B. (2015) The relationship of moderate-to-vigorous physical activity to cognitive processing in adolescents: findings from the ALSPAC birth cohort. *Psychological Research*. Sep;79(5):715-28. doi: 10.1007/s00426-014-0612-2.
- Pita Fernández, S., Pértegas Díaz, S. (2002). Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. *ATENCIÓN PRIMARIA*. 9: 76-78.
- Prigogine, I., Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos. Man's new Dialogue with Nature*. Bantam.
- RAE. Diccionario de la Real Académica Española (2021) <https://dle.rae.es/epig%C3%A9nesis> (17 de octubre de 2022).
- Raichle, M. y Gusnard, D. (2002) Appraising the Brain's Energy Budget. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Aug 6. Vol 99: 10237-10239. doi10.1073pnas.172399499
- Rajmil L., Estrada M., Herdman M., Serra-Sutton V., Alonso J. (2001). Calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) en la infancia y la adolescencia: revisión de la bibliografía y de los instrumentos adaptados en España. *Gaceta Sanitaria* 15 (4): 34-43. <https://www.gacetasanitaria.org/es-calidad-vida-relacionada-con-salud-articulo-13032879>
- Rakesh, D. & Whittle, S. (2021) Socioeconomic status and the developing brain – A systematic review of neuroimaging findings in youth. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 130: 379–407. doi: 10.1016/j.neubiorev.2021.08.027.
- Ramos, M.R., Bennett, M.R., Massey, D.S., Hewstone, M. (2019) Humans adapt to social diversity over time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 116: 12244-12249. doi:10.1073/pnas.1818884116.
- Ramón y Cajal S. (1928). *Degeneration and regeneration of the nervous system*. Oxford, Oxford University Press.
- Ravens-Sieberer U., Auquier P., Erhart M., Gosch A., Rajmil L., Bruil J., et al. (2007). The KIDSCREEN-27 quality of life measure for children and adolescents: Psychometric results from a cross-cultural survey in 13 European countries. *Quality of Life Research*. Oct., 16 (8):1347–56. doi: 10.1007/s11136-007-9240-2.
- Rotenberg K.J., Michalik N., Eisenberg N., Betts L.R. (2008). The relations among young children's peer-reported trustworthiness, inhibitory control, and preschool

- adjustment. *Early Childhood Research Quarterly*. 23 (2):288–298. doi: 10.1016/j.ecresq.2007.04.003.
- Roth, R. H., Tam, S. Y., Ida, Y., Yang, J. X., & Deutch, A. Y. (1988). Stress and the mesocorticolimbic dopamine systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 537, 138–147. doi: 10.1111/j.1749-6632.1988.tb42102.x. PMID: 3059920.
- Ruiz J.R., Castro-Pinero J., Espana-Romero V., et al. (2011) Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*. 45(6):518-524. DOI: [10.1136/bjism.2010.075341](https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341)
- Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., Marques de Loureiro Nuno, E. & J. Martínez-López, E. (2017.) Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 10 (1):108-133. doi: [10.1080/1750984X.2016.1184699](https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1184699)
- Ruiz-Hermosa, A., Mota, J., Díez-Fernández, A., Martínez-Vizcaíno, V., Redondo-Tébar, A., & Sánchez-López, M. (2019). Relationship between weight status and cognition in children: A mediation analysis of physical fitness components. *Journal of sports sciences*. Jan, 38 (1): 13-20. doi: 10.1080/02640414.2019.1676538.
- Ruotsalainen, I.; Gorbach, T.; Perkola, J.; Renvall, V.; Syväoja, H.J.; Tammelin, T.H.; Karvanen, J.; Parviainen, T. (2020). Physical activity, aerobic fitness, and brain white matter: Their role for executive functions in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience*. Apr, 42:100765. doi: 10.1016/j.dcn.2020.100765.
- Sallis J.F., Cervero R.B., Ascher W., Henderson K.A., Kraft M.K., Kerr J. (2006). An ecological approach to creating active living communities. *Annual Review of Public Health*. 27:297–322. doi: 10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100.
- Sampaio, J.R.F.; Vidal, S.A.; de Goes, P.S.A.; Bandeira, P.F.R.; Cabral Filho, J.E. (2021). Sociodemographic, Behavioral and Oral Health Factors in Maternal and Child Health: An Interventional and Associative Study from the Network Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Apr., 8, 18 (8): 3895. doi.org/10.3390/ijerph18083895.
- Scholtes, I. (2015) Understanding complex systems: When Big Data meets network science. *it - Information Technology*, vol. 57, no. 4, 252-256. <https://doi.org/10.1515/itit-2015-0012>

- Scott, J. (2000) *Social Network Analysis: A Handbook*. 2nd Edition, Sage Publications, London
- Serra-Sutton V. (2006). Desarrollo de la versión española del Child Health and Illness Profile para medir el estado de salud percibido en la adolescencia. *Tesis doctoral del Programa de Salud Pública y Metodología de Investigación Biomédica de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Barcelona*. Bellaterra, UAB.
- Serra-Majem L., Ribas L., Ngo J., Ortega R.M., García A., Pérez-Rodrigo C., Aranceta J. (2004) Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutrition*. Oct;7(7):931-5. doi: 10.1079/phn2004556. PMID: 15482620.
- Shi Y. y Qu S. (2021) Cognitive Ability and Self-Control's Influence on High School Students' Comprehensive Academic Performance. *Frontiers in Psychology*. 12:783673. doi: 10.3389/fpsyg.2021.783673
- Sibley, B. A. y Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a metaanalysis. *Pediatric Exercise Science*. 15 (3): 243–256. doi:10.1515/ijsl.2000.143.183
- Siegelmann, H. (2010) Complex systems science and brain dynamics. *Frontiers in Computational Neuroscience*. Editorial 10 September 2010. doi: 10.3389/fncom.2010.00007.
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75, 417–453. doi:10.3102/00346543075003417
- Smaldone, A., Honig, J. C., & Byrne, M. W. (2007). Sleepless in America: inadequate sleep and relationships to health and well-being of our nation's children. *Pediatrics*, 119(Supplement 1): S29-S37. doi.org/10.1542/peds.2006-2089F.
- Solis-Urra P., Sanchez-Martinez J., Olivares-Arancibia J., Castro Piñero J., Sadarangani K.P., Ferrari G., Rodríguez-Rodríguez F., Gaya A., Fochesatto C.F., Cristi-Montero C., Scand J. (2021). Physical Fitness and its association with Cognitive Performance in Chilean Schoolchildren: The Cogni-Action Project. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Jan., 31 (6):1352-1362. doi: 10.1111/sms.13945.

- Sofi F., Abbate R., Gensini G.F., Casini A. (2010) Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*. 92(5):1189-1196.
- Stillman C.M., Esteban-Cornejo I., Brown B., Bender C.M., Erickson K.I. (2020). Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends Neurosciences*. 43 (7): 533-543. doi.org/10.1016/j.tins.2020.04.010.
- St. Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. April, 59 (4):745-59. doi: 10.1080/17470210500162854.
- Swinburn B, Egger G. (2002) Preventive strategies against weight gain and obesity. *Obesity Reviews*. Nov., 3 (4):289-301. doi: 10.1046/j.1467-789x.2002.00082.x.
- Taut, S., Cortés, F., Sebastian, C. & Preiss, D. (2009) Evaluating school and parent reports of the national student achievement testing system (SIMCE) in Chile: access, comprehension, and use. *Evaluation and Program Planning*. May., 32 (2):129-37. doi: 10.1016/j.evalprogplan.2008.10.004.
- Tirapu-Ustárroz, J. y Luna-Lario, P. (2008) Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Manual de neuropsicología*. 221-256.
- Tirapu-Ustárroz, J., García Molina, A., Luna Lario, P., Verdejo Garcia, A., Ríos Lago, M. (2012) Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas. (coords: Tirapu Ustárroz, J., García Molina, A., Ríos Lago, M., Ardila Ardila, A. 87-120
- Tokuhama-Espinosa, T. (2017). Mind Brain, and Education science: An International Delphi Survey 2016-2017. Quito, Ecuador: Author. doi: 10.13140/RG.2.2.14259.22560
- Tokuhama-Espinosa, T. & Nouri, A. (2020) Evaluating what Mind, Brain and Education has taught us about teaching and learning. *Contemporary Issues in Education*. Vol.40, No.1, 63-71. https://doi.org/10.46786/ac20.1386
- Tokuhama-Espinosa, T. (2018) Neural Plasticity. <https://www.youtube.com/watch?v=piNsPrK5n1c> .
- Tomporowski P. (2003) Cognitive and behavioral responses to acute exercise in youths: a review. *Pediatric Exercise Science*. 15 (4): 348–359. doi:10.1123/pes.15.4.348
- Treviño, E., Mintrop, R., Villalobos, C., & Ordenes, M. (2018). What might happen if school vouchers and privatization of schools were to become universal in the U.S.:

- Learning from a national test case— Chile. Boulder, CO: National Education Policy Center. <http://nepc.colorado.edu/publication/chilean-voucher>
- Turner, J. (2011). Your brain on food: a nutrient-rich diet can protect cognitive health. *Journal of the American Society on Aging*. Summer, 35(2): 99-106. <https://www.jstor.org/stable/26555781>
- UNICEF-WHO-The World Bank Group (2018) Joint Child Malnutrition Estimates— Levels and Trends; WHO: Geneva, Switzerland.
- UNICEF (2019) *Every Child Learns: UNICEF Education Strategy 2019–2030*. New York, NY: UNICEF
- UNESCO (2014). *World-wide survey of school physical education. Report 2013*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Ursache A., Noble K.G. (2016). Pediatric Imaging N, Genetics S. Socioeconomic status, white matter, and executive function in children. *Brain and Behavior*. Aug., 2; 6(10): e00531. doi: 10.1002/brb3.531.
- Utrecht University. (s/f) Centre for Complex Systems Studies. Mixed Graphical Models. <https://www.uu.nl/en/research/centre-for-complex-systems-studies-ccss/research/complexity-lab-utrecht-clue/software/data-analysis/mgm-mixed-graphical-models>.
- Valenzuela, J. P., Bellei, C., y de Los Ríos, D. (2014). Socio-economic school segregation in a market-oriented educational system: the case of Chile. *Journal of Education Policy*. Jun., 29: 217–241. doi: 10.1080/02680939.2013.806995
- Valls-Pedret C., Sala-Vila A., Serra-Mir M., Corella D., de la Torre R., Martínez-González M.Á., Martínez-Lapiscina E.H., Fitó M., Pérez-Heras A., Salas-Salvadó J., Estruch R., Ros E. (2015) Mediterranean Diet and Age-Related Cognitive Decline: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Intern Med*. Jul;175(7):1094-1103. doi: 10.1001/jamainternmed.2015.1668.
- Van den Bulck J. (2004) Television viewing, computer game playing, and Internet use and self-reported time to bed and time out of bed in secondary-school children. *Sleep*. Feb., 1; 27(1): 101-4. doi: 10.1093/sleep/27.1.101.
- Van-Praag, H., Christie, B.R., Sejnowski, T.J. & Gage, F.H. (1999). Running enhances neurogenesis, learning, and LTP in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. Nov., 9; 96 (23): 13427-31. doi: 10.1073/pnas.96.23.13427.

- Van Waelvelde H., Vanden Wyngaert K., Mariën T., Baeyens D., Calders P. (2020) The relation between children's aerobic fitness and executive functions: A systematic review. *Infant and Child Development*. 29 (3): e2163. doi.org/10.1002/icd.2163.
- Varela-Garrote L., Carretero-García M., Fraguera-Vale R., Losada-Puente L. (2022). Promoting active lifestyles in schools. Effect of school day on daily physical activity levels. *Physical Activity Review*. 10(1): 130-140. doi:10.16926/par.2022.10.14.
- Vera Sagredo, A., Cerda Etchepare, G., Aragón Mendizábal, E., y Pérez Wilson, C. (2021). Rendimiento académico y su relación con variables socioemocionales en estudiantes chilenos de contextos vulnerables. *Educación XXI*. 24 (2): 375-398. [doi.org/10.5944/educXXI.28269](https://doi.org/10.5944/educXXI.28269).
- Verdugo S. (2002) Evaluación de la percepción de calidad de vida en la infancia. *Psicothema*. 14 (1): 86-91. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72714112>
- Verheggen, R. J. H. M., Maessen, M. F. H., Green, D. J., Hermus, A. R. M. M., Hopman, M. T. E., and Thijssen, D. H. T. (2016). A systematic review and meta-analysis on the effects of exercise training versus hypocaloric diet: distinct effects on body weight and visceral adipose tissue. *Obesity Review*. 17: 664–690. doi: 10.1111/obr.12406.
- Vio del Río F. (2018) Increase of obesity in Chile and the world. *Revista Chilena de Nutrición*. 45: 6-6. doi:10.4067/s0717-75182018000100006.
- Voss M., Erickson K.I., Prakash R.S., Chaddock L., Kim J.S., Alves H., et al. (2013) Neurobiological markers of exercise-related brain plasticity in older adults. *Brain Behavior and Immunology*. Feb., 28: 90-9. doi: 10.1016/j.bbi.2012.10.021.
- 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 Science*. Oct.,17 (10): 525–44. doi: 10.1016/j.tics.2013.08.001.
- Von Elm E., Altman D.G., Egger M., Pocock S.J., Gøtzsche P.C., Vandenbroucke J.P. (2008) The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Journal of Clinical Epidemiology*. Apr. 61 (4): 344-9. doi: 10.1016/j.jclinepi.2007.11.008.
- Von Stumm S, Plomin R. Socioeconomic status and the growth of intelligence from infancy through adolescence. (2015) *Intelligence*. Jan-Feb;48:30-36. doi: 10.1016/j.intell.2014.10.002.



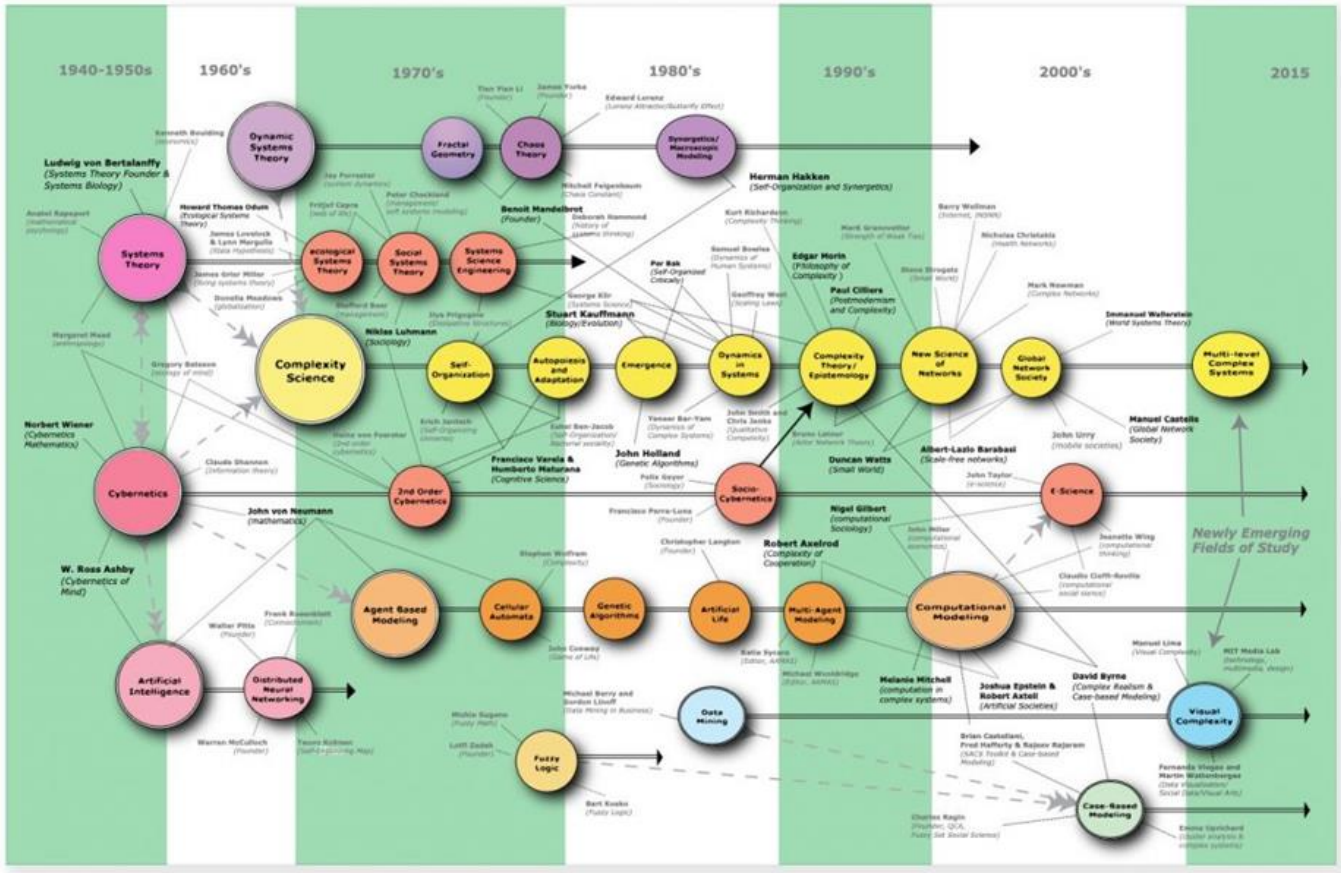
- Walker M.P., Stickgold R. (2006) Sleep, memory, and plasticity. *Annual Review of Psychology*. 57:139-66. doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070307. PMID: 16318592.
- Waddington C.H. (1939) *An introduction to modern genetics*. New York, Macmillan.
- Washington R. (2018) Negative association between obesity and academic performance- Physical fitness may help mediate the effects. *The Journal of Pediatric*. Jul.,198: 2-3. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.04.064. PMID: 29936959.
- Wassenaar T.M., Williamson W., Johansen-Berg H., et al. (2020) A critical evaluation of systematic reviews assessing the effect of chronic physical activity on academic achievement, cognition and the brain in children and adolescents: a systematic review. *The International Journal of Behavior Nutrition and Physical Activity*. 2020; Jun., 22, 17 (1): 79. doi: 10.1186/s12966-020-00959-y.
- Wilcox, R. R. (2010) Fundamentals of Modern Statistical Methods: Substantially Improving Power and Accuracy. *Psychometrika* 76(1):153-154 doi: 10.1007/s11336-010-9187-z
- Willis, J. (2009) What you should know about your brain. Educational Leadership ASCD. [http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed\\_lead/el200912\\_willis.pdf](http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el200912_willis.pdf) 19 de octubre de 2022).
- Woods C.B., Volf K., Kelly L., et al. (2021) The evidence for the impact of policy on physical activity outcomes within the school setting: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*. May., 10 (3): 263-276. doi: 10.1016/j.jshs.2021.01.006.
- World Health Organization (WHO) (2014) Comprehensive Implementation Plan on Maternal, Infant and Young Child Nutrition. Geneva: WHO. [https://www.who.int/nutrition/publications/CIP\\_document/en/](https://www.who.int/nutrition/publications/CIP_document/en/).
- World Health Organization (WHO) (2020) Obesity and overweight: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- World Health Organization (WHO). (2017) 10 facts on obesity. <https://www.who.int/features/factfiles/obesity/en/>.
- Yang Y., Ju W., Zhang H. y Sun L. (2018.) Effect of Ketamine on LTP and NMDAR EPSC in Hippocampus of the Chronic Social Defeat Stress Mice Model of Depression. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. Oct., 9; 12: 229. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00229.



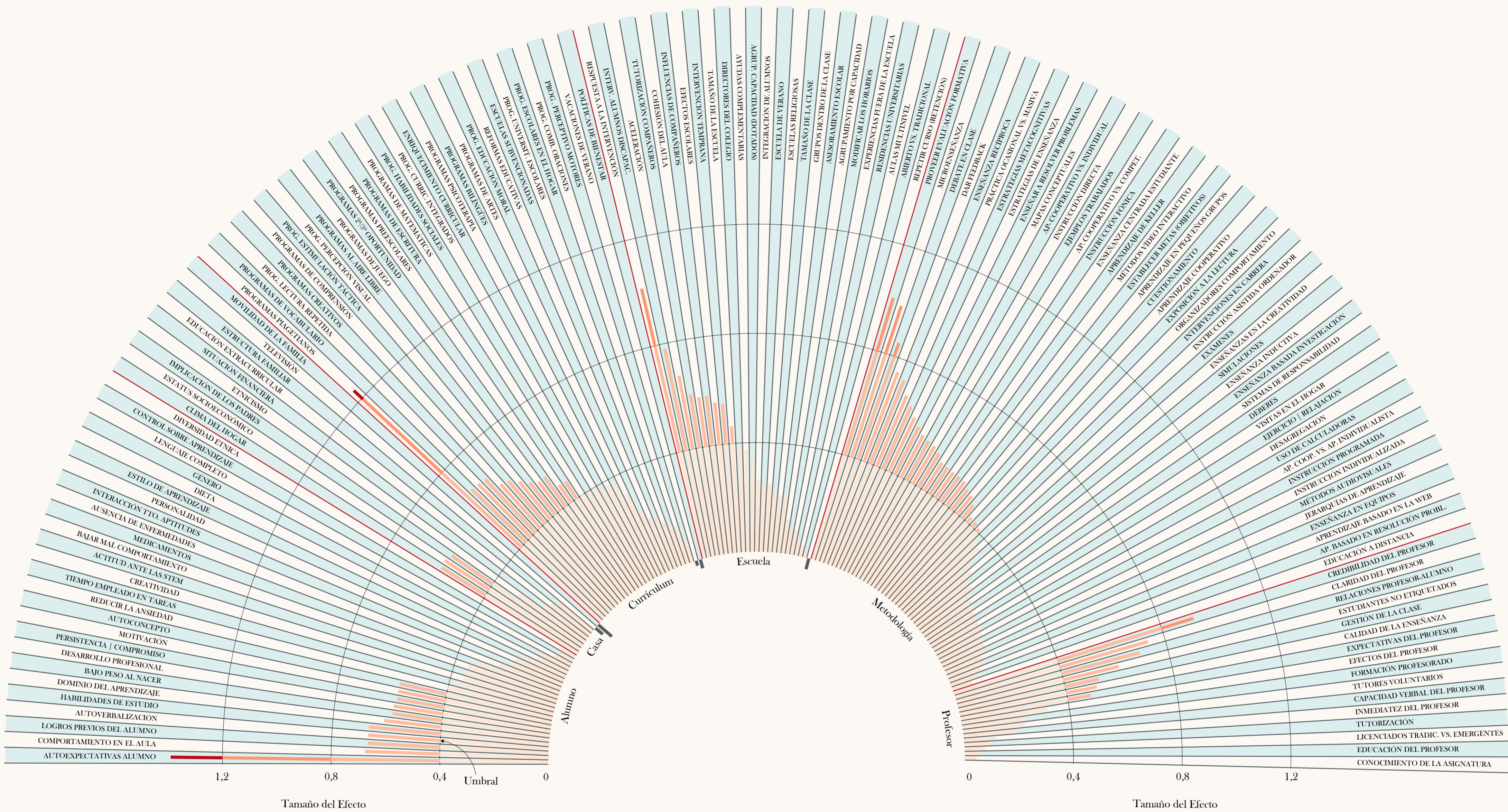
Zahanero Bermejo, M. “¿Qué es la epigenética? Claves para entenderlo. 11.02.2017 recuperado de <https://psicologiaymente.com/neurociencias/epigenetica> 20 de octubre de 2022).

Zar H.J., Dawa J., Fischer G.B., Castro-Rodriguez J.A. (2020). Challenges of COVID-19 in children in low- and middle-income countries. *Paediatric Respiratory Review*. Serp., 35: 70-74. doi: 10.1016/j.prrv.2020.06.016.

# Anexo 1: sistemas complejos







# 149 INFLUENCIAS EN LOS LOGROS DE LOS ALUMNOS

Autor: David Marín | Fuente: Aprendizaje Visible. John Hattie

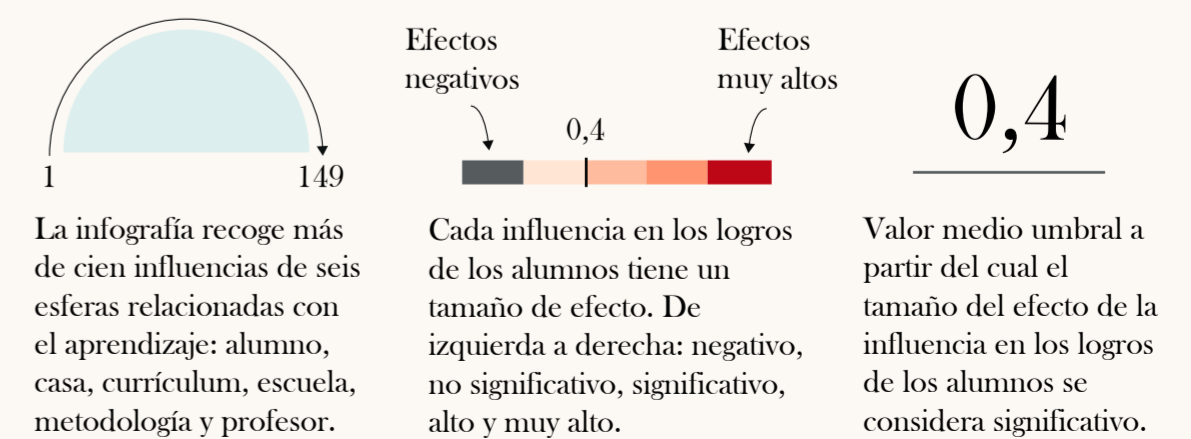
John Hattie, catedrático e investigador de Educación, publicó Aprendizaje Visible en 2008. En esta obra, se analizan más de 800 metanálisis basados en 50.000 artículos de Educación, sobre 160.000 tamaños de efectos y unos 60.000 alumnos.

En este libro, se presentan algunas ideas extraídas de su investigación en la secuencia que los profesores deben seguir de forma metódica: preparar, comenzar, dirigir y

finalizar la clase o conjunto de clases.

Según Hattie, casi todas las intervenciones generan diferencias en los logros de los alumnos. Por tanto, es muy importante determinar el efecto de cada una de ellas.

Siendo 0,4 la media del tamaño del efecto, las escuelas que verdaderamente marcan la diferencia tienen mejoras medias o por encima de la media para todos sus alumnos.





Anexo 3

Cuestionario INTA: Actividad física

I	Acostado (h/día) <sup>1</sup>		Puntos		
	a) Durmiendo de noche	_____		<8 h	= 2
	b) Siesta en el día	+ _____ = _____	<input type="checkbox"/>	8-12 h	= 1
				>12 h	= 0
II	Sentado (hrs/día) <sup>1</sup>				
	a) En clase	_____			
	b) Tareas escolares, leer, dibujar	+ _____			
	c) En comidas	+ _____		<6 h	= 2
	d) En auto o transporte	+ _____	<input type="checkbox"/>	6-10 h	= 1
	e) TV+PC+ Video juegos	+ _____ = _____		>10 h	= 0
III	Caminando (cuadras/día) <sup>1</sup>				
	Hacia o desde el colegio o a cualquier lugar rutinario	_____	<input type="checkbox"/>	>15 cdtras	= 2
				5-15 cdtras	= 1
				<5 cdtras	= 0
IV	Juegos al aire libre (min/día) <sup>1</sup>				
	Bicicleta, pelota, correr etc.	_____	<input type="checkbox"/>	>60 min	= 2
				30-60 min	= 1
				<30 min	= 0
V	Ejercicio o deporte programado (h/sem)				
	a) Educación física	_____	<input type="checkbox"/>	>4 h	= 2
	b) Deportes programados	_____		2-4 h	= 1
				<2 h	= 0
	Puntaje total de AF		<input type="checkbox"/>		

<sup>1</sup>Si la actividad no se realiza cada día de la semana (lunes a viernes), la suma de la semana se dividió por 5.

## ANEXO 4:

### TEST DE KIDMED ADHERENCIA A LA DIETA MEDITERRANEA

PREGUNTAS: (marca con una X sí o no)	SI	NO
1. ¿Comes una fruta o tomas un jugo de fruta cada día?		
2. ¿Comes una segunda fruta todos los días?		
3. ¿Comes verduras frescas (ensalada) o cocidas regularmente una vez al día?		
4. ¿Comes verduras frescas (ensalada) o cocidas más de una vez al día?		
5. ¿Consumes pescado con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana)?		
6. ¿Vas una vez o más a la semana a un centro o restaurant de comida rápida?		
7. ¿Te gustan las legumbres (lentejas, garbanzos, porotos)?		
8. ¿Consumes pasta o arroz casi a diario (5 o más veces por semana)?		
9. ¿Consumes cereales o granos (pan, etc.) para el desayuno?		
10. ¿Consumes frutos secos habitualmente (al menos 2-3 veces por semana)?		
11. ¿Utilizas aceite de oliva en tu hogar?		
12. ¿Te saltas el desayuno?		
13. ¿Consumes productos lácteos para el desayuno (yogurt, leche, etc.)?		
14. ¿Consumes productos horneados o pasteles para el desayuno?		
15. ¿Tomas dos yogures y/o un poco de queso (40g) al día?		
16. ¿Consumes dulces y golosinas varias veces todos los días?		

Valores negativos (se restan): 6, 12, 14, 16

#### Valor del índice KIDMED

≤ 3: Dieta de muy baja calidad

4 a 7: Necesidad de mejorar el patrón alimentario para ajustarlo al modelo mediterráneo.

≥ 8: Dieta mediterránea óptima

Fuente:

Serra Majem L, Ribas Barba L, Ngo de la Cruz J, Ortega Anta RM, Pérez Rodrigo C, Aranceta Bartrina J. Alimentación, jóvenes y dieta mediterránea en España. Desarrollo del KIDMED, índice de calidad de la dieta mediterránea en la infancia y la adolescencia. In: Serra Majem L, Aranceta Bartrina J, editores. Alimentación infantil y juvenil. Masson; 2004(reimpresión). p. 51-59



## KIDSCREEN-27

Estudio de salud y bienestar  
de niños/as y adolescentes

Cuestionario para niños/a y adolescentes  
de 8 a 18 años

**¡Hola!**

Por favor, lee cada pregunta cuidadosamente. Cuando pienses en tu respuesta, trata de recordar la última semana, es decir, los últimos siete días. ¿Qué respuesta es la que primero viene a tu mente? Escoge la alternativa que más se acerque a tu respuesta y márcala con una cruz.

Recuerda: Esto no es un examen. No hay respuestas correctas o incorrectas. Es importante que contestes todas las preguntas y que podamos ver con claridad tus respuestas.

No tienes que mostrar tus respuestas a nadie. Además, nadie que te conoce verá el cuestionario una vez que lo hayas terminado.

Por favor, anota la fecha de hoy:

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
Día Mes Año

¿Eres mujer u hombre?

- Mujer  
 Hombre

¿Cual es tu fecha de nacimiento?

\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
Día Mes Año

¿Tienes alguna discapacidad, enfermedad o problema médico crónico?

# 1. Actividad física y salud

1. En general, ¿cómo dirías que es tu salud?

- Excelente
- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala

Piensa en la última semana...

2. ¿Te has sentido bien y en buen estado físico?

3. ¿Has estado físicamente activo/a (por ejemplo, corriendo, escalando, andando en bicicleta)?

4. ¿Has sido capaz de correr sin dificultad?

	Nada	Un poco	Moderadamente	Mucho	Muchísimo
2. ¿Te has sentido bien y en buen estado físico?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>
3. ¿Has estado físicamente activo/a (por ejemplo, corriendo, escalando, andando en bicicleta)?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>
4. ¿Has sido capaz de correr sin dificultad?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>

Piensa en la última semana...

5. ¿Te has sentido lleno/a de energía?

	Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
5. ¿Te has sentido lleno/a de energía?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>

# 2. Estado de ánimo y sentimientos

Piensa en la última semana...

1. ¿Has disfrutado de la vida?

	Nada	Un poco	Moderadamente	Mucho	Muchísimo
1. ¿Has disfrutado de la vida?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>



Piensa en la última semana...		Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
2.	¿Has estado de buen humor?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
3.	¿Lo has pasado bien?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
4.	¿Te has sentido triste?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
5.	¿Te has sentido tan mal que no querías hacer nada?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
6.	¿Te has sentido solo/a?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
7.	¿Has estado contento/a con tu forma de ser?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>

### 3. Tu vida familiar y tu tiempo libre

Piensa en la última semana...		Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
1.	¿Has tenido suficiente tiempo para ti?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
2.	¿Has podido hacer las cosas que has querido en tu tiempo libre?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
3.	¿Tus padres han tenido suficiente tiempo para ti?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
4.	¿Tus padres te han tratado de forma justa?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
5.	¿Has podido hablar con tus padres cuando lo has querido?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
6.	¿Has tenido suficiente dinero para hacer las mismas cosas que tus amigos/as?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
7.	¿Has tenido suficiente dinero para tus gastos personales?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>

## 4. Tus amigos/as

Piensa en la última semana...		Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
1.	¿Has pasado tiempo con tus amigos/as?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
2.	¿Lo has pasado bien con tus amigos/as?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
3.	¿Tú y tus amigos/as se han ayudado entre ustedes?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
4.	¿Has podido confiar en tus amigos/as?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>

## 5. El colegio

Piensa en la última semana...		Nada	Un poco	Moderadamente	Mucho	Muchísimo
1.	¿Te has sentido feliz en el colegio?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>
2.	¿Te ha ido bien en el colegio?	Nada <input type="radio"/>	Un poco <input type="radio"/>	Moderadamente <input type="radio"/>	Mucho <input type="radio"/>	Muchísimo <input type="radio"/>

Piensa en la última semana...		Nunca	Casi nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
3.	¿Has sido capaz de poner atención?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>
4.	¿Te has llevado bien con tus profesores/as?	Nunca <input type="radio"/>	Casi nunca <input type="radio"/>	Algunas veces <input type="radio"/>	Casi siempre <input type="radio"/>	Siempre <input type="radio"/>

**¡Muchas gracias por tu participación!**

## Anexo 6

### Índice de Vulnerabilidad Multidimensional

Medición Multidimensional de la Vulnerabilidad en el nivel Básico								
Fuentes de datos de las variables								
Dimensión	Subdimensión	Variable	Presente en las BBDD				Se puede utilizar en el modelo?	Disponible para Kinder
			2015	2014	2013	2012		
1. Salud	1. Estado de salud del niño	Enfermedad crónica diagnosticada	SI	No	No	No	No	SI
		<b>Obesidad o sobrepeso</b>	Mapa Nutricional					SI
	2. Estado nutricional del niño	Talla	SI	SI	SI	SI		No
		Índice de Masa Corporal (IMC)	SI	SI	SI	SI		No
		<b>Desnutrición</b>	Mapa Nutricional					SI
		Peso	SI	SI	SI	SI		No
	3. Salud Bucal	Retraso en Talla	SI	SI	SI	SI		SI
		Presencia de caries	SI	SI	SI	SI		SI
	4. Presencia de dificultad o enfermedad	Problema de Audición	SI	SI	SI	SI		SI
		Problema de Visión	SI	SI	SI	SI		SI
		Problema de Columna	No	SI	SI	SI		No
		Índice de Discapacidad	SI	No	No	No		No
2. Educación	1. Actividades recreativas, el juego, las artes y la cultura	El niño/a juega con otros niños o niñas	SI	SI	SI	No	No	
		El niño/a participa en juegos y actividades físicas y/o recreativas con otros niños/as	SI	SI	SI	No	No	
		El niño/a muestra interés por desarrollar alguna expresión artística	SI	No	No	No	No	
		El niño/a muestra interés por los libros o lectura	SI	SI	SI	No	No	
		El niño/a muestra interés por conocer su entorno	SI	SI	SI	No	No	
	2. Estimulación y apoyo	Lactancia materna	SI	SI	SI	SI	SI	
	3. Educación Previa	El niño/a asistió a Educación Parvularia (Kinder y/o Pre Kinder)	SI	SI	SI	SI	SI	
	3. Hábitat y vivienda	1. Hacinamiento o espacio vital	Índice de hacinamiento del hogar	SI	SI	SI	SI	SI
Número de habitaciones cuyo uso exclusivo sea para dormir			SI	SI	SI	SI	SI	
Espacio en la vivienda para realizar tareas escolares y guardar Niños y niñas que comparten cama para dormir (¿duerme sólo?)			SI	SI	SI	SI	No	
2. Condiciones de la vivienda		Tipo de vivienda en la que vive la familia	Estas variables están contenidas en la CSE del MDS				Se consideran en dimensión 6	SI
		Condición de propiedad en la que se ocupa la vivienda						SI
		Situación en la que se ocupa la vivienda						SI
4. Entorno familiar y relaciones sociales	1. Características de la familia	Existencia de figura paterna	SI	SI	SI	SI	SI	
		Aporte económico de la figura paterna	SI	SI	SI	SI	SI	
		Edad de la madre al momento del parto	SI	SI	SI	SI	SI	
		Privación de libertad de algún miembro de la familia que viva con el niño/a	SI	SI	SI	SI	No	
		Problemas en la familia, barrio o trabajo por consumo de alcohol y/o drogas por parte de algún miembro de la familia que viva con el niño/a	SI	SI	SI	SI	No	
		<b>Tipo de cuidador en relación a la autosuficiencia</b>	SI	SI	SI	SI	No	
		Expectativas de los padres	SI	SI	SI	SI	No	
		En niño/a demuestra afecto a la familia	SI	SI	SI	SI	No	
	Dependencia Padre/Madre o Abuela	SI	SI	SI	SI	SI		
	2. Composición familiar	Tipo de familia	SI	SI	SI	SI	SI	
Jefatura Femenina	SI	SI	SI	SI	SI			
5. Participación cívica, derechos y libertades civiles	1. Derecho a la Identidad	Proporción de niños y niñas con cédula de Identidad chilena (por establecimiento)	Registro Civil				No	
	2. Libertad de opinión, expresión y derecho a la participación	Participación en alguna organización o grupo organizado	SI	SI	SI	SI	No	
	3. Derecho y acceso a la Información	Acceso a algún medio tecnológico digital	SI	No	No	No	No	
6. Contexto socioeconómico familiar	1. Condición socioeconómica del hogar	Tramo en la CSE	Utilizar CSE del MDS				SI	
		Pertenece Chile Solidario, Seguridad y oportunidad	Chile Solidario				SI	
		Hay un estudiante en el hogar que trabaja	SI	SI	SI	SI	No	
	2. Desempleo	Situación ocupacional del padre	SI	SI	SI	No	SI	
Situación ocupacional de la madre	SI	SI	SI	SI	SI			
7. Contexto socioeconómico comunal	1. Cobertura de agua potable	Tasa de cobertura de agua potable en la comuna	BBDD SINIM				SI	
	2. Pobres en la comuna	Porcentaje de pobres en la comuna	BBDD SINIM				SI	
	3. Distancia capital regional	Distancia a la capital regional	BBDD SINIM				SI	
	4. IPP	Ingreso promedio per cápita de la comuna	BBDD SINIM				SI	
	5. % Ruralidad	Porcentaje de ruralidad en la comuna	BBDD SINIM				SI	
8. Medidas especiales de protección y reparación	1. Discapacidad	Situación de Discapacidad	SI	No	No	No	No	
	2. Pertenencia Indígena	Pertenencia étnica	SI	SI	No	No	SI	
	3. Migrante	Nacionalidad Extranjera	SI	SI	No	No	SI	
	4. Red SENAME	Niños que han pasado por la red SENAME	BBDD SENAME				SI	
9. Autonomía y ejercicio progresivo	1. Conductas saludables	Realización de actividades físicas recreativas fuera de horario escolar	SI	No	No	No	No	

## Anexo 7: Test de hábitos y trastornos del sueño: SSR

### SSR: AUTOINFORME DE SUEÑO

- A qué hora te acuestas habitualmente:

	20 a 21 h	21-22 horas	22-23 horas	23-24 horas	24-01 horas	+ de la 1 am
SEMANA						
FIN DE SEMANA						

- A qué hora te despiertas habitualmente:

	6 a 7 am	7 -8 am	8-9 am	9-10 am	10-11 am	+ de las 11
SEMANA						
FIN DE SEMANA						

- Quien de tu familia te dice cuando tienes que irte a la cama?  
-----mis padres      -----lo decides tú mismo      -----otra persona:
- Crees que tienes problemas al dormir? -----Sí -----No
- Te gusta irte a dormir? -----Sí -----No

AHORA DEBES CONTESTAR SEGUN TE SUCEDA LO SIGUIENTE:

	NORMALMENTE 5-7 días por semana	ALGUNAS VECES 2-4 días por semana	POCAS VECES nunca o 1 vez por semana
1. Te duermes todas las noches en la misma cama?			
2. Te duermes solo?			
3. Te duermes en la cama de tus padres o hermanos?			
4. Te duermes con algo especial (muñeco, mantita,...)?			
5. Te da miedo la oscuridad?			
6. Te da miedo dormirte solo?			
7. Tienes pesadillas?			
8. Vas a la cama de alguien durante la noche?			
9. Crees que duermes muy poco?			
10. Estas despierto por la noche cuando tus padres creen que estas dormido?			
11. Te cuesta dormirte otra vez si te despiertas por la noche?			
12. Te despierta algún dolor por la noche?			
13. Te sientes con sueño durante el día?			
14. Discutes con tus padres cuando tienes que irte a la cama?			
15. Te cuesta irte a la cama?			
16. Te levantas por la noche cuando tus padres creen que estas dormido?			

**ANEXO 8: ESTRÉS ESCOLAR**

**Cuestionario Individual**

Sexo: Mujer__ Hombre__      Edad_____      Curso_____				
1. ¿Has repetido algún curso? Sí__No__		4. ¿Cuál fue tu promedio el año pasado? _____		
2. ¿Te sientes feliz en tu casa? Sí__No__		5. ¿Cuál fue tu promedio el primer semestre? _____		
3. ¿Te sientes feliz en el colegio? Sí__No__		6. ¿Cuántas veces te han suspendido este año? _____		
7. ¿Cuántas veces han llamado este año a tu apoderado por tus problemas de conducta? _____				
<b>N°</b>	<b>Piensa el grado en que estas frases describen lo que pasa en tu colegio Contesta todas las frases. No hay respuestas buenas ni malas. Marca con una "X"</b>	<b>Nunca</b>	<b>A veces</b>	<b>Casi Siempre</b>
<b>Durante estos meses ¿QUÉ TAN A MENUDO?:</b>				
1.	Has visto peleas en tu colegio			
2.	Ocurren robos o asaltos en la sala, en el patio o alrededores del colegio			
3.	Has sufrido burlas en la sala o en el patio del colegio			
4.	Has sufrido discriminación en la sala o en el patio del colegio			
5.	Has sufrido robos en la sala o en el patio del colegio			
6.	Tus compañeros (as) se enojan o discuten contigo			
7.	Tus compañeros (as) te invitan o te dejan jugar con ellos*			
8.	Has sido amenazado o retado violentamente por algún profesor o adulto del colegio			
9.	Los profesores se enojan contigo			
10.	Las tareas del colegio son difíciles para ti			
11.	Las evaluaciones como pruebas o interrogaciones son difíciles para ti			
12.	Los profesores son muy exigentes contigo			
13.	Los profesores les dan muchas tareas y mucho que estudiar			
14.	Los profesores se preocupan por ti y te preguntan qué te pasa*			
15.	Los profesores te felicitan cuando te esfuerzas y haces bien las cosas*			
16.	Los profesores están disponibles para conversar con ellos en el caso de que tengas problemas o te sientas mal*			
17.	Se organizan o hacen actividades extra-programáticas para todos los alumnos*			
18.	Los profesores se esfuerzan por mejorar nuestros aprendizajes y conocimientos*			
19.	Los profesores nos motivan a participar en actividades extra-programáticas*			

<b>N°</b>	<b>Para cada frase responde con una X en la columna de la derecha, según sea el caso ¿QUÉ TAN DESAGRADABLE O INCÓMODO ES PARA TI? Contesta todas las frases. Para cada Frase marca solo una respuesta. No hay respuestas buenas ni malas.</b>	<b>Nada</b>	<b>Casi Nada</b>	<b>Bastante</b>	<b>Mucho</b>
1.	Ver peleas en tu colegio				
2.	Que ocurran robos o asaltos en la sala, en el patio o alrededores del colegio				
3.	Sufrir burlas en la sala o en el patio del colegio				
4.	Sufrir discriminación en la sala o en el patio del colegio				
5.	Sufrir robos en la sala o en el patio del colegio				
6.	Que tus compañeros (as) se enojen o discutan contigo				
7.	Que tus compañeros (as) NO te inviten o NO te dejan jugar con ellos				
8.	Que algún profesor o adulto del colegio te amenace o te rete violentamente				
9.	Que los profesores se enojen contigo				
10.	Que las tareas del colegio sean difíciles para ti				
11.	Que las evaluaciones como pruebas o interrogaciones sean difíciles para ti				
12.	Que los profesores sean muy exigentes contigo				
13.	Que los profesores les den muchas tareas y mucho que estudiar				
14.	Que los profesores NO se preocupen por ti ó NO te pregunten qué te pasa				
15.	Que los profesores NO te feliciten cuando te esfuerzas y haces bien las cosas				
16.	Que los profesores NO estén disponibles para conversar con ellos en el caso de que tengas problemas o te sientas mal				
17.	Que NO se realicen (hagan) actividades extra-programáticas para todos los alumnos				
18.	Los profesores NO se esfuercen por mejorar nuestros aprendizajes y conocimientos				
19.	Los profesores NO nos motiven a participar en actividades extra-programáticas				

## **Anexo 9:**

### **Colegios de la región de Valparaíso partícipes en el estudio Cogni-Acción**

1. CARDENAL JOSE MARIA CARO
2. JOAQUIN EDWARDS BELLO
3. REPUBLICA DEL PARAGUAY
4. CANAL BEAGLE
5. HEBREO
6. NUEVO MILENIO
7. SANTA ANA
8. ROBLES
9. ALBORADA DE CURAUMA
10. EDUARDO DE LA BARRA
11. PATMOS
12. MONTESOL
13. BECARB
14. APUMANQUE
15. SAN MARTIN
16. SAN IGNACIO DE LA SALLE
17. SAN PEDRO NOLASCO
18. SAINT MARGARET
19. RUBEN CASTRO