

## El rol predictivo de la red neuronal por defecto sobre la atención sostenida en edades escolares: una revisión sistemática.

The predicting role of the default mode neuronal network on sustained attention in k-12 students: a systematic review.

Erwin Blanco-San Martín<sup>1</sup>, Fabiola Sáez-Delgado<sup>2</sup>, Nancy Lepe-Martínez<sup>3</sup>

### **ABSTRACT**

*The role of the Default Neural Network in the emergence of attention deficit disorder has received increasing scientific evidence in the last 20 years. This article aimed to systematize the empirical and quantitative evidence available in research on the role of the Default Neural Network in sustained attention and attention deficits in school children and adolescents; The methodology of systematic review of the scientific literature available between 2010 and 2020 was used. A sample of 13 studies was selected. The results showed that sustained attention is rhythmic and fluctuates along with working memory. Regarding children with attention deficit, anomalies in the availability of dopamine, thinning of the areas of the cerebral cortex interconnected with the Neural Network by Default, as well as hypo and hyper connectivity of the white matter tracts associated with this network are reported. These findings, interpreted as a whole, provide valuable evidence about the emerging role of the Default Neural Network in the underlying processes of sustained attention and the appearance of attentional deficits. These systematized findings can have profound implications in didactics and instructional design, due to the fact that there is sufficient and validated evidence to adapt the learning tasks to the rhythms of attention and rest since these processes obey biological limitations and not to administrative requirements.*

**Key words:** *focus of attention; default-mode network; attention deficit disorder; systematic review. Rev. Chil Neuro-Psiquiat 2023; 61 (1); 87-97*

Recibido: 30-05-2021

Aceptado: 11-01-2022

<sup>1</sup> Magister en Ciencias de la Educación, Investigador, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

<sup>2</sup> Doctor en Psicología, Académica investigadora, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

<sup>3</sup> Doctor en Psicología, Académica, Universidad Católica del Maule.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas educacionales contemporáneos han sido diseñados para ser eficientes y proveer resultados en evaluaciones estandarizadas. Esta tendencia de homogeneización ha puesto a las escuelas en una espiral de competencia donde aquellos estudiantes con déficits cognitivos son en su mayoría absorbidos por escuelas públicas que no imponen barreras de ingreso<sup>(1)</sup>. Esta situación de neuro diversidad cognitiva supone un esfuerzo y estrés extra para los educadores, debido a la diversidad de diagnósticos que presentan los educandos.

Quizá el desorden cognitivo más común en la sala de clases sea el déficit atencional (TDA-H) en sus múltiples tipos y grados. Por el momento el TDA-H es el desorden que ha sido más documentado por afectar el rendimiento académico de quienes lo sufren<sup>(2,3)</sup>. El déficit atencional en su forma base está caracterizado por la incapacidad de sostener la atención en tareas específicas en comparación con otros sujetos de desarrollo típico.<sup>(4)</sup>

La atención selectiva o sostenida se describe como la capacidad de centrarse en ciertos estímulos ambientales ignorando otros<sup>(5)</sup>, sin embargo, la atención sostenida no es verdaderamente sostenida; el cerebro toma muestras del medio ambiente de forma periódica (sampling), lo que sugiere que la memoria de trabajo (y la cognición, en general) es más compleja que una simple persistencia de picos y tasas de picos promedio de atención sostenidos en el tiempo<sup>(6)</sup>. Los estudios disponibles apoyan la conclusión que la atención sostenida es un proceso complejo, resultante de la interacción de múltiples sistemas cerebrales, sin embargo, la naturaleza de estas interacciones aún no ha sido bien caracterizada, y la dinámica temporal de la respuesta funcional del cerebro todavía no está bien entendida.<sup>(7)</sup>

Mantener la atención es esencial para dominar la vida cotidiana. La atención sostenida es un factor mental multicomponente, no unitario, que implica un trabajo orquestado de procesos recurrentes que

están al servicio del mantenimiento de la atención y su sostenimiento. Para este propósito, el cerebro está organizado en una colección de redes con funcionalidades especializadas que interactúan de manera flexible.<sup>(8)</sup>

La atención y la memoria de trabajo están claramente entrelazadas, ya que muestran covariaciones en la capacidad individual y el reclutamiento de sustratos neurales similares. Ambos procesos fluctúan a lo largo del tiempo y estas fluctuaciones pueden ser un determinante clave de variaciones individuales en la capacidad de atención y memoria.<sup>(9)</sup>

El trastorno por déficit atencional con y sin hiperactividad (TDA-H) es un trastorno del neurodesarrollo que afecta el funcionamiento psicológico saludable y está asociado con problemas de salud mental, así como con un funcionamiento académico y social deficiente. El DSM-V caracteriza al TDAH por sus tres síntomas cardinales: falta de atención, hiperactividad e impulsividad. Aproximadamente el 2,5% de la población cumple con los criterios de TDAH.<sup>(10)</sup>

Desde el punto de vista neuroanatómico, los focos tradicionales de interés en el TDAH incluían las cortezas insulares, lóbulos frontales, ganglios basales y cerebelo. Más recientemente, se ha dirigido la atención a la Red Neuronal por Defecto del cerebro y su integridad funcional en el TDAH con enfoque en el precuneus y lóbulos parietales e interacciones con cortezas prefrontales mediales<sup>(11)</sup>. La Red de Modo Predeterminado, Red de Tareas Negativas o Red Neuronal por Defecto -DMN- describe un conjunto de regiones cerebrales conectadas funcionalmente, que están más activas en reposo que durante tareas cognitivas orientadas hacia el exterior. La DMN es una red neuronal que se activa principalmente en la ausencia de tareas cognitivas, además, así como las demandas de atención a los estímulos externos aumentan, la activación de DMN disminuye y la activación de redes de “tareas positivas” se incrementa.<sup>(12)</sup>

En el contexto de lesiones cerebrales traumáticas

(TBI), se han obtenido imágenes a través de la técnica tensor de difusión -o DTI-, que han permitido correlacionar una desconexión estructural dentro de la DMN con la aparición de déficits en el nivel de atención sostenida en sujetos previamente catalogados como neurotípicos. Estos resultados muestran que las anomalías en la función de la DMN son un marcador sensible de deficiencias de atención y sugieren que los cambios en la conectividad dentro de la DMN son centrales para el desarrollo de déficits atencionales después de una TBI.<sup>(13)</sup>

Para efectos de explorar la etiología del déficit atencional desde la niñez hasta la adolescencia, un estudio extrajo extensos conjuntos de datos de exámenes fMRI de pacientes de diferentes grupos de edad diagnosticados con déficit atencional. Los hallazgos de los patrones de actividad cerebral develan, desde una perspectiva global, una conectividad funcional aberrante entre varias redes, tales como la Red Neuronal por Defecto (DMN), la red de atención y la red de control ejecutivo<sup>(14)</sup>. Las aberraciones de la conectividad funcional de estas redes podrían contribuir directamente a las diferencias de síntomas en la infancia y la adolescencia en pacientes con déficit atencional con y sin hiperactividad.

El objetivo de esta revisión de literatura es sistematizar las funciones de la Red Neuronal por Defecto asociadas al sostenimiento de la atención y a las etiologías del déficit atencional en niños y adolescentes en etapa escolar. El contar con información sistematizada sobre el rol de la DMN permitirá a profesores y personal de la salud el consensuar las estrategias cognitivas más adecuadas para niños neurotípicos y diagnosticados con TDA-H según las limitaciones y ventajas neuroanatómicas de cada grupo de cada grupo.

## MÉTODO

Se llevó a cabo una revisión sistemática de investigaciones empíricas-cuantitativas, indexadas en las bases de datos WOS y Scopus, para la obtención de evidencias sobre el rol de la Red

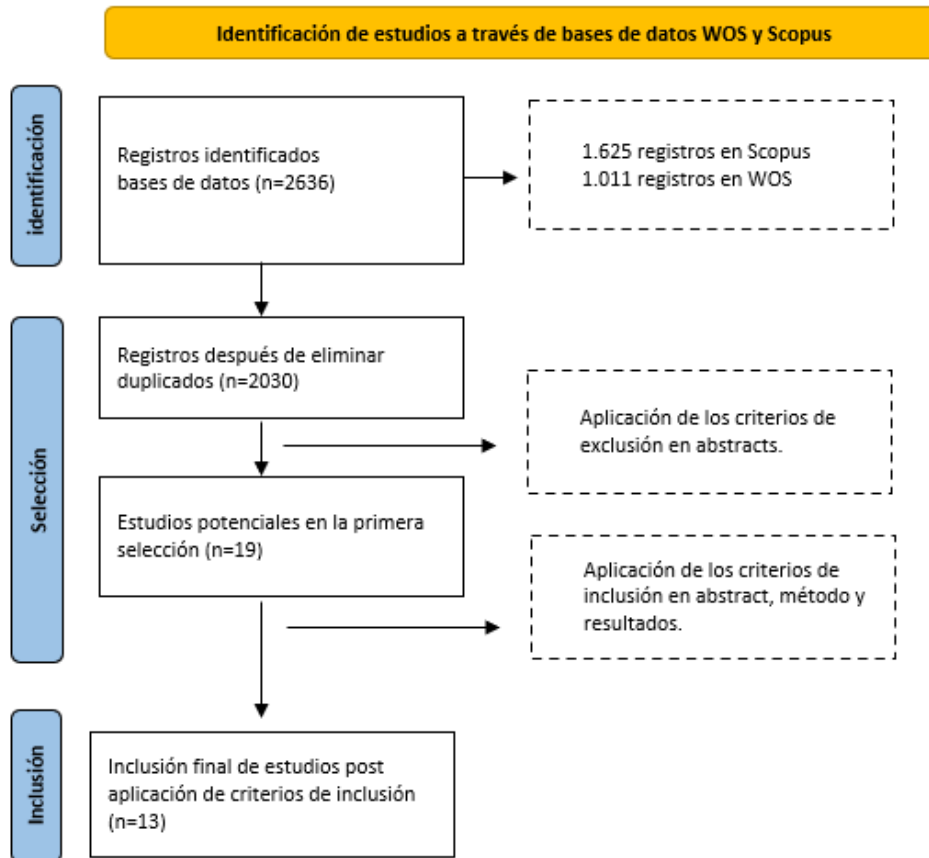
Neuronal por Defecto -o DMN- en la mantención de la atención sostenida, así como en la aparición de déficits atencionales con y sin hiperactividad desde el año 2010 hasta el año 2020. En la etapa de identificación de investigaciones, las palabras clave de búsqueda fueron: Default Neural Network, DMN, Education, School, Student, K-12, Attention disorder y ADHD.

Los criterios de inclusión fueron: en la muestra se seleccionaron niños y/o jóvenes en etapa escolar; el estudio se centra o incluye aspectos relevantes de la Red Neuronal por Defecto; el estudio es empírico, de corte cuantitativo y/o mixto; el estudio se centra en aspectos relevantes de la DMN en relación con la atención sostenida o déficits atencionales, y, el estudio reporta resultados cuantificables y su método es reproducible.

Los criterios de exclusión fueron: los sujetos muestra del estudio se encuentran principalmente fuera de la etapa escolar; el estudio no se centra o no incluye aspectos relevantes de la Red Neuronal por Defecto; el estudio es empírico, pero es una revisión de literatura; el estudio no es de corte cuantitativo; el estudio no se centra en aspectos relevantes de la DMN en relación con la atención sostenida o déficits atencionales; el estudio no reporta resultados cuantificables o su método no es reproducible.

Las investigaciones seleccionadas en la etapa de inclusión fueron desagregadas en sus partes esenciales en una matriz de datos para la extracción de la siguiente información relevante: identificar la definiciones de atención sostenida y déficit atencional, identificar la función de la DMN en la atención sostenida y déficits atencionales, describir características de los participantes (edad, muestra, desarrollo -neurotípico o no- y país), y caracterizar el estudio en instrumento de medida y resultado principal del estudio. A partir de los resultados principales de los estudios, se creó un índice porcentual de recurrencias para establecer patrones etiológicos repetitivos que vincularan el funcionamiento anormal de la Red Neuronal por Defecto con la aparición de déficits atencionales

**Figura 1.** Flujograma de identificación, selección e inclusión de investigaciones bajo la modalidad de revisión sistemática escogida en esta investigación.



o, en su defecto, establecer el rol de la DMN en la mantención de la atención sostenida en la población neurotípica.

## RESULTADOS

De las 2636 investigaciones identificadas en esta revisión sistemática, se seleccionaron 19 estudios potencialmente relevantes que cumplieron los criterios de exclusión. Finalmente, solo 13 estudios fueron incluidos por cumplir los criterios de inclusión. Una vez volcados los datos necesarios en la matriz de extracción, los resultados de las investigaciones nos permitieron arribar a los resultados que se presentan a continuación (ver **Tablas 1, 2 y 3**).

### Adelgazamiento cortical

El 23% de las investigaciones reportan un adelgazamiento de la corteza cerebral en niños con déficit atencional. El córtex cerebral en regiones del lóbulo frontal superior derecho es más delgado en niños, adolescentes y adultos con TDAH, además, existe una correlación entre el adelgazamiento cortical de estas regiones y la gravedad del trastorno atencional<sup>(15)</sup>; de forma congruente, una investigación reciente reportó una disminución general del grosor cortical en sujetos con TDA-H en comparación con la población neurotípica.<sup>(16)</sup>

### Falla de activación y/o supresión de la DMN

El 38% de las investigaciones reportan una falla

**Tabla 1.** Principales resultados de las investigaciones.

CITA	Instrumento de medida de la atención sostenida o actividad cerebral.	Principales resultados de cada estudio.
15	Imagen volumétrica MRI de voxel de 1 milímetro cúbico.	1. El córtex cerebral en regiones del lóbulo frontal superior derecho es más delgada en niños, adolescentes y adultos con TDAH <sup>A</sup> . 2. Hay una correlación entre el adelgazamiento cortical de estas regiones y la gravedad del trastorno <sup>A</sup> . 3. En los tres grupos de edad (niños, adolescentes y adultos), un diagnóstico de TDAH predice un adelgazamiento cortical en regiones del lóbulo frontal superior derecho, donde las diferencias estadísticas entre sanos y sujetos TDAH fueron observadas <sup>A</sup> .
16	Grosor cortical basado en conjunto de imágenes de MRI obtenidas con tiempo T1.	1. Se encontró convergencia entre el autismo y el TDAH, (ambas condiciones muestran una disminución general del grosor cortical en comparación con la población neurotípica <sup>A</sup> . 2. Se encontró divergencia entre el autismo y el TDAH (un costo de cableado menor en la condición ADHD) <sup>C</sup> .
17	Activación cerebral basada en fMRI durante carga cognitiva.	1. Los niños con TDAH y TEA tienen trastornos específicos y compartidos, en la función cerebral durante la atención sostenida (los déficits compartidos estaban en activación fronto-estriado-parietal y supresión de la Red neuronal por Defecto) <sup>B</sup> .
21	Imagen volumétrica fMRI de voxel de 1 milímetro cúbico.	1. Se evidenció la existencia de conectividad cerebral atípica prominente en los componentes de Red neuronal por defecto, así como en la corteza insular para los casos de ADHD y sus variantes <sup>C</sup> .
19	Imagen volumétrica fMRI de voxel de 8 milímetros cúbicos.	1. En el grupo de niños con tratamiento de metilfenidato, los niños con TDAH exhibieron una mayor activación de la corteza frontal derecha durante la supresión de interferencias <sup>B</sup> . Este hallazgo sugiere que la activación acentuada de esta corteza compensa la inhabilidad de desactivación de la DMN en niños con ADHD <sup>B</sup> .
18	Activación cerebral basada en fMRI durante carga cognitiva. Voxel de 1 milímetro cúbico.	1. Se evidencia una conectividad negativa reducida entre las redes de tareas positivas y negativas en el TDAH <sup>C</sup> . 2. A diferencia de los niños de desarrollo típico, la DMN continúa desarrollándose con la edad <sup>D</sup> . 3. Los defectos de la falta de supresión de la DMN se relacionan con deficiencias en la vigilancia de la atención durante la ejecución de tareas <sup>B</sup> .
24	RT o tiempo de reacción y respuestas omitidas.	1. La presentación de un pre estímulo excitatorio proporciona un mecanismo no farmacológico para mejorar el control de la respuesta en el TDAH.
26	Activación cerebral basada en fMRI durante carga cognitiva con señal BOLD y ReHo para análisis de homogeneidad de actividad cerebral.	1. Los valores aumentados de ReHo fueron concentrados principalmente en la circunvolución angular izquierda previamente asociada al ADHD. 2. La circunvolución angular también es parte de la red del lóbulo frontal-parietal y es uno de los nodos de la red de modo predeterminado
20	Activación cerebral basada en fMRI sin carga cognitiva, con un voxel 8 milímetros cúbicos y un análisis posterior con DTI o diffusion tensor.	1. El volumen de la sustancia blanca disminuyó significativamente en Pacientes con TDAH en comparación con sujetos de control normales <sup>C</sup> y el volumen de las estructuras cerebrales fue generalmente más pequeño en pacientes con TDAH que en sujetos de control excepto el putamen y el globo pálido, también se encontró un 9% de reducción de la corteza cerebral <sup>A</sup> . 2. En la DMN de los sujetos ADHD se encontró una conectividad funcional disminuida varios de sus componentes <sup>C</sup> .
25	La Actividad cerebral espontánea durante el modo de adquisición de datos por defecto se supervisó usando fMRI y la señal BOLD según necesidad de sangre-oxígeno en un grupo de neuronas. Tamaño de voxel cercano a 1 mm cúbico.	1. La evidencia mostró que 40 sesiones de 20 minutos de neurofeedback –NFB- consolidó el DMN permitiendo una activación apropiada en el cíngulo posterior, precuneus, la unión tempoparietal y las amígdalas cerebelosas en niños con ADHD <sup>B</sup> . 2. La activación de la DMN normalizada mejoró la adaptación de los sujetos a nuevos desafíos cognitivos <sup>B</sup> .
27	Activación cerebral basada en resting state fMRI sin carga cognitiva, con un voxel 3x3x3mm.	1. El uso de machine learning en el diagnóstico de TDAH es capaz de identificar marcadores biológicos precisos. En particular, la mayoría de las conexiones funcionales alteradas estaban ubicados dentro o a través del cerebelo, DMN y regiones frontoparietales, lo que indica que las alteraciones en el conectoma del cerebro están involucradas en una gran red en estado de reposo <sup>C</sup> .
22	La actividad cerebral se midió con las técnicas rs-fMRI y structural MRI images.	1. Desde la perspectiva global, la conectividad funcional aberrante entre varias redes, tales como la red (DMN), la red de atención y la red de control ejecutivo, podría contribuir directamente a las diferencias de síntomas en la infancia y la adolescencia en pacientes con TDAH <sup>C</sup> . 2. Desde la perspectiva del desarrollo, hubo retraso en la maduración de las redes cerebrales en el grupo de TDAH, especialmente en la DMN <sup>B</sup> .
23	La actividad cerebral se llevó a cabo con el análisis masivo de conectomas del cerebro humano en estado reposo con la técnica RS-fMRI. Tamaño de Voxel variable.	1. Una reducción del transportador de dopamina y menor disponibilidad del receptor de dopamina D2 y D3 en el cuerpo estriado ventral y caudado en adultos con TDAH no medicados se asociaron con falta de atención y con puntuaciones más bajas en motivación <sup>B</sup> . 2. El DMN se asoció con una conectividad del mesencéfalo más fuerte para la zona ventral tegmental que para la sustancia nigra. 3. Los estudios de neuroimagen apoyan la tesis que un incremento en la señalización dopaminérgica del DMN con fármacos, facilita la desactivación de DMN durante la estimulación cognitiva <sup>B</sup> .

Número de estudios totales analizados (N=13)

**Tabla 2.** Etiologías recurrentes del déficit atencional asociado a fallas de la Red Neuronal por Defecto.

Código	Concepto	ID	N (%)
A	Existe adelgazamiento de la corteza cerebral en niños con déficit atencional.	15,16,20	3 (23%)
B	Existe una falla de activación y/o supresión de la Red Neuronal por Defecto y Redes Atencionales en los niños con déficit atencional, lo que impide lapsos de atención sostenida satisfactorios.	17,19,18,23, 25	5 (38,46%)
C	Existe una conectividad funcional/anatómica atípica o alterada entre la Red Neuronal por Defecto y regiones frontoparietales en niños con déficit atencional.	16,21,18,20, 22,27	6 (46,15%)
D	Existe una maduración dilatada o demorada de las redes cerebrales en niños con déficit atencional, especialmente en la Red Neuronal por Defecto.	18,22	2 (15,38)
E	En los niños con déficit atencional no medicados, la falta de atención y motivación se asocia a fallas en las vías dopaminérgicas (falta de dopamina principalmente), que afectan los componentes de la DMN y redes atencionales, situación que es susceptible de tratamiento farmacológico con metilfenidato.	19, 23	2 (15,38%)

Número de estudios totales analizados (N=13)

de activación y/o supresión de la Red Neuronal por Defecto y Redes Atencionales en los niños con déficit atencional, lo que impide lapsos de atención sostenida satisfactorios. Los niños con TDA-H tienen trastornos específicos en algunas funciones cerebrales durante la atención sostenida. Éstos experimentan déficits en la activación fronto-estriato-parietal y supresión de la Red Neuronal por Defecto<sup>(17)</sup>, condición que ha sido documentada en otro estudio como una falta de supresión de la DMN que se relaciona con deficiencias en la vigilancia de la atención durante la ejecución de tareas<sup>(18)</sup>. Se ha obtenido evidencia plausible que el tratamiento farmacológico con metilfenidato es capaz de mejorar -de forma reversible- la actividad de las redes atencionales y a la vez suprimir la DMN durante procesos atencionales.<sup>(19)</sup>

#### Conectividad anatómica y/o funcional atípica

El 46% de las investigaciones reportan una conectividad funcional/anatómica atípica o alterada entre la Red Neuronal por Defecto y regiones frontoparietales en niños con déficit atencional. En una investigación anatómico-funcional, el volumen de la sustancia blanca disminuyó significativamente en pacientes con TDA-H en comparación con sujetos de control normales, además, en la DMN

de los sujetos TDA-H se encontró una conectividad funcional disminuida varios de sus componentes<sup>(20)</sup>. En otra investigación de conectividad cerebral funcional, en sujetos diagnosticados con TDA-H, se evidenció la existencia de conectividad atípica prominente en los componentes de la Red Neuronal por Defecto, así como en la corteza insular, dIPFC y cerebelo<sup>(21)</sup>. Resultados similares se obtuvieron en una investigación más reciente, se evidencia una conectividad negativa reducida entre las redes de tareas positivas y negativas en el TDA-H, es decir, los sujetos que sufren este trastorno poseen una conectividad funcional y/o anatómica más densa que los sujetos neurotípicos entre la DMN y Redes Atencionales, lo que inhibe una supresión adecuada y mutuamente excluyente de estas redes durante períodos de atención o descanso cognitivo.<sup>(18)</sup>

#### Maduración cerebral retardada

El 15% de las investigaciones reportan una maduración retardada o demorada de las redes cerebrales en niños con déficit atencional, especialmente en la Red Neuronal por Defecto. A diferencia de los niños de desarrollo típico, la DMN continúa desarrollándose con la edad<sup>(18)</sup>. Desde la perspectiva del desarrollo, existe un retraso en la maduración de las redes cerebrales en

**Tabla 3.** Resultados individuales de los estudios seleccionados.

Cita	Descripción de la función de la Red Neuronal por Defecto en la atención sostenida y los déficits atencionales
15	La corteza frontal y sus conexiones con diversas estructuras subcorticales y encefálicas (por ejemplo, los ganglios basales y el tálamo) están involucrados en el control de la actividad motora selectiva y atención sostenida, resolución de problemas y control de la impulsividad. Todas estas funciones cognitivas se alteran en pacientes con TDAH.
16	La hipo e hiper conectividad de la DMN y TPN son responsables de los trastornos cognitivos presentes en el autismo y déficit atencional con hiperactividad.
17	La DMN se desactiva en sujetos normales para mantener una atención sostenida sin interrupciones.
21	La Red Neuronal por Defecto se desactiva= la ejecución de tareas
19	Los niños con TDAH y antecedentes de medicación han mostrado una activación cerebral atípica en las regiones cerebrales prefrontal y estriatal durante el desafío cognitivo.
18	La DMN, también conocida como red de tareas negativas, es una colección de regiones del cerebro cuyas actividades están altamente correlacionadas durante el descanso; durante las tareas dirigidas a un objetivo que demanda atención, esta red reduce su nivel base de actividad.
24	Entre la percepción del estímulo y la elección de responder a este, dependen de varias habilidades críticas de la función ejecutiva, que incluyen mantener la atención, la inhibición del modo descanso y preparación para responder.
26	La circunvolución angular también es parte de la red del lóbulo frontal-parietal y es uno de los nodos de la red en modo predeterminado; sirve como estación intermedia para la integración de información interna y externa, destaca la convergencia de diferentes entradas multimodales en el giro angular e interacciones con diferentes subsistemas que incluyen memoria y atención.
20	El DMN comprende regiones mediales del cerebro que rutinariamente exhiben disminuciones de actividad coherentes con la ejecución de tareas cognitivas que exigen atención.
25	La DMN, un conjunto de regiones del cerebro, funcionalmente homogénea que es ampliamente asociado con la cognición dirigida internamente. Durante los periodos de descanso, las poblaciones normales activan constantemente la DMN. Lo contrario parece ocurrir con niños que tienen TDAH.
27	La evidencia ha apoyado la hipótesis de que los síntomas clínicos del TDAH son el resultado de interacciones aberrantes en redes cerebrales a gran escala, tales como cerebelo, DMN y regiones frontoparietales.
28	Los pacientes TDAH pueden presentar un retraso en el desarrollo de redes cerebrales <sup>8</sup> en comparación con sujetos de desarrollo típico, especialmente en la DMN.
23	Durante la infancia, el DMN muestra una conectividad funcional escasa que aumenta con el desarrollo. La función anormal de DMN se ha asociado con varios trastornos psiquiátricos que incluye TDAH.
Número de estudios totales analizados (N=13)	

los grupos TDA-H, especialmente en la DMN.<sup>(22)</sup>

### Fallas en las vías dopaminérgicas

El 15% de las investigaciones reportan que, en los niños con déficit atencional no medicados, la falta de atención y motivación se asocia a fallas en las vías dopaminérgicas (falta de dopamina como causa principal), que afectan los componentes de la DMN y redes atencionales, situación que es susceptible de tratamiento farmacológico con metilfenidato.

En un estudio basado en actividad cerebral gatillada por eventos, las imágenes de fMRI proveen evidencia de una mayor activación de la corteza frontal derecha en niños diagnosticados con TDA-H con tratamiento activo de metilfenidato, lo que permitió una mejor supresión de las interferencias provenientes de actividad no suprimida proveniente de la DMN<sup>(19)</sup>. En un estudio dedicado a obtener evidencia de daño de las vías dopaminérgicas vía rs-fMRI en niños neurotípicos y diagnosticados con TDA-H, se evidenció una reducción del transportador de dopamina y menor disponibilidad del receptor de dopamina D2 y D3 en el cuerpo estriado ventral y caudado en adultos con TDA-H. Los daños en las vías dopaminérgicas incluyen o se extienden hasta estructuras asociadas a las DMN. En los niños TDA-H no medicados, estas fallas en las vías dopaminérgicas se asociaron con falta de atención y con puntuaciones más bajas en motivación.<sup>(23)</sup>

### Rol de la red neuronal por defecto en la atención sostenida

El rol de la DMN sobre la atención sostenida parece estar asociado principalmente a la capacidad de supresión de la DMN por parte del sujeto durante períodos de actividad de las redes atencionales prefrontales<sup>(17)</sup>, asimismo, otros autores han obtenido evidencia que demuestra que la DMN se desactiva durante la ejecución de tareas<sup>(21)</sup>, o su activación es inhibida para dar paso a funciones ejecutivas<sup>(24)</sup>. Desde el punto de vista metabólico, según resultados en exámenes fMRI, la DMN reduce su señal BOLD -o consumo de oxígeno- durante la ejecución de tareas que demandan

atención<sup>(18)</sup>. La evidencia apunta principalmente a una desactivación exitosa de la DMN en sujetos neurotípicos durante la ejecución de tareas cognitivas. De forma contraria, los sujetos diagnosticados con TDA-H, no son capaces de suprimir su actividad durante períodos de atención, ni son capaces de activarla adecuadamente durante periodos de descanso.<sup>(25)</sup>

### CONCLUSIONES

El rol de la Red Neuronal por Defecto (DMN) en la atención sostenida es evidentemente indirecto. En sujetos neurotípicos, la actividad de la DMN es suprimida durante la activación de redes neuronales que soportan procesos atencionales<sup>(17)</sup>, sin embargo, esta desactivación no es ejecutada exitosamente en sujetos que sufren TDA-H<sup>(25)</sup>. Las causas que gatillan una falla en la desactivación de la DMN durante tareas que demandan atención a eventos dirigidos externamente son variadas, entre ellas tenemos el adelgazamiento de zonas corticales asociadas a redes atencionales<sup>(15)</sup>, una maduración retardada de zonas cerebrales, especialmente la DMN<sup>(22)</sup> y la etología clásica del déficit atencional asociada a la falla de las vías dopaminérgicas. Una falla de las vías dopaminérgicas que involucre redes atencionales no permite una activación adecuada de las redes atencionales ni la supresión temporal de la DMN, condición que es susceptible de tratamiento farmacológico con metilfenidato<sup>(19)</sup>. Finalmente, una cantidad creciente de investigaciones ha presentado evidencia convincente de una conectividad anatómica y/o funcional aberrante entre los componentes de la DMN en los sujetos TDA-H<sup>(21)</sup>, específicamente se acusa una hiper e hipo conectividad entre la DMN y redes atencionales<sup>(18)</sup>, lo que tendría como correlato una atención deficiente en los sujetos que sufren TDA-H.

### Recomendaciones futuras

Para efectos de futuras revisiones de literatura -ya sean narrativas, sistemáticas o de metaanálisis-, se recomienda expandir la búsqueda a otras bases de datos que, aunque no tengan el peso cuantitativo de las incluidas en esta revisión, sus aportes podrían



complementar y suplementar con otros estudios los roles de la Red Neuronal por Defecto en los procesos atencionales y la aparición de diferentes tipos de déficit atencional con y sin hiperactividad. El haber incluido solo 13 estudios se justifica al solo incluir investigaciones que incluyeran niños en etapa escolar.

Otra recomendación relevante que se desprende de este estudio, es que futuras investigaciones incorporen revisiones que vinculen el funcionamiento de la Red Neuronal por Defecto con el rendimiento

académicos de niños con TDAH. Ello posibilitaría disponer de antecedentes que permitan organizar los procesos de enseñanza-aprendizaje considerando las características y limitaciones en el funcionamiento de esta red neuronal, de forma de diseñar intervenciones que se adecuen a las reales necesidades educativas que los niños/as presentan, lo que en definitiva tendría como correlato el responder adecuadamente a los requerimientos de atención a la neurodiversidad que exigen las normativas nacionales e internacionales en materia de inclusión educativa.

### **RESUMEN**

*El rol de la Red Neuronal por Defecto en la aparición del trastorno de déficit atencional ha recibido evidencia científica creciente en los últimos 20 años. Este artículo tuvo por objetivo sistematizar la evidencia empírica y cuantitativa disponible en investigaciones sobre el rol de la Red Neuronal por Defecto en la atención sostenida y déficits atencionales en niños y adolescentes de etapa escolar; se usó la metodología de revisión sistemática de la literatura científica disponible entre 2010 y 2020. Se seleccionó una muestra de 13 estudios. Los resultados evidenciaron que la atención sostenida es rítmica y fluctúa junto a la memoria de trabajo. En cuanto a los niños con déficit atencional, se reportan anomalías en la disponibilidad de dopamina, adelgazamientos de las aéreas de la corteza cerebral interconectadas con la Red Neuronal por Defecto, así como hipo e hiper conectividad de los tractos de materia blanca asociados a esta red. Estos hallazgos interpretados en su conjunto aportan evidencia valiosa acerca del rol emergente de la Red Neuronal por Defecto en los procesos subyacentes de la atención sostenida y la aparición de déficits atencionales. Estos hallazgos sistematizados pueden tener implicancias profundas en la didáctica y el diseño instruccional debido a que se cuenta con evidencia suficiente y validada como para adaptar las tareas de aprendizaje a los ritmos de atención y descanso puesto que estos obedecen a limitaciones biológicas y no a prescripciones administrativas.*

**Palabras clave:** *foco de atención; red en modo predeterminado; trastorno de déficit atencional; revisión sistemática.*

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Duk, C. & Murillo, J. Segregación escolar y meritocracia. *Rev. Latinoam. Educ. Inclusiva* (2019) 13:11–13.
2. Afeti, K. & Nyarko, S. Prevalence and effect of attention-deficit/hyperactivity disorder on school performance among primary school pupils in the Hohoe Municipality, Ghana. *Ann. Gen. Psychiatry* (2017) 16: 1–7
3. Alzaben, F. et al. Prevalence of attention deficit hyperactivity disorder and comorbid psychiatric and behavioral problems among primary school students in western Saudi Arabia. *Saudi Med. J.* (2018) 39: 52–58.
4. Tucha, L. et al. Sustained attention in adult

- ADHD: time-on-task effects of various measures of attention. *J. Neural Transm.* (2017) 124: 39–53.
5. Servera, M. & Cardo, E. Children Sustained Attention Task (CSAT): Normative, reliability, and validity data. *Int. J. Clin. Heal. Psychol.* (2006) 6: 697–707.
  6. Miller, E., Lundqvist, M. & Bastos, A. Working Memory 2.0. *Neuron* (2018) 100: 463–475.
  7. Cohen, 2011. Sustained Attention. in *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (eds. Kreutzer, J., DeLuca, J. & Caplan, B.) (2013). 28: 92–92
  8. Walusinski, O. How yawning switches the default-mode network to the attentional network by activating the cerebrospinal fluid flow. *Clin. Anat.* (2014) 27: 201–209.
  9. DeBettencourt, M., Keene, P., Awh, E. & Vogel, E. Real-time triggering reveals concurrent lapses of attention and working memory. *Nat. Hum. Behav.* (2019) 3: 808–816.
  10. Bachmann, K. et al. Effects of mindfulness and psychoeducation on working memory in adult ADHD: A randomised, controlled fMRI study. *Behav. Res. Ther.* (2018) 106: 47–56.
  11. Cannon, R., Kerson, C. & Hampshire, A. sLORETA and fMRI detection of medial prefrontal default network anomalies in adult ADHD. *J. Neurother.* (2011) 15: 358–373.
  12. McCormick, E. & Telzer, E. Contributions of default mode network stability and deactivation to adolescent task engagement. *Sci. Rep.* (2018) 8: 1–11
  13. Bonnelle, V. et al. Default mode network connectivity predicts sustained attention deficits after traumatic brain injury. *J. Neurosci.* (2011) 31, 13442–13451.
  14. Zhang, H. et al. Aberrant functional connectivity in resting state networks of ADHD patients revealed by independent component analysis. *BMC Neurosci.* (2020) 21: 1–11.
  15. Almeida, L. et al. Reduced right frontal cortical thickness in children, adolescents and adults with ADHD and its correlation to clinical variables: A cross-sectional study. *J. Psychiatr. Res.* (2010) 44: 1214–1223.
  16. Bethlehem, R., Romero-Garcia, R., Mak, E., Bullmore, E. & Baron-Cohen, S. Structural covariance networks in children with autism or ADHD. *Cereb. Cortex* (2017) 27: 1–10.
  17. Christakou, A. et al. Disorder-specific functional abnormalities during sustained attention in youth with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and with Autism. *Mol. Psychiatry* (2013) 18: 236–244.
  18. Mills, B. et al. ADHD and attentional control: Impaired segregation of task positive and task negative brain networks. *Netw. Neurosci.* (2018) 2: 200–217.
  19. Lee, Y., Han, D., Lee, J. & Choi, T. The effects of methylphenidate on neural substrates associated with interference suppression in children with ADHD: A preliminary study using event related fMRI. *Psychiatry Investig.* (2010) 7: 49–54.
  20. Qiu, M. et al. Changes of Brain structure and function in ADHD children. *Brain Topogr.* (2011) 24: 243–252
  21. Fair, D. et al. Distinct neural signatures detected for ADHD subtypes after controlling for micro-movements in resting state functional connectivity MRI data. *Front. Syst. Neurosci.* (2013) 6: 1–31.
  22. Tang, C., Wei, Y., Zhao, J. & Nie, J. Different developmental pattern of brain activities in ADHD: A study of resting-state fMRI. *Dev. Neurosci.* (2018) 40: 246–257.
  23. Tomasi, D. & Volkow, N. Functional connectivity of substantia nigra and ventral tegmental area: Maturation during adolescence and effects of ADHD. *Cereb. Cortex* (2014) 24: 935–944.
  24. Ryan, M., Martin, R., Denckla, M., Mostofsk, S. & Mahone, M. Interstimulus jitter facilitates response control in children with ADHD. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* (2010) 16: 388–393.
  25. Russell-Chapin, L. et al. The effects of neurofeedback in the default mode network: Pilot study results of medicated children with ADHD. *J. Neurother.* (2013) 17: 35–42.
  26. Qian, A. et al. Dopamine D4 receptor gene associated with the frontal-striatal-cerebellar loop in children with ADHD: A resting-state fMRI study. *Neurosci. Bull.* (2018) 34, 497–506.
  27. Sun, Y., Zhao, L., Lan, Z., Jia, X. Z. & Xue, S. Differentiating boys with ADHD from those with typical development based on whole-brain functional connections using a machine learning

- approach. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* (2020). 16: 691–702.
28. Romano, L., Tang, X., Hietajärvi, L., Salmela-Aro, K. & Fiorilli, C. Students' trait emotional intelligence and perceived teacher emotional support in preventing burnout: The moderating role of academic anxiety. *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2020) 17: 1–15.

---

**Correspondencia a:**

Erwin Blanco-San Martín  
+56979171996  
eblanco@magisteredu.ucsc.cl