

scientific reports

- Artículo
- [Acceso abierto](#)
- Publicado:08 abril 2024

Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal (NVLD) a partir de la muestra ABCD

- [Ambra Coccaro](#) ,
- [María Banich](#) ,
- [Irene C. Mammarella](#) &
- [Mario Lioti](#)

[Informes Científicos](#) volumen 14 , Número de artículo: 8212 (2024) [Citar este artículo](#)

- **153** Accesos
- **2** altmétrico
- [Métricadetalles](#)

Abstracto

La discapacidad del aprendizaje no verbal (NVLD) es un trastorno del desarrollo neurológico caracterizado por déficits en el procesamiento de información visuoespacial pero con habilidades verbales apropiadas para la edad. Se ha planteado la hipótesis de que este perfil cognitivo está asociado con la sustancia blanca atípica, pero en la actualidad falta evidencia para esta hipótesis. Actualmente, la afección no se caracteriza dentro de los principales sistemas de diagnóstico, en parte porque no existe un conjunto claro de criterios para caracterizar el trastorno. Este informe es el primer intento de estimar la prevalencia de TANV, utilizando dos conjuntos de criterios de diagnóstico, en una gran muestra de más de 11.000 niños que fueron seleccionados sin tener en cuenta problemas de naturaleza específica, ya sea psicológico, neurológico, físico y/o social. Además, examinó la asociación entre el perfil de las capacidades cognitivas y aspectos de las medidas de

la sustancia blanca de todo el cerebro en niños con y sin síntomas asociados con TANNV. Los participantes procedieron del estudio Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD), un estudio longitudinal de 10 años de duración de 11.876 niños en los EE. UU. Los datos utilizados en el presente estudio se obtuvieron del punto de prueba inicial en el que los niños tenían entre 9 y 10 años. . Prevalencia de NVLD basada en dos conjuntos distintos de criterios, correlaciones entre las medidas utilizadas para crear los criterios, correlaciones entre medidas de criterios y medidas de integridad de la sustancia blanca. Los criterios cognitivos incluyeron medidas de procesamiento visoespacial, lectura, inteligencia y habilidades sociales. Al variar los límites aplicados a las habilidades sociales junto con las dificultades visoespaciales, las habilidades de lectura preservadas y las puntuaciones de inteligencia, calculamos la prevalencia para dos grupos de TANNV. Las características de la materia blanca fueron medidas de volumen, anisotropía fraccionaria y difusividad media. Según los criterios utilizados, la prevalencia estimada de TANNV varió del 1 al 8%. Además, los niños con NVLD mostraron una disociación entre medidas de procesamiento visoespacial que no se observó en niños sin NVLD. A nivel neurológico, los hallazgos proporcionan evidencia preliminar de asociaciones entre el perfil cognitivo de NVLD y anomalías en los tractos de sustancia blanca. El presente estudio documenta que existe, dentro de esta gran muestra no seleccionada, una proporción de jóvenes que muestran evidencia de NVLD. Ante esos resultados, parece fundamental establecer los mejores criterios diagnósticos para mejorar las opciones de tratamiento y la calidad de vida de los niños con este trastorno.

Introducción

El término discapacidad del aprendizaje no verbal (NVLD, por sus siglas en inglés) fue introducido por primera vez por Johnson y Myklebust en 1967 [1](#) : describieron a niños caracterizados por dificultades en el procesamiento de información en el dominio no verbal acompañadas de habilidades verbales preservadas. En los últimos años, varios investigadores han estudiado más profundamente a los niños con déficits en el procesamiento visoespacial y han examinado las posibles asociaciones con problemas de atención, habilidades motoras, académicas y sociales, en ausencia de síntomas neurológicos francos o de trastornos genéticos [2-4](#) . Hay evidencia que muestra que las dificultades en el procesamiento visoespacial interfieren con la calidad del funcionamiento social, escolar o vital del niño [5](#) . De hecho, aunque los déficits centrales se encuentran en el procesamiento visoespacial, los síntomas también pueden afectar el dominio social, especialmente en relación con el procesamiento no verbal [6](#) . En particular, los niños con TANNV muestran problemas más graves en el dominio visoespacial en comparación con los niños con trastorno del espectro autista (TEA) o trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) [2, 7](#) . Estos incluyen dificultades con la memoria de trabajo visoespacial [8, 9](#) , habilidades de organización espacial y comprensión de descripciones espaciales [10, 11](#) y habilidades de resolución de problemas no verbales [12](#) , todo dentro del contexto de habilidades lingüísticas preservadas.

A nivel clínico, a pesar de una mayor conciencia de las características de la ENIV derivada de los resultados de las investigaciones, actualmente no existen criterios de diagnóstico "oficiales" para la ENIV [13, 14](#) . A partir de una revisión de la literatura, Fisher et al. en 2022 [5](#) destacó que el criterio más común utilizado en el pasado para definir TANNV es una discrepancia entre la inteligencia verbal y visoespacial (10 o 15 puntos entre el CI verbal y el de desempeño) [13](#) . Sin embargo, este

criterio ha sido criticado por algunos investigadores [15](#) [16](#) , ya que no es raro encontrar tal discrepancia en niños neurotípicos [17](#) . Dado que *NVLD* se define por un deterioro en el funcionamiento cognitivo, más específicamente en el ámbito del procesamiento visuoespacial, se esperarían consecuencias generales heterogéneas para el rendimiento académico y las interacciones sociales. Por lo tanto, podría ser apropiado no utilizar las medidas sociales y de logro como criterio de diagnóstico. Obviamente, los criterios que se utilicen (una puntuación de discrepancia o simplemente el nivel de dificultades visuoespaciales) influirán en la estimación de la prevalencia real de *TANV* [18](#) . Estas consideraciones han inspirado la presente investigación con el objetivo de explorar las tasas de prevalencia de *TANV* en función de diferentes criterios para definir este trastorno.

A nivel neurológico, el perfil cognitivo observado en *NVLD* se ha explicado como resultado de un síndrome de "sustancia blanca" (término acuñado por Rourke en 1989) [19](#) , lo que indica que hay tractos de fibras largas mielinizadas de materia blanca dañados o disfuncionales en el cerebro [20](#) : Se ha planteado la hipótesis de que estas anomalías se localizan principalmente en el hemisferio derecho. Tanto los estudios en animales como en humanos apuntan hacia la importancia de la materia blanca intacta para el procesamiento espacial [21](#) [22](#) , pero no hay estudios en la literatura que vinculen específicamente la materia blanca con el perfil cognitivo de *TANV*, probablemente debido a la falta de criterios de diagnóstico compartidos, que a su vez dificulta encontrar tamaños de muestra adecuados para tales estudios.

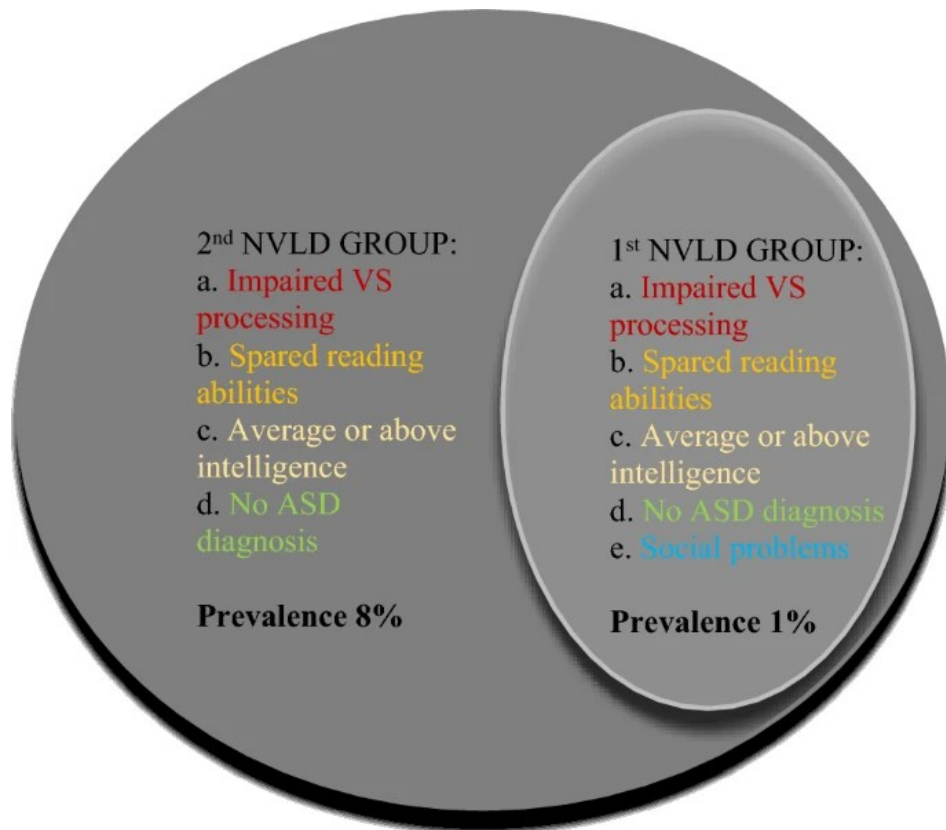
El estudio *Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD)* representa el mayor conjunto de datos disponible de niños (más de 11.000) evaluados entre 9 y 10 años, que formarán parte del proyecto hasta los 18 años. La base de datos *ABCD* ofrece a los investigadores una oportunidad sin precedentes para: (a) probar qué criterios y límites son más adecuados para identificar las características de *TANV*; y (b) investigar la contribución de la materia blanca al rendimiento en el dominio visuoespacial en niños con un perfil de *TANV* en comparación con un grupo de control de niños de la misma edad y, por tanto, en una etapa de desarrollo similar. Aunque no forma parte del presente informe, la naturaleza longitudinal del estudio *ABCD* permitirá a los investigadores seguir la trayectoria de desarrollo de esta población y confirmar o modificar aún más los mejores criterios para identificar *NVLD*.

El estudio presente

Dadas las consideraciones anteriores, el primer objetivo de la presente investigación fue estimar la prevalencia de los síntomas asociados con un perfil de *TANV* y probar diferentes criterios para investigar cuáles son más informativos al describir la población de interés. Sorprendentemente, considerando que la primera conceptualización de *TANV* se hizo hace más de 50 años, sólo unos pocos estudios han intentado estimar su prevalencia. Además, generalmente se basan en tamaños de muestra pequeños [5](#) , en muestras no representativas en términos de características demográficas y, a menudo, se extrajeron de poblaciones con trastornos del aprendizaje (*TA*) en general [5](#) (pero véase [23](#)). Una gran ventaja de la presente investigación, en comparación con la muestra extraída por la comunidad de Margolis et al. [23](#) , es que el tamaño de la muestra es mayor, tiene una amplia representación de los EE. UU. en términos demográficos, como

antecedentes socioeconómicos y étnicos, y no involucra a niños/adolescentes con problemas seleccionados de naturaleza específica, ya sea psicológica, neurológica, física y /o sociales. Por estas razones, la presente investigación puede producir una estimación más precisa de la prevalencia de NVLD.

El objetivo principal de la presente investigación fue estimar la prevalencia del perfil cognitivo asociado con TANV siguiendo dos conjuntos de criterios diferentes. Los requisitos generales para la inclusión como TANV fueron la presencia de déficits de procesamiento visoespacial (igual o inferior al percentil 16), decodificación de lectura conservada (por encima del percentil 25), inteligencia total o cristalizada intacta (promedio o superior al promedio) y ausencia de síntomas del Trastorno del Espectro Autista (TEA). Un criterio adicional permitió distinguir dos grupos candidatos de NVLD, uno con problemas sociales y el otro sin ellos. Más detalladamente, (1) el primer grupo se caracterizó por habilidades sociales superiores al percentil 85 (con deterioro social), mientras que (2) el segundo grupo TANV se estimó sin utilizar el deterioro social como criterio. Consulte los criterios que definen los dos grupos de NVLD en la Fig. 1 y la Tabla 2.



Representación de los grupos TANV, los criterios cognitivos, la prevalencia estimada y la relación entre subgrupos [VS visoespacial, TEA Trastorno del espectro autista].

La razón para estimar la prevalencia de TANV en la muestra ABCD con y sin tener en cuenta los problemas sociales es que la comunidad científica todavía está debatiendo sobre la inclusión de este dominio como criterio, con inconsistencias en cuanto a la inclusión de los problemas sociales como criterio definitorio. para NVLD [13](#) debido principalmente a la dificultad para comprender las características principales de NVLD. Además, evidencias recientes respaldan un papel causal del déficit central en el dominio visuoespacial a la hora de explicar las dificultades sociales [5](#). Otra consideración es que tener estos dos grupos de NVLD representa una posibilidad para que futuras investigaciones tengan un conjunto comparable de criterios hasta que se alcance un consenso sobre los criterios de diagnóstico.

El segundo objetivo del estudio fue investigar cómo las medidas de procesamiento visuoespacial se correlacionan entre sí y con otros criterios utilizados para definir un perfil de TANV, en la muestra ABCD en su conjunto y también en los dos grupos de TANV identificados. El objetivo era determinar si las capacidades visoespaciales parecen cohesionarse o disociarse de diferentes maneras en las dos muestras. Además, medimos la sensibilidad y especificidad de las tareas visoespaciales utilizadas para identificar el déficit en el dominio de interés con el fin de proporcionar una estimación de qué tarea tiene el potencial de convertirse en una herramienta de diagnóstico.

El objetivo final de la investigación fue arrojar más luz sobre los fundamentos neurobiológicos de NVLD al examinar si existen diferencias en la relación entre las medidas de materia blanca y el rendimiento visuoespacial en niños con y sin un perfil de NVLD. Este esfuerzo puede ser fundamental para identificar características conductuales y neurobiológicas únicas de NVLD que pueden ayudar a comprender la etiología del trastorno, así como con respecto a consideraciones clínicamente relevantes, como el diagnóstico y la implementación de intervenciones efectivas. Para obtener más información sobre el perfil NVLD, también se aplicó un análisis de correlación entre las medidas de materia blanca y el desempeño en los otros criterios, es decir, habilidades de lectura, habilidades sociales, inteligencia fluida, cristalizada y total.

Métodos

Muestra

El conjunto de datos ABCD (versión 3.0; <https://abcdstudy.org/>) incluye 11.878 niños de entre 9 y 10 años. Se trata de un conjunto de datos longitudinales de 10 años que se recopilan en 21 sitios en todo Estados Unidos. Los detalles completos del reclutamiento se describen en [24](#). Vale la pena mencionar que los participantes procedían de una amplia gama de entornos geográficos, socioeconómicos, étnicos y de salud que en general eran similares a los de la población estadounidense de 9 a 10 años en el momento inicial del estudio [25](#) [26](#).

Se obtuvo la aprobación de la junta de revisión institucional para cada sitio antes de la recopilación de datos y todos los padres proporcionaron su consentimiento informado por escrito además del consentimiento de los niños participantes.

Medidas conductuales para la estimación de la prevalencia.

La siguiente tabla (Tabla [1](#)) presenta las tareas utilizadas como criterio en las áreas de procesamiento visoespacial, inteligencia, lectura y habilidades sociales.

Tabla 1 Dominios, tareas y procesos cognitivos examinados en el presente estudio.

Tabla 1 Dominios, tareas y procesos cognitivos examinados en el presente estudio.

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

Dominio	Tarea	Proceso cognitivo
visuoespacial	Hombrecito	Rotación mental 27
	Razonamiento matricial (WISC-V)	Procesamiento visual, percepción abstracta y espacial 28
	0-atrás	Memoria/reconocimiento de estímulos visuoespaciales (rostros y lugares). Consulte 29 para obtener una descripción detallada.
Inteligencia cristalizada	Vocabulario de imágenes	Habilidades lingüísticas e inteligencia verbal. Consulte 30 para obtener una descripción detallada.
	reconocimiento de lectura oral	Leer palabras sueltas 31
	Velocidad de procesamiento de comparación de patrones	Procesamiento visual rápido 32

1.

Inteligencia fluida	Memoria de trabajo de clasificación de listas	Memoria de trabajo para estímulos secuenciales 33
	Memoria de secuencia de imágenes	Memoria episódica 34
	Flanqueador	Flexibilidad cognitiva (una variante de 35)
	Tipo de tarjeta de cambio dimensional	Habilidades de monitoreo de conflictos 36
Lectura	Reconocimiento de lectura oral ^b	Leer palabras sueltas 31
Social	Lista de verificación de comportamiento infantil (CBCL)-Escala social ^c	Problemas sociales 37

Cada fila representa el dominio con la prueba cognitiva asociada y los procesos cognitivos medidos, utilizados como criterio para identificar cada grupo de TANV.

- ^a Estas puntuaciones se derivan de NIH Toolbox Cognition Battery, que ha sido validada por Heaton et al. [38](#) y Akshoomoff et al. [39](#) como medio para medir la inteligencia. Todas las puntuaciones compuestas de inteligencia se calcularon promediando las puntuaciones escaladas normalizadas para las medidas de prueba relevantes (es decir, dos para las compuestas de inteligencia cristalizada, cinco para la fluida y siete para la inteligencia total) y se extrajeron del DEAP (exploración y análisis de datos). Portal ofrecido por el consorcio ABCD.
- ^b La tarea de lectura (que es una de las dos pruebas de inteligencia cristalizada) también se utilizó como criterio independiente porque exige menos habilidades visoespaciales en comparación con el vocabulario ilustrado.
- ^c Los problemas sociales se evaluaron a través de la Lista de Comportamiento Infantil (CBCL), también conocida como Sistema Achenbach de Evaluación Empírica [37](#) , que es el único cuestionario utilizado como criterio. Consta de 113 ítems que miden diferentes características de comportamiento del niño en los últimos 6 meses, como "actúa

demasiado joven", "demasiado dependiente", "no se lleva bien con sus compañeros". Nos centramos únicamente en la escala del problema social, midiendo las competencias sociales del niño en varios contextos.

De un cuestionario de autoinforme de los padres, hemos extraído la información sobre el diagnóstico de TEA.

La elección de incluir las tres tareas visoespaciales se tomó porque: (a) no se conocen índices de diagnóstico para medir el déficit central de TAN(V); (b) la comunidad científica aún no ha evaluado si el déficit visoespacial se debe simplemente a la naturaleza del material presentado, que implica así el procesamiento perceptivo (medido mediante la prueba de razonamiento matricial), o al reconocimiento de una función visoespacial estímulo (medido por el O-back), o la manipulación del mismo (tarea del hombrecito).

El límite (percentil 16 y 85) aplicado al dominio visoespacial y social para identificar los déficits se basó tanto en prácticas clínicas [39](#) como en investigaciones [23](#) [40](#). En cambio, el razonamiento detrás de la elección de los límites aplicados a la lectura (percentil 25) y la inteligencia (percentil 50) se basó en la evidencia de que los niños con TAN(V) tienen buenas habilidades de lectura [13](#) y una inteligencia total y cristalizada promedio o superior al promedio [13](#).

Imagen de resonancia magnética

Las medidas de resonancia magnética estructural utilizadas en el presente estudio fueron las siguientes: una métrica de resonancia magnética anatómica, volumen de sustancia blanca (WM) y dos métricas de resonancia magnética de difusión: anisotropía fraccional (FA) y difusividad media (DM). El volumen WM representa el volumen en mm³. La FA mide la direccionalidad de la difusión del agua dentro del tejido cerebral, que es mayor en los tractos organizados de la WM. MD se refiere a la magnitud rotacionalmente invariante de la difusión en el cerebro y su aumento a menudo se informa en caso de enfermedad [41](#), lo que indica que los procesos patológicos han afectado la estructura de la materia blanca y, a su vez, el movimiento del agua. Las medidas de resonancia magnética anatómica y de difusión se obtuvieron para cada hemisferio por separado. Para obtener una descripción detallada de los enfoques analíticos aplicados a los datos de resonancia magnética, consulte [26](#).

Análisis de los datos

El estudio tuvo como objetivo estimar la prevalencia de los síntomas asociados con un perfil de \mathcal{NVLD} y explorar más a fondo sus correlatos neurobiológicos. En primer lugar, fijamos los criterios e identificamos dos grupos diferentes de \mathcal{TANV} que se diferenciaban por los puntos de corte relacionados con los problemas sociales, manteniendo constantes los criterios aplicados al procesamiento visuoespacial, la lectura, la inteligencia y la exclusión de niños con diagnóstico de \mathcal{TEA} . El ^{primer} grupo de \mathcal{NVLD} se estimó con respecto a los problemas sociales, mientras que el segundo grupo de \mathcal{NVLD} se calculó sin tener en cuenta los problemas sociales.

Luego realizamos tres conjuntos de correlaciones bivariadas en las diversas medidas: el primero examinó las asociaciones de puntuaciones entre los diferentes criterios de comportamiento y el segundo examinó las asociaciones entre el rendimiento visuoespacial y las medidas de materia blanca. El tercer análisis correlacional se aplicó entre las medidas de materia blanca y los otros criterios utilizados para estimar la prevalencia de \mathcal{TANV} (habilidades de lectura, habilidades sociales, inteligencia fluida, cristalizada y total). Se hizo una comparación entre cada correlación observada para el grupo \mathcal{NVLD} con la del \mathcal{ABCD} completo aplicando una prueba Z (Ec. 1) de la diferencia de las correlaciones transformadas Z de Fisher dividida por el error estándar de la diferencia. Para tamaños de muestra de n y n_2 , encontramos la z de la diferencia entre las correlaciones transformadas z dividida por el error estándar de la diferencia de dos puntuaciones z :

$$Z_{\text{Observed}} = (z_1 - z_2) / \sqrt{\frac{1}{n-3} + \frac{1}{n_2-3}} \quad (1)$$

El último conjunto de análisis incluyó la estimación de sensibilidad y especificidad que en entornos clínicos se utiliza para estimar la capacidad de una prueba para designar individuos con una enfermedad como positivos (sensibilidad) y aquellos sin enfermedad como negativos (especificidad). Este análisis se realizó para investigar si existen diferencias en la sensibilidad y la especificidad de las tres tareas visuoespaciales. La sensibilidad se calcula dividiendo el número de verdaderos positivos estimados (individuos que resultan ser \mathcal{NVLD} simplemente en función de la puntuación de la tarea considerada) y los verdaderos positivos (número de individuos con el perfil \mathcal{NVLD}). La especificidad se calcula dividiendo el verdadero negativo estimado (individuo sin un perfil de \mathcal{NVLD} según lo definido por la puntuación en la tarea específica considerada) y el verdadero negativo (número de individuos sin un perfil de \mathcal{NVLD}). Este enfoque se aplicó sólo al grupo \mathcal{NVLD} sin tener en cuenta los problemas sociales (segundo grupo), ya que contiene también la muestra identificada en el grupo con respecto a los problemas sociales (primer grupo). Este análisis se realizó con el paquete [caret 4.2](#), específicamente con las funciones denominadas sensibilidad y especificidad.

El análisis de los datos se realizó en \mathcal{R} (v 4.1.0).

Resultados

Prevalencia del perfil NVLD en la muestra ABCD

La presente investigación utilizó dos conjuntos diferentes de criterios (para las puntuaciones correspondientes a los percentiles utilizados, consulte [S1](#) en Materiales complementarios) para definir grupos de niños que presentan síntomas asociados con el perfil NVLD, como se muestra en la [Tabla 2](#).

Tabla 2 Límites aplicados a cada dominio utilizado como criterio para identificar grupos de TANV.

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

Grupo	visuoespacial	Lectura	Inteligencia	Social	TEA
1.er grupo TANV con problemas sociales e inteligencia media o superior	≤ percentil 16 en cualquiera de las siguientes tareas: Little Man, razonamiento matricial o 0-back	≥ percentil 25 en habilidades de lectura de palabras, según lo medido mediante una tarea de reconocimiento de lectura oral	≥ percentil 50 en inteligencia total o cristalizada ^a	≥ percentil 85 en la subescala social de la Lista de verificación de conducta infantil	Sin diagnóstico de trastorno del espectro autista
2.º grupo NVLD sin tener en cuenta los problemas sociales y la inteligencia media o superior	≤ percentil 16 en cualquiera de las siguientes tareas: Little Man, razonamiento matricial o 0-back	≥ percentil 25 en habilidades de lectura de palabras, según lo medido mediante una tarea de reconocimiento de lectura oral	≥ percentil 50 en inteligencia total o cristalizada ^a	No considerado como criterio.	Sin diagnóstico de trastorno del espectro autista

^a La inteligencia total es una puntuación compuesta basada en la cristalizada (medida con una prueba de vocabulario en imágenes y una prueba de reconocimiento de lectura oral) y fluida (incluidas las puntuaciones en la prueba de velocidad de procesamiento de comparación de patrones, la prueba de memoria de trabajo de clasificación de listas, la prueba de memoria de secuencia de imágenes, la tarea Flanker). y la tarea de clasificación de tarjetas de cambio dimensional).

Siguiendo estos diferentes conjuntos de criterios, los tamaños de muestra estimados de los dos grupos (Fig. [1](#)) fueron:

Grupo 1: 144 niños (1,21%),

Grupo 2: 977 niños (8,23%).

Datos de comportamiento

Correlaciones

El segundo objetivo de la presente investigación fue investigar cómo las medidas de procesamiento visuoespacial se correlacionaban entre sí y con otros criterios utilizados para seleccionar el perfil de TAV, en toda la población y en los dos grupos de TAV identificados (Tabla [3](#)).

Tabla 3 Las correlaciones bivariadas entre las medidas de criterios utilizadas para estimar los síntomas de TANV junto con el componente líquido de.

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

A								
Prueba de razonamiento matricial	0,45***	0,40***	0,34***	- 0,12***	0,33***	0,27***	0,28***	
tarea del hombrecito	0,38***	0,31***	0,33***	- 0,12***	0,30***	0,22***		
0-Tarea de espalda	0,37***	0,33***	0,30***	- 0,12***	0,27***			
prueba de lectura	0,74***	0,88***	0,35***	- 0,12***				
Problema social (CBCL)	- 0,17***	- 0,13***	- 0,16***					
Inteligencia fluida	0,83***	0,40***						

Inteligencia cristalizada	0,85***							
Inteligencia total								
	Inteligencia total	Inteligencia cristalizada	Inteligencia fluida	Problema social (CBCL)	prueba de lectura	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial
B								
Prueba de razonamiento matricial	0,28**	0,26**	0,17	0,01	0,17	0,03	- 0,20*	
tarea del hombrecito	- 0,11	- 0,08	- 0,08	- 0,08	- 0,04	- 0,18*		***
0-Tarea de espalda	0,02	0,04	0,00	- 0,01	0,03		***	**
prueba de lectura	0,45***	0,74***	0,06	- 0,13		***	***	*
Problema social (CBCL)	- 0,23**	- 0,18*	- 0,18*					

Inteligencia fluida	0,84***	0,11					***	
Inteligencia cristalizada	0,63***		***				***	
Inteligencia total							***	
	Inteligencia total	Inteligencia cristalizada	Inteligencia fluida	Problema social (CBCL)	prueba de lectura	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial
C								
Prueba de razonamiento matricial	0,19***	0,17***	0,11***	- 0,04	0,10**	- 0,07*	- 0,24***	
tarea del hombrecito	0,06	- 0,00	0,07*	- 0,07*	0,05	- 0,19***		***
0-Tarea de espalda	0,12***	0,05	0,12***	0,00	- 0,03		***	***
prueba de lectura	0,48***	0,77***	0,02	- 0,07*		***	***	***

prueba de lectura	0,48***	0,77***	0,02	- 0,07*		***	***	***
Problema social (CBCL)	- 0,08*	- 0,07*	- 0,05					*
Inteligencia fluida	0,80***	0,02					***	
Inteligencia cristalizada	0,62***		***				***	
Inteligencia total							***	
	Inteligencia total	Inteligencia cristalizada	Inteligencia fluida	Problema social (CBCL)	prueba de lectura	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial

En el triángulo superior, están los coeficientes de correlación y los valores p asociados, mientras que el triángulo inferior muestra el valor p significativo del resultado de las pruebas z que comparan la muestra completa con cada grupo. El panel A incluye toda la muestra ABCD; El Panel B presenta el perfil NVLD con problemas sociales y los criterios más restringidos en habilidades lectoras e inteligencia; El panel C corresponde al grupo NVLD sin tener en cuenta los problemas sociales como criterio, pero con el límite más estricto para las habilidades de lectura y la inteligencia.

*p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

La principal característica que diferenció a los grupos de NVLD de toda la muestra fue una correlación negativa entre la tarea de rotación mental y las otras dos tareas visoespaciales, es decir, el razonamiento matricial y el 0-back. Por el contrario, en toda la muestra ABCD fue evidente una correlación positiva significativa entre estas dos tareas y la tarea de rotación mental, consistente con la idea de que miden procesos subyacentes similares relacionados con el dominio visoespacial. El grupo NVLD sin tener en cuenta los problemas sociales también se caracterizó por una correlación negativa significativa entre el desempeño en la tarea 0-back y las puntuaciones en la prueba de razonamiento matricial que no estaba presente en toda la muestra ABCD. Además, los dos grupos de NVLD presentaron correlaciones significativamente diferentes entre las puntuaciones de las tareas visoespaciales en comparación con la muestra completa (como se muestra en el triángulo inferior de la Tabla 3; consulte S2 en Materiales complementarios).

Las correlaciones positivas entre las habilidades de lectura y la prueba de razonamiento matricial fueron significativas en el grupo NVLD sin tener en cuenta los problemas sociales (grupo 2), imitando los resultados en la muestra general ABCD. Los resultados de las pruebas Z resaltaron que los dos grupos de NVLD tenían

correlaciones significativamente diferentes entre la lectura y las habilidades visuoespaciales en comparación con toda la población ABCD (consulte [S2](#) en Materiales complementarios para obtener detalles sobre estadísticas).

La escala sobre problemas sociales extraída del CBCL (cuanto mayor es la puntuación, más pronunciados son los problemas sociales) era la única medida que se esperaba que siempre estuviera correlacionada negativamente con todas las demás puntuaciones. Esto fue válido para toda la muestra ABCD. Mientras que en el grupo TANV sin tener en cuenta los problemas sociales (grupo 2) encontramos una correlación negativa significativa entre los problemas sociales y las puntuaciones en la tarea de rotación mental, esto no se encontró en el otro grupo TANV en el que utilizamos como criterio los problemas sociales. en la subescala social del CBCL. Lo peculiar del grupo 2 fueron las correlaciones entre las habilidades visuoespaciales (medidas mediante una prueba de razonamiento matricial y una tarea de 0-back) y los problemas sociales, que fueron significativamente diferentes de toda la muestra (consulte [S2](#) en Materiales complementarios para estadísticas).

Hubo una correlación positiva entre las puntuaciones en razonamiento matricial y la inteligencia total/cristalizada en los tres grupos de NVLD. Además, en el grupo 2 hubo una correlación positiva significativa entre el componente fluido y el razonamiento matricial, y entre la inteligencia total y el desempeño en la tarea de 0-back. Además, el mismo grupo TANV sin tener en cuenta los problemas sociales (grupo 2) presentó también una correlación positiva entre puntuaciones de 0 e inteligencia fluida, y entre la tarea de rotación mental y la inteligencia fluida. Los resultados de las pruebas Z indicaron que las correlaciones entre el desempeño en la tarea del hombrecito y ambos componentes de la inteligencia (además de la puntuación total de inteligencia) fueron significativamente diferentes entre los grupos NVLD y toda la muestra ABCD (consulte [S2](#) en Materiales complementarios para estadísticas).

Finalmente, se encontró un resultado inesperado con respecto a la correlación entre los dos componentes de la inteligencia dentro de los grupos NVLD. Resultó que en los dos grupos de NVLD, los dos componentes de la inteligencia no se correlacionaban entre sí (consulte [S3](#) en Materiales complementarios para estadísticas).

Sensibilidad y especificidad de las medidas visuoespaciales.

Se calculó la sensibilidad y especificidad para todas las tareas visuoespaciales consideradas como criterio y en la siguiente tabla (Tabla [4](#)) se muestra el resultado del análisis. Estos resultados se presentan como porcentaje de muestra correctamente identificada con un perfil NVLD (sensibilidad) y porcentaje de muestra correctamente identificada sin perfil NVLD (especificidad).

Tabla 4 Sensibilidad y especificidad de las tareas visoespaciales.

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Hombrecito	59	80
Razonamiento matricial	53	80
0-atrás	36	81

La tabla presenta el resultado del análisis del hombrecito, razonamiento matricial y 0-back.

El análisis destaca que la sensibilidad de la tarea del hombrecito es mayor que la del razonamiento matricial y la tarea 0-back, mientras que todas ellas tienen una especificidad comparable (alrededor del 80%).

Correlaciones entre materia blanca y rendimiento visoespacial.

Este conjunto de análisis correlacionales se realizó sobre medidas de materia blanca y desempeño en tareas visoespaciales (Tabla 5).

Tabla 5 Correlaciones bivariadas entre medidas de sustancia blanca y habilidades visoespaciales en los diferentes grupos.

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

A									
Prueba de razonamiento matricial	0,11***	0,11***	- 0,00	- 0,01	0,02*	0,02	0,27***	0,28***	
tarea del hombrecito	0,17***	0,17***	- 0,06***	- 0,06***	0,06***	0,06***	0,22***		
0-Tarea de espalda	0,13***	0,13***	- 0,01	- 0,01	0,06***	0,06***			
FA LH	0,08***	0,08***	- 0,37***	- 0,41***	0,93***				
FA RH	0,07***	0,07***	- 0,40***	- 0,41***					

MD LH	0,06***	0,07***	0,93***						
MD RH	0,07***	0,07***							
Volumen WM LH	0,99***								
Volumen WM HR									
	Volumen WM HR	Volumen WM LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial
B									
Prueba de razonamiento matricial	0,04	0,03	- 0,03	- 0,04	0,06	0,03	0,03	- 0,20*	
tarea del hombrecito	0,07	0,07	- 0,18*	- 0,10	- 0,13	0,09	- 0,18*		
0-Tarea de espalda	- 0,12	- 0,12	0,03	0,00	- 0,03	- 0,04			

FA LH	0,08***	0,08***	- 0,37***	- 0,41***	0,93***				
FA RH	0,07***	0,07***	- 0,40***	- 0,41***					
MD LH	0,06***	0,07***	0,93***						
MD RH	0,07***	0,07***							
Volumen WM LH	0,99***								
Volumen WM HR									
	Volumen WM HR	Volumen WM LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial
B									
Prueba de razonamiento matricial	0,04	0,03	- 0,03	- 0,04	0,06	0,03	0,03	- 0,20*	

tarea del hombrecito	0,07	0,07	- 0,18*	- 0,10	- 0,13	0,09	- 0,18*		
0-Tarea de espalda	- 0,12	- 0,12	0,03	0,00	- 0,03	- 0,04			
FA LH	0,19*	0,19*	- 0,51***	- 0,58***	0,93***				
FA RH	0,17	0,16	- 0,52***	- 0,55***					
MD LH	0,02	0,01	0,93***						
MD RH	0,01	0,00							
Volumen WM LH	1,00***						**		
Volumen WM HR							**		
	Volumen WM HR	Volumen WM LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial

Volumen WM HR							**		
	Volumen WM HR	Volumen WM LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial
C									
Prueba de razonamiento matricial	0,01	0,01	0,01	- 0,02	- 0,02	- 0,01	- 0,07*	- 0,24***	
tarea del hombrecito	0,06	0,05	- 0,05	- 0,03	0,02	0,01	- 0,19***		
0-Tarea de espalda	- 0,02	- 0,02	- 0,04	- 0,03	0,06	0,07			
FA LH	0,07*	0,07	- 0,40***	- 0,45***	0,92***				
FA RH	0,05	0,05	- 0,43***	- 0,43***					
MD LH	0,09**	0,10**	0,91***						

MD LH	0,09**	0,10**	0,91***						
MD RH	0,10**	0,11**							
Volumen WM LH	1,00***						***	***	*
Volumen WM HR							***	**	**
	Volumen WM HR	Volumen WM LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH	0-Tarea de espalda	tarea del hombrecito	Prueba de razonamiento matricial

El triángulo superior muestra los coeficientes de correlación y los valores p asociados, mientras que el triángulo inferior muestra el valor p del resultado de las pruebas z que comparan la muestra completa con cada grupo cuando es significativo. El panel A presenta la matriz de correlación entre el desempeño cognitivo y las medidas de materia blanca dentro de toda la muestra ABCD. Los paneles B y C corresponden a los grupos NVLD 1 y 2 respectivamente [anisotropía fraccional *FA* , difusividad media *MD* , volumen de materia blanca *vol WM*].

*p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001.

En toda la muestra ABCD, se encontró una correlación positiva significativa entre el procesamiento visoespacial, medido por la tarea Little Man y la tarea 0-back, y dos índices de materia blanca: volumen y anisotropía fraccional de ambos hemisferios. En cambio, se encontró una correlación negativa entre la DM y el desempeño en la tarea del Hombrecito. Se encontró que la puntuación en la prueba de razonamiento matricial estaba correlacionada positivamente con el volumen de materia blanca en ambos hemisferios y con la anisotropía fraccional de la materia blanca en el hemisferio derecho.

Para el grupo 1 de NVLD, el rendimiento en la tarea Little Man se correlacionó negativamente con la difusividad media de la sustancia blanca en el hemisferio derecho. Por el contrario, no se encontraron correlaciones significativas para el grupo 2 de TANV.

Un resultado consistente encontrado en el grupo 2 fue entre el volumen de WM en ambos hemisferios y el rendimiento en las tres tareas visoespaciales: las pruebas Z indicaron correlaciones significativamente diferentes en el grupo NVLD en comparación con la muestra ABCD. Para los grupos 1 con el criterio

social pero solo para una tarea visuoespacial específica, esa es la tarea 0-back. Consulte los materiales complementarios para conocer los resultados de la prueba Z: [S3](#) y [S4](#) respectivamente para los hemisferios derecho e izquierdo.

Correlaciones entre materia blanca y otros criterios cognitivos: lectura, inteligencia y problemas sociales

Para obtener más información sobre el perfil de NVLD y sus diferencias en comparación con la muestra totalmente ABCD, se aplicó un análisis correlacional entre las medidas de materia blanca y los otros criterios utilizados para estimar la prevalencia de NVLD: habilidades de lectura, habilidades sociales, fluidas, cristalizadas, e inteligencia total. Los resultados se muestran en la Tabla [6](#).

criterios utilizados para identificar grupos de TANV: lectura, problemas sociales, inteligencia (fluida, cristalizada y total).

De: [Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal \(NVLD\) a partir de la muestra ABCD](#)

A						
Reading test	0.16 ***	0.16 ***	0.02	0.03 **	-0.02 *	-0.02 *
Social Problem (CBCL)	-0.03 *	-0.03 *	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02
Fluid Intelligence	0.11 ***	0.11 ***	-0.04 ***	-0.04 ***	0.04 ***	0.05 ***
Crystallized Intelligence	0.21 ***	0.21 ***	0.03 **	0.04 ***	-0.00	-0.00
Total Intelligence	0.19 ***	0.19 ***	-0.00	0.00	0.02 *	0.03 *
	WM vol RH	WM vol LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH

B						
Reading test	0.04	0.05	0.05	0.02	0.02	-0.03
Social Problem (CBCL)	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.03	-0.01
Fluid Intelligence	0.04	0.04	-0.09	-0.08	-0.08	-0.02
Crystallized Intelligence	0.07	0.07	0.02	0.03	0.02	-0.02
Total Intelligence	0.08	0.07	-0.06	-0.05	-0.05	-0.02
	WM vol RH	WM vol LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH

C						

Social Problem (CBCL)	-0.04	-0.05	-0.04	-0.06 *	0.04	0.02
Fluid Intelligence	-0.00 ***	-0.00 ***	-0.07 *	-0.08 *	0.00	0.02
Crystallized Intelligence	0.08 * ***	0.08 * ***	-0.06	-0.07 *	-0.03	-0.02
Total Intelligence	0.05 ***	0.05 ***	-0.01	-0.02	-0.04	-0.03
	WM vol RH	WM vol LH	MD RH	MD LH	FA RH	FA LH

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

1. El asterisco negro indica una correlación estadísticamente significativa, mientras que el asterisco rojo indica que el resultado de las pruebas z que comparan la muestra completa con cada grupo es significativo. El panel A presenta la matriz de correlación entre el desempeño cognitivo y las medidas de materia blanca dentro de toda la muestra ABCD. Los paneles B y C corresponden a los grupos NVLD 1 y 2 respectivamente [anisotropía fraccional *FA* , difusividad media *MD* , volumen de materia blanca vol *WM*].
2. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

[Volver](#)

En comparación con toda la muestra ABCD, sólo el grupo 2, sin tener en cuenta los problemas sociales, mostró una correlación significativamente diferente entre el volumen de ambos hemisferios y todos los índices cognitivos, excepto los problemas sociales. Además, el grupo 2 de NVLD y la muestra totalmente ABCD mostraron una correlación diferente entre los problemas sociales y la difusividad media del hemisferio izquierdo. Consulte los materiales complementarios para conocer los resultados de la prueba Z: [S5](#) y [S6](#) respectivamente para los hemisferios derecho e izquierdo.

Discusión

Prevalencia del perfil NVLD

El primer objetivo de la presente investigación fue estimar la prevalencia del perfil NVLD en una muestra grande y diversa de 11.876 niños norteamericanos de entre 9 y 10 años. Nuestro enfoque múltiple que utiliza dos conjuntos de criterios nos permitió identificar dos grupos compuestos por el 1,21% y el 8,23% de la muestra total de ABCD, respectivamente. Por lo tanto, podemos estimar en términos generales que entre 240.000 y 1,9 millones de niños presentan síntomas asociados con NVLD (entre 24,5 millones de niños de 6 a 11 años estimados en 2019 por la Oficina del Censo de EE. UU.).

Dado que el grupo 1 tenía criterios muy estrictos tanto para la inteligencia/lectura como para los problemas sociales, es probable que no incluyera a todos los niños que presentaban los síntomas generales asociados con TANV. Por ejemplo, de la literatura se desprende que los problemas sociales son muy variables y no siempre presentes o evidentes, y posiblemente no sean específicos de TANV. De hecho, si bien se ha descubierto que la TANV se asocia con un mayor riesgo de psicopatología internalizada [43](#), otro estudio encontró que la TANV no estaba relacionada con los niveles de psicopatología internalizada según lo calificaron los padres [44](#). Además, dos revisiones exhaustivas [45](#) [46](#) de la literatura destacaron que los resultados sobre el funcionamiento socioemocional en niños con TANV han sido inconsistentes.

Respecto al grupo 2, puede representar la mejor definición de TANV ya que es el que mejor describe esta condición del neurodesarrollo, es decir, niños con déficit en el procesamiento visuoespacial, inteligencia verbal y capacidad de lectura preservadas, y sin diagnóstico de TEA. La estimación de la prevalencia encontrada en aproximadamente el 8% duplica la encontrada en Margolis et al. (3-4%) [23](#).

Esta diferencia entre la tasa de prevalencia en el estudio actual y la de Margolis et al. [23](#), podría deberse a varios factores. Primero, utilizamos criterios consistentes en toda la muestra, mientras que Margolis et al. utilizaron varias muestras y medidas debido a la participación de 3 conjuntos de datos diferentes [23](#). Además, para que nuestra estimación no se base en la puntuación de tareas individuales, también utilizamos puntuaciones compuestas para medir la inteligencia, que son medidas más completas de los procesos cognitivos subyacentes. En segundo lugar, Margolis et al. Empleamos la

discrepancia entre medidas verbales y visoespaciales, mientras que decidimos no incluirla ya que este enfoque ha sido criticado [15](#)·[16](#) y podría influir en la estimación de la prevalencia [18](#) . En tercer lugar, incluso considerando que Margolis et al. Utilizamos ponderaciones de factores de inflación para dar cuenta de la sobrerrepresentación de los trastornos psiquiátricos en su muestra, nuestra estimación se realizó en el conjunto de datos ABCD que no solo involucró principalmente a niños neurotípicos sino que está compuesto por una muestra que es más representativa de toda la población en términos de ubicación geográfica. , orígenes socioeconómicos y étnicos que el de Margolis et al. Finalmente, el tamaño de la muestra del conjunto de datos ABCD es considerablemente mayor que el de Margolis et al. (11 878 frente a 2 596).

Perfil cognitivo de NVLD

Dominios sociales y visoespaciales

La inclusión de problemas sociales como criterio para estimar la prevalencia de TANV parece identificar una porción restringida de niños con déficits en habilidades no verbales. En contraste con el modelo cognitivo de Rourke sobre NVLD [19](#) , investigaciones recientes resaltaron que los problemas sociales, aunque no son una característica principal, aún pueden estar asociados con el trastorno [13](#) . Sin embargo, no encontramos resultados consistentes sobre el vínculo entre las habilidades visoespaciales y los problemas sociales, lo que posiblemente indique que no existe una asociación estrecha entre ambos en niños con TANV, incluso si los problemas sociales se utilizan como criterio. Por esta razón, creemos que el criterio de corte del segundo grupo capta mejor el grupo clínico de interés, ya que los problemas sociales no siempre están presentes y los umbrales impuestos a la inteligencia, la lectura y las habilidades visoespaciales probablemente revelen las dificultades reales que enfrentan. que debe afrontar un niño con TANV.

Entre los grupos identificados que presentan los principales síntomas asociados con NVLD, encontramos un resultado interesante que debe tenerse en cuenta al medir el desempeño en el dominio visoespacial. La realización de una tarea estrictamente visoespacial que implique manipulación activa de información, como en el pequeño test, debe emplearse junto con otras tareas visoespaciales. De hecho, sólo los grupos NVLD mostraron una correlación negativa entre el

desempeño en la tarea del hombrecito y las otras dos pruebas visuoespaciales, es decir, razonamiento matricial y tareas de 0-back. Una posible explicación es que los niños con TANV pueden intentar compensar sus déficits visuoespaciales con sus capacidades de razonamiento verbal intactas. Es probable que dicha compensación funcione mejor para el razonamiento matricial y la tarea 0-back, que implican principalmente razonamiento abstracto, memoria y atención, que para la tarea del hombrecito, que probablemente se basa en estrategias estrictamente relacionadas con el dominio visuoespacial [47](#)·[48](#) . Además, en los grupos NVLD, la inteligencia se correlaciona con el desempeño visuoespacial en todas las tareas visuoespaciales excepto en la tarea del hombrecito, lo que posiblemente indica que no pueden usar sus habilidades cognitivas intactas para realizar esta tarea.

Sensibilidad y especificidad de las tareas visuoespaciales.

El análisis de la sensibilidad y especificidad de las tareas en el dominio visuoespacial reveló una brecha interesante entre las tareas visuoespaciales. Si bien no hubo diferencias en la especificidad (alrededor del 80%), la sensibilidad de la tarea del hombrecito (59%) fue mayor que el razonamiento matricial (53%) y el 0-back (36%). Estos resultados resaltan que, si bien todas las tareas pueden identificar con precisión a personas que no tienen un perfil de NVLD, solo la tarea del hombrecito es sensible a la hora de identificar personas con un perfil de NVLD el 59 % de las veces. Cabe señalar que ninguna de las tareas está diseñada para ser una prueba neuropsicológica normativa. Lograr una sensibilidad del 59 % constituye un punto de partida prometedor para desarrollar pruebas diseñadas para medir los déficits visuoespaciales observados principalmente en la TANV.

Inteligencia

Los dos grupos de NVLD no mostraron la correlación positiva entre las inteligencias cristalizada y fluida encontrada en toda la muestra ABCD y en el otro grupo de NVLD. De hecho, este hallazgo indica que estos dos componentes de la inteligencia probablemente sean independientes. Cabe señalar que las teorías de la inteligencia [48](#) suponen que los dos componentes se desarrollan mediante interacciones mutuas y se supone que esta relación recíproca es beneficiosa para ambos. Dado que este proceso interactivo probablemente no esté presente en los niños con TANV, sería útil comprender cómo se vincula este desacoplamiento con el desarrollo de procesos como la lectura y las matemáticas. De hecho, un

metanálisis reciente [49](#) destacó que la inteligencia fluida y la lectura/matemáticas son capaces de predecirse entre sí a lo largo de las fases de desarrollo. Sin embargo, no encontramos ninguna correlación significativa entre la lectura y la inteligencia fluida en los grupos de TANV.

La falta de asociación entre estas dos facetas de la inteligencia podría ser útil como alternativa al uso de una puntuación de discrepancia (generalmente de 10 a 15 puntos) [13](#) entre el CI verbal y el de desempeño para estudiar grupos con y sin un perfil de TANV. Por ejemplo, al observar sus trayectorias de desarrollo, en futuros estudios se podría investigar si la falta de correlación entre los dos componentes de la inteligencia es una característica estable de esta población.

Vínculos cerebro-comportamiento

Como se predijo, se encontraron asociaciones entre el perfil NVLD y aspectos de la conectividad de la materia blanca en el cerebro. En los grupos 1 de NVLD (en los que los problemas sociales sirven como criterio), cuanto menor es el rendimiento en el procesamiento visuoespacial, medido por la tarea del hombrecito, mayor es la difusividad media en el hemisferio derecho. Este resultado indicó que en NVLD una mayor desorganización de los tractos de materia blanca en el hemisferio derecho está relacionada con un peor desempeño en materiales visuoespaciales que rotan mentalmente. Sin embargo, tenga en cuenta que este hallazgo no se replicó en el grupo 2 de NVLD y no se extendió a las otras dos tareas que miden el procesamiento visuoespacial.

Al analizar las diferencias entre las correlaciones en los grupos NVLD en comparación con toda la muestra ABCD, la relación del procesamiento visuoespacial con el volumen de la sustancia blanca arrojó resultados interesantes. En el grupo NVLD, sin tener en cuenta los problemas sociales (es decir, grupo 2), no hubo relación entre la capacidad visuoespacial, medida por las tres tareas, y el volumen de materia blanca. Este vínculo fue significativamente diferente en comparación con el conjunto de la población, en la que cuanto mayor era el volumen, mejor era el rendimiento visuoespacial. En el otro grupo NVLD (es decir, el grupo 1) hubo relaciones con el volumen de materia blanca, pero sólo para una tarea espacial, la tarea 0-back.

En cuanto a las correlaciones entre las medidas de materia blanca y los problemas sociales, el grupo sin tener en cuenta los problemas sociales (grupo 2) mostró un resultado interesante en comparación con la muestra totalmente ABCD. De hecho, si bien la dirección de la correlación fue negativa en ambas muestras, sólo en el grupo NVLD encontramos una correlación significativa. Cuanto menor era la difusividad media en el hemisferio izquierdo, mayores eran los problemas en el ámbito social.

En conclusión, el hallazgo más relevante para el perfil NVLD (grupo 2) en relación con el rendimiento visuoespacial y las medidas de materia blanca pareció ser la ausencia de la asociación significativa encontrada en niños con desarrollo típico, para quienes el coeficiente intelectual no verbal y las habilidades visuoespaciales estaban asociados con la integridad de la sustancia blanca. Proponemos que esta falta de asociación puede proporcionar información importante sobre la base neurobiológica de las deficiencias encontradas en NVLD [22](#). Este hallazgo representa un primer paso hacia un análisis más sofisticado para modelar esta relación entre la materia blanca y la capacidad visoespacial [50](#) y probar mejor la hipótesis de la relación entre ambas [20](#).

Limitaciones y direcciones futuras

El estudio actual no está exento de limitaciones. Si bien el tamaño de la muestra fue muy grande, la medición de las habilidades de procesamiento visoespacial fue restringida, debido al alcance general del estudio ABCD para evaluar una amplia variedad de habilidades y múltiples factores que podrían influir en el desarrollo del cerebro. En particular, no pudimos incluir medidas que evaluaran las habilidades visoconstructivas, visomotoras y motoras finas que a menudo se utilizan en las evaluaciones de TANV. Por lo tanto, nuestra estimación de una prevalencia del 8% (977 niños) de niños con un diagnóstico probable de TANV debe tomarse con cautela, aunque señala el hecho de que será importante realizar investigaciones futuras para profundizar nuestro conocimiento sobre este trastorno del desarrollo neurológico.

Un objetivo futuro de esta línea de investigación puede ser seguir las trayectorias de desarrollo de niños con el perfil NVLD para investigar cómo pueden evolucionar las estrategias de afrontamiento a medida que crecen y descubrir si los límites y las tareas utilizadas en la presente investigación siguen siendo los mejores en identificar niños con TANV en la

transición de la niñez media a la fase preadolescente y adolescente. Además, la enorme heterogeneidad de las medidas presentes en el protocolo ABCD permitirá a los investigadores aplicar otros enfoques al estudio de los correlatos cerebrales del perfil NVLD, por ejemplo centrándose en regiones específicas y en otras técnicas, como patrones de conectividad en redes de intereses. . Finalmente, otra dirección futura podría ser investigar otras debilidades y fortalezas que son peculiares de la muestra que presenta un perfil de NVLD.

Conclusiones

A pesar de las limitaciones anteriores, la presente investigación representa el primer intento de estimar la prevalencia de TANV en una muestra grande de niños con desarrollo típico. Encontramos que dependiendo del criterio, la incidencia estimada del perfil varió del 1 al 8%. A diferencia de la muestra ABCD en su conjunto, los grupos NVLD mostraron desempeños no correlacionados o correlacionados negativamente en las tres tareas que miden el desempeño visuoespacial, lo que indica que pueden aplicar diferentes estrategias para compensar el déficit dependiendo de las demandas de la tarea utilizando materiales visuoespaciales. Además, encontramos que mientras que en niños con desarrollo normal un mayor volumen de tractos de materia blanca se asociaba con mejores capacidades visuoespaciales, los niños con NVLD no mostraban este vínculo, lo que respalda la idea de que un mecanismo atípico que involucra los tractos mielinizados, particularmente en el lado derecho hemisferio, podría ayudar a explicar el perfil cognitivo de NVLD.

Datos y disponibilidad

Los datos utilizados en la preparación de este artículo se obtuvieron del Estudio sobre el desarrollo cognitivo del cerebro en adolescentes (ABCD) (<https://abcdstudy.org>), que se encuentra en el Archivo de datos del NIMH (NDA).

Referencias

1. Johnson, DJ y Myklebust, HR *Learning Disabilities***** (Publicado en línea, 1967).

[Google Académico](#)

2. Semrud-Clikeman, M., Walkowiak, J., Wilkinson, A. y Christopher, G. Diferencias neuropsicológicas entre niños con síndrome de Asperger, discapacidades del aprendizaje no verbal, trastorno por déficit de atención y controles. *Desarrollo. Neuropsicología*. **35** (5), 582–600. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.494747> (2010).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

3. Mammarella, IC, Cardillo, R. & Broitman, J. *Comprensión de la discapacidad del aprendizaje no verbal: una guía de síntomas, manejo y tratamiento* 1ª ed. (Routledge, 2021).
-

[Libro Google Académico](#)

4. Fisher, PW, Reyes-Portillo, JA, Riddle, MA y Litwin, HD Revisión sistemática: discapacidad del aprendizaje no verbal. *Mermelada. Acad. Niño Adolescente. Psiquiatría* **61** (2), 159–186 (2022).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

5. Little, L. & Clark, RR Maravillas y preocupaciones de criar a un niño con síndrome de Asperger y trastorno del aprendizaje no verbal. *MCN Am. J. Enfermeras Maternales Infantiles*. **31** (1), 39–44 (2006).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

6. Semrud-Clikeman, M., Walkowiak, J., Wilkinson, A. & Minne, EP Medidas directas e indirectas de percepción social, comportamiento y funcionamiento emocional en niños con trastorno de Asperger, discapacidad del aprendizaje no verbal o TDAH. *J. Anormal. Psicología Infantil*. **38** (4), 509–519. <https://doi.org/10.1007/s10802-009-9380-7> (2010).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

7. Cardillo, R., Vio, C. y Mammarella, IC Una comparación del procesamiento visoespacial local-global en el trastorno del espectro autista, la discapacidad del aprendizaje no verbal, el TDAH y el desarrollo típico. *Res. Desarrollo. Desactivar*. **103** , 103682. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103682> (2020).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

8. García, RB, Mammarella, IC, Tripodi, D. y Cornoldi, C. Memoria de trabajo visoespacial para ubicaciones, colores y vinculaciones en niños con desarrollo típico y en niños con dislexia y discapacidad del aprendizaje no verbal. *Británico. J. Dev. Psicólogo*. **32** (1), 17–33 (2014).
-

[Artículo Google Académico](#)

9. Mammarella, IC, Giofrè, D., Ferrara, R. & Cornoldi, C. Geometría intuitiva y memoria de trabajo visoespacial en niños que muestran síntomas de discapacidades del aprendizaje no verbal. *Neuropsicología Infantil*. **19** (3), 235–249 (2013).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

10. Mammarella, IC, Meneghetti, C., Pazzaglia, F. & Cornoldi, C. Déficit de memoria y comprensión en descripciones espaciales de niños con discapacidades no verbales y de lectura. *Frente. Psicólogo*. **5**, 1534 (2015).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

11. Mammarella, IC y cols. Representación de descripciones espaciales de encuestas y rutas en niños con discapacidades de aprendizaje no verbales (visuoespaciales). *Cognición cerebral*. **71** (2), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.05.003> (2009).
-

[Artículo Google Académico](#)

12. Schiff, R., Bauminger, N. & Toledo, I. Resolución de problemas analógicos en niños con discapacidades de aprendizaje verbal y no verbal. *J. aprender. Desactivar*. **42** (1), 3-13. <https://doi.org/10.1177/0022219408326213> (2009).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

13. Mammarella, IC & Cornoldi, C. Un análisis de los criterios utilizados para diagnosticar a niños con discapacidad del aprendizaje no verbal (NLD). *Neuropsicología Infantil*. **20** (3), 255-280. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.796920> (2014).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

14. Yalof, J. Ilustración de caso de un niño con trastorno del aprendizaje no verbal y rasgos de Asperger: evaluación neuropsicológica y de personalidad. *J. Personal. Evaluar.* **87** (1), 15–34 (2006).
-

[Artículo Google Académico](#)

15. Spreen, O. Discapacidades del aprendizaje no verbal: una revisión crítica. *Neuropsicología Infantil.* **17** (5), 418–443 (2011).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

16. Poletti, M. Un marco de investigación para aislar los fenotipos de coordinación motora visuoespacial de la infancia. *Aplica. Neuropsicología. Niño.* **8** (4), 383–388 (2019).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

17. Semrud-Clikeman, M., Fine, JG, Bledsoe, J. & Zhu, DC Hallazgos volumétricos de imágenes por resonancia magnética en niños con síndrome de Asperger, discapacidad del aprendizaje no verbal o controles sanos. *J.Clin. Exp. Neuropsicología.* **35** (5), 540–550. <https://doi.org/10.1080/13803395.2013.795528> (2013).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

18. Mammarella, IC La importancia de definir criterios compartidos para el diagnóstico de la discapacidad del aprendizaje no verbal. *Red JAMA. Abierto* **3** (4), e202559 – e202559 (2020).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

19. Rourke, BP *Discapacidades del aprendizaje no verbal: el síndrome y el modelo* (Guilford Press, 1989).
-

[Google Académico](#)

20. Rourke, *Síndrome BP de discapacidades del aprendizaje no verbal: manifestaciones del desarrollo neurológico* 518 (The Guilford Press, 1995).
-

[Google Académico](#)

21. Gaffan, D. & Hornak, J. Negligencia visual en el mono. Representación y desconexión. *Cerebro* **120** (9), 1647–1657. <https://doi.org/10.1093/brain/120.9.1647> (1997).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

22. Muetzel, RL y cols. Integridad de la sustancia blanca y rendimiento cognitivo en niños en edad escolar: un estudio de neuroimagen basado en la población. *Neuroimagen* **119** , 119-128 (2015).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

23. Margolis, AE *et al.* Prevalencia estimada de discapacidad del aprendizaje no verbal entre niños y adolescentes de América del Norte. *Red JAMA. Abierto* **3** (4), e202551 – e202551 (2020).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

24. Garavan, H. y col. Reclutamiento de la muestra ABCD: consideraciones y procedimientos de diseño. *Desarrollo. Cognir. Neurociencias*. **32** , 16-22 (2018).
-

[Artículo CAS](#) [Google Académico](#)

25. Casey, B.J y cols. El estudio de desarrollo cognitivo del cerebro adolescente (ABCD): adquisición de imágenes en 21 sitios. *Desarrollo. Cognir. Neurociencias*. **32** , 43-54 (2018).
-

[Artículo CAS](#) [Google Académico](#)

26. Hagler, DJ Jr. y col. Métodos de análisis y procesamiento de imágenes para el estudio del desarrollo cognitivo del cerebro de adolescentes. *Neuroimagen*. **202** , 116091 (2019).
-

[Artículo CAS](#) [PubMed](#) [Google Académico](#)

27. Acker, WL y Acker, C. *Bexley Maudsley Automated Psychological Screening y Bexley Maudsley Category Sorting Test Manual* (NFER-Nelson, para el Instituto de Psiquiatría, 1982).
28. Wechsler, D. *Escala de inteligencia de Wechsler para niños: cuarta edición (WISC-IV)* (The Psychological Corporation, 2003).
-

[Google Académico](#)

29. Chaarani, B. *et al.* Función cerebral basal en los preadolescentes del Estudio ABCD. *Nat. Neurociencias*. **24** (8), 1176–1186 (2021).
-

[Artículo CAS PubMed PubMed Central Google Académico](#)

30. Luciana, M. *et al.* Desarrollo neurocognitivo en adolescentes e impactos del uso de sustancias: descripción general de la batería de neurocognición básica del desarrollo cognitivo cerebral adolescente (ABCD). *Desarrollo. Cognir. Neurociencias*. **32**, 67–79 (2018).
-

[Artículo CAS Google Académico](#)

31. Gershon, RC *y cols.* Medidas lingüísticas de la batería cognitiva de la caja de herramientas de los NIH. *J. Int. Neuropsicología. Soc.* **20** (6), 642–651 (2014).
-

[Artículo PubMed PubMed Central Google Académico](#)

32. Carlozzi, NE *et al.* Batería cognitiva de la caja de herramientas NIH (NIHTB-CB): la prueba de velocidad de procesamiento de comparación de patrones NIHTB. *J. Int. Neuropsicología. Soc.* **20** (6), 630–641 (2014).
-

[Artículo PubMed PubMed Central Google Académico](#)

33. Tulskey, DS y cols. Batería de cognición NIH Toolbox (NIHTB-CB): prueba de clasificación de listas para medir la memoria de trabajo. *J. Int. Neuropsicología. Soc.* **20** (6), 599–610 (2014).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

34. Dikmen, SS y cols. Medición de la memoria episódica a lo largo de la vida: prueba de memoria de secuencia de imágenes de la caja de herramientas de los NIH. *J. Int. Neuropsicología. Soc.* **20** (6), 611–619 (2014).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

35. Eriksen, BA y Eriksen, CW Efectos de las letras ruidosas en la identificación de una letra objetivo en una tarea que no es de búsqueda. *Percepción. Psicofísica.* **16** (1), 143-149 (1974).
-

[Artículo Google Académico](#)

36. Zelazo, PD The Dimensional Change Card Sort (DCCS): Un método para evaluar la función ejecutiva en niños. *Nat. Protocolo.* **1** (1), 297–301 (2006).
-

[Artículo MatemáticasCiencia PubMed](#) [Google Académico](#)

37. Achenbach, TM Lista de verificación del comportamiento infantil e instrumentos relacionados. En *El uso de pruebas psicológicas para la planificación del tratamiento y la evaluación de resultados*, 2.º (ed. Erlbaum, L.) 429–466 (Associates Publishers, 1999).
-

[Google Académico](#)

38. Heaton, RK y cols. Fiabilidad y validez de las puntuaciones compuestas de la batería de cognición NIH Toolbox en adultos. *J. Int. Neuropsicología. Soc.* **20** (6), 588–598 (2014).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

39. Tanner-Eggen, C., Balzer, C., Perrig, WJ y Gutbrod, K. La evaluación neuropsicológica de los déficits cognitivos considerando medidas de variabilidad del desempeño. *Arco. Clínico. Neuropsicología.* **30** (3), 217–227 (2015).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

40. Iverson, GL y Karr, JE Mejora de la metodología para identificar el deterioro cognitivo leve en adultos con alto funcionamiento intelectual utilizando la batería cognitiva de la caja de herramientas de los NIH. *Psicólogo Frontal.* **12**, 724888. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.724888> (2021).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

41. Clark, KA y cols. Difusividad media y anisotropía fraccionada como indicadores de enfermedad y propensión genética a la esquizofrenia. *J. Psiquiatra. Res.* **45** (7), 980–988 (2011).
-

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

42. Kuhn, M. Construcción de modelos predictivos en R utilizando el paquete caret. *J. estadística. Software.* **28** , 1–26 (2008).
-

[Artículo Google Académico](#)

43. Pelletier, PM, Ahmad, SA & Rourke, BP Reglas de clasificación para discapacidades básicas del procesamiento fonológico y discapacidades del aprendizaje no verbal: formulación y validez externa. *Neuropsicología Infantil.* **7** (2), 84–98 (2001).
-

[Artículo CAS PubMed Google Académico](#)

44. Forrest, BJ La utilidad de las dificultades matemáticas, la psicopatología internalizada y los déficits visoespaciales para identificar a los niños con el síndrome de discapacidad del aprendizaje no verbal: evidencia de una discapacidad visoespacial. *Neuropsicología Infantil.* **10** (2), 129-146 (2004).
-

[Artículo MatemáticasCiencia PubMed Google Académico](#)

45. Semrud-Clikeman, M. & Hynd, GW Disfunción del hemisferio derecho en discapacidades del aprendizaje no verbal: funcionamiento social, académico y adaptativo en adultos y niños. *Psicólogo. Toro.* **107** (2), 196 (1990).
-

[Artículo CAS PubMed Google Académico](#)

46. Little, SS Discapacidades del aprendizaje no verbal y funcionamiento socioemocional: una revisión de la literatura reciente. *J. aprender. Desactivar.* **26** (10), 653–665 (1993).
-

[Artículo CAS](#) [PubMed](#) [Google Académico](#)

47. Uttal, DH, Miller, DI y Newcombe, NS Explorar y mejorar el pensamiento espacial: ¿vínculos con los logros en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas? *actual. Directo. Psicólogo. Ciencia.* **22** (5), 367–373 (2013).
-

[Artículo Google Académico](#)

48. Van Der Maas, HLJ *et al.* Un modelo dinámico de inteligencia general: la variedad positiva de inteligencia por mutualismo. *Psicólogo. Rev.* **113** (4), 842–861. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.4.842> (2006).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

49. Peng, P., Wang, T., Wang, C. y Lin, X. Un metaanálisis sobre la relación entre inteligencia fluida y lectura/matemáticas: efectos de las tareas, la edad y el estatus económico social. *Psicólogo. Toro.* **145** (2), 189–236. <https://doi.org/10.1037/bul0000182> (2019).
-

[Artículo PubMed](#) [Google Académico](#)

50. Coccaro, A. y col. Reconfiguración dinámica en estado de reposo de las redes corticales de atención espacial y el funcionamiento visuoespacial en la discapacidad del aprendizaje no verbal (NVLD): UNA INVESTIGACIÓN HD-EEG. *Ciencia del cerebro*. **13** (5), 731. <https://doi.org/10.3390/brainsci13050731> (2023).

[Artículo PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Académico](#)

[Descargar referencias](#)

Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias a una beca de posgrado del Departamento de Psicología Social y del Desarrollo y del Centro de Neurociencia de Padua de la Universidad de Padua a Ambra Coccaro. Los datos utilizados en la preparación de este artículo se obtuvieron del Estudio sobre el desarrollo cognitivo del cerebro en adolescentes (ABCD) (<https://abcdstudy.org>), que se encuentra en el Archivo de datos del NIMH (NDA). Se trata de un estudio longitudinal multicéntrico diseñado para reclutar a más de 10.000 niños de entre 9 y 10 años y seguirlos durante 10 años hasta la edad adulta temprana. El Estudio ABCD® cuenta con el respaldo de los Institutos Nacionales de Salud y socios federales adicionales con los números de premio U01DA041048, U01DA050989, U01DA051016, U01DA041022, U01DA051018, U01DA051037, U01DA050987, U01DA041174, U01DA041106, DA041117, U01DA041028, U01DA041134, U01DA050988, U01DA051039, U01DA041156, U01DA041025, U01DA041120, U01DA051038, U01DA041148, U01DA041093, U01DA041089, U24DA041123, U24DA041147. Una lista completa de partidarios está disponible en <https://abcdstudy.org/federal-partners.html>. Puede encontrar una lista de los sitios participantes y una lista completa de los investigadores del estudio en https://abcdstudy.org/consortium_members/. Los investigadores del consorcio ABCD diseñaron e implementaron el estudio y/o proporcionaron datos, pero no necesariamente participaron en el análisis o redacción de este informe. Este manuscrito refleja los puntos de vista de los autores y puede no reflejar las opiniones o puntos de vista de los investigadores del NIH o del consorcio ABCD.

Información del autor

Autores y afiliaciones

- 1. Departamento de Psicología del Desarrollo y Socialización, Universidad de Padua, Padua, Italia**
Ambra Coccaro, Irene C. Mammarella y Mario Liotti
- 2. Centro de Neurociencia de Padua, Universidad de Padua, Padua, Italia**
Ambra Coccaro y Mario Liotti
- 3. Instituto de Ciencias Cognitivas, Universidad de Colorado, Boulder, EE.UU.**
Ambra Coccaro y Marie Banich
- 4. Departamento de Psicología y Neurociencia, Universidad de Colorado, Boulder, EE.UU.**
María Banich
- 5. Departamento de Psicología, Universidad Simon Fraser, Burnaby, Canadá**
Mario Liotti

Contribuciones

AC contribuyó a la concepción del estudio, analizó los datos, escribió el manuscrito principal; MB, IM y ML contribuyeron a la concepción del estudio y al análisis, supervisaron el proyecto; Todos los autores revisaron el manuscrito.

Autor correspondiente

Correspondencia a [Ambra Coccaro](#) .

Declaraciones de ética

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Información adicional

nota del editor

Springer Nature se mantiene neutral con respecto a reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.

Información suplementaria

[Información suplementaria.](#)

Derechos y permisos

Acceso Abierto Este artículo está bajo una Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0, que permite el uso, compartir, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé el crédito apropiado a los autores originales y a la fuente. proporcione un enlace a la licencia Creative Commons e indique si se realizaron cambios. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo están incluidos en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en una línea de crédito al material. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons del artículo y su uso previsto no está permitido por la normativa legal o excede el uso permitido, deberá obtener permiso directamente del titular de los derechos de autor. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> .

[Reimpresiones y permisos](#)

Acerca de este artículo

Cita este artículo

Coccaro, A., Banich, M., Mammarella, IC *et al.* Estimación de la prevalencia de la discapacidad del aprendizaje no verbal (NVLD) a partir de la muestra ABCD. *Representante científico* **14**, 8212 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58639-x>

[Descargar cita](#)

- Recibió 26 de septiembre de 2023
- Aceptado 01 abril 2024
- Publicado 08 abril 2024
- DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58639-x>

Comparte este artículo

Cualquier persona con la que comparta el siguiente enlace podrá leer este contenido:

Obtener enlace para compartir

Proporcionado por la iniciativa de intercambio de contenidos Springer Nature SharedIt

Asignaturas

- [Psicología](#)
- [Signos y síntomas](#)