
LAS ALTAS HABILIDADES EN EL DOMINIO ESPECÍFICO DE LA MATEMÁTICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LOS HALLAZGOS EMPÍRICOS EN NEUROCOGNICIÓN

Domain-specific high abilities in mathematics: A systematic review of empirical neurocognitive evidence

Altas habilidades no domínio específico da matemática: Uma revisão sistemática de achados empíricos em neurocognição

RECIBIDO: 07 julio 2022

ACEPTADO: 30 octubre 2022

Natalia Colino¹

Alejandro Maiche²

1. Estudiante de Doctorado en Psicología. Facultad de Psicología de la Universidad de la República. Dr. Tristán Narvaja 1674. CP: 11200. Montevideo, Uruguay. 2. Catedrático de Psicología Cognitiva. Facultad de Psicología de la Universidad de la República. Dr. Tristán Narvaja 1674. CP: 11200. Montevideo, Uruguay.

Palabras Clave: superdotación matemática; altas habilidades en matemática; talento matemático; educación matemática; neurocognición; revisión sistemática.

Keywords: mathematical giftedness; high abilities in mathematics; mathematical talent; mathematics education; neurocognition; systematic review.

Palavras-chave: superdotação matemática; altas habilidades matemáticas; talento matemático; educação matemática; neurocognição; revisão sistemática.

RESUMEN

Este artículo tiene como propósito brindar una perspectiva sobre el desarrollo en investigación del estudio de las altas habilidades, haciendo énfasis en el dominio específico de la matemática. A partir de un enfoque de búsqueda de bibliografía específica, con la metodología PRISMA, realizamos una revisión sistemática de la literatura existente sobre esta temática en el decenio 2011-2020 en colecciones internacionales. Examinamos 15 artículos de corte empírico sobre altas habilidades en matemática en un área principal: la neurocognición. Se reunieron hallazgos relevantes para identificar las habilidades cognitivas que predicen las altas habilidades en matemática y los mecanismos neurobiológicos subyacentes. Presentamos de manera ordenada aquellas manifestaciones empíricas que aporten a la definición de un perfil neurocognitivo de las personas con altas habilidades en matemática. El análisis de estos resultados sugiere alternativas para la identificación temprana de los estudiantes con altas habilidades en matemática y posterior desarrollo de su talento. Finalmente, planteamos algunos vacíos que deja pendiente la literatura para atender en futuras investigaciones.

Correspondencia: Natalia Colino, nataliacolinocouto@gmail.com. Dr. Tristán Narvaja 1674. CP: 11200. Montevideo, Uruguay.



Publicado bajo licencia Creative Commons Reconocimiento 3.0. (cc-by).

ABSTRACT

The purpose of this article is to provide a perspective on high ability development research, emphasizing the mathematics specific domain. Based on a specific bibliography search approach, with the PRISMA methodology, we carried out a systematic review of the existing literature on this subject in the 2011-2020 decade in international collections. We examined 15 empirical articles on high ability in mathematics in a main area: neurocognition. Relevant findings were brought together in order to identify the cognitive abilities that predict high mathematical abilities and the underlying neurobiological mechanisms. We present in an orderly manner those empirical manifestations that contribute to the definition of a neurocognitive profile of people with high abilities in mathematics. The analysis of these results suggests alternatives for the early identification of the students with high abilities in mathematics and the subsequent development of their talent. Finally, we propose some literature gaps to address in future research.

RESUMO

O objetivo deste artigo é fornecer uma perspectiva sobre o desenvolvimento da pesquisa do estudo das altas habilidades, enfatizando o domínio específico da matemática. Com base em uma abordagem específica de pesquisa bibliográfica, com a metodologia PRISMA, realizamos uma revisão sistemática da literatura existente sobre o assunto na década de 2011-2020 em coleções internacionais. Examinamos 15 artigos empíricos sobre alta habilidade em matemática em uma área principal: neurocognição. Achados relevantes foram reunidos para identificar as habilidades cognitivas que predizem altas habilidades matemáticas e os mecanismos neurobiológicos subjacentes. Apresentamos de forma ordenada aquelas manifestações empíricas que contribuem para a definição de um perfil neurocognitivo de pessoas com altas habilidades em matemática. A análise desses resultados sugere alternativas para a identificação precoce de alunos com altas habilidades em matemática e o posterior desenvolvimento de seu talento. Por fim, propomos algumas lacunas que a literatura deixa pendentes para serem abordadas em pesquisas futuras.

Introducción

La superdotación lleva ya más de un siglo construyendo su identidad (Dai, 2018). A principios del siglo XX, la superdotación era sinónimo de un potencial natural y general. Es decir, la superdotación hacía referencia a las altas capacidades intelectuales en las áreas más valoradas culturalmente, como la lógico-matemática o la lingüística. Sin embargo, la influencia del paradigma desarrollista (Gagné, 2020), desplaza la definición de superdotación hacia el proceso por el cual el talento se puede desarrollar. La definición actual de altas habilidades -bajo este paradigma- las identifica como el punto de partida para el desarrollo del talento y es éste el que puede conducir hacia la excelencia o incluso la eminencia en áreas particulares (Tourón y Tourón, 2016).

El cambio de paradigma estuvo acompañado por un cambio de enfoque en la concepción de la superdotación. Inicialmente, con un enfoque nomotético, se proponían supuestos universales para la identificación de personas con altas habilidades, tales como un elevado cociente intelectual. Posteriormente, bajo un enfoque idiográfico, se intentó caracterizar a esta población identificando manifestaciones empíricas que tuvieran que ver más con los factores personales y contextuales que llevan a desarrollar las altas habilidades en determinadas áreas y no tanto con los factores psicológicos (Dai, 2018). Esta diferencia epistemológica, que permite avanzar desde una definición universal y excluyente de la superdotación a definiciones particulares e inclusivas, promovió el estudio de las altas habilidades en dominios específicos.

En el dominio específico de la matemática, el estudio de los factores subyacentes a esta habilidad se ha vuelto atractivo a partir de la relación ampliamente estudiada entre el talento en el conocido dominio STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) y el éxito profesional. A su vez, Gelbart (2007) afirma que estudiar el perfil de las personas con altas habilidades matemáticas podría contribuir incluso a comprender los perfiles de aquellos con deficiencias matemáticas, ya que ambos grupos excepcionales representan los dos extremos del continuo de habilidades. Sin embargo, la literatura sobre altas habilidades es escasa aún en comparación a la existente sobre dificultades de aprendizaje (Winner, 2000). Hasta la actualidad se han estudiado, mayormente, factores asociados al rendimiento en matemática en individuos con habilidades descendidas o

regulares en matemática. Aún hay pocos estudios, y todos muy diversos -en cuanto a la concepción, grupo experimental y método que emplean-, que estudian las altas habilidades en matemática.

Esta revisión pretende presentar de manera ordenada aquellas manifestaciones empíricas que aporten a la definición de un perfil neurocognitivo de las personas con altas habilidades en matemática. A partir del conocimiento de los factores cognitivos predictores de las altas habilidades en matemática y los mecanismos neurobiológicos subyacentes, sugerimos alternativas para la detección temprana de los estudiantes con altas habilidades en matemática y para favorecer el desarrollo oportuno de su talento. Finalmente, intentamos promover la investigación en el área de las altas habilidades en matemática planteando algunos vacíos que deja pendiente la literatura actual para atender en futuros estudios.

Materiales, Método y Procedimientos

El propósito de este artículo es identificar, en la literatura del decenio 2011-2020, aquellas manifestaciones empíricas relevantes de las altas habilidades en matemática en el área de la neurocognición, que brinden una oportunidad para la detección temprana y el desarrollo oportuno del talento en el área. Para ello, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta general

¿Qué hallazgos empíricos permiten acercarnos a un perfil neurocognitivo de las personas con altas habilidades en matemática?

Preguntas específicas

¿Qué habilidades cognitivas predicen las altas habilidades en matemática?

¿Qué mecanismos neurobiológicos subyacen a dichas habilidades cognitivas y por tanto son base para las altas habilidades en matemática?

En base a las preguntas de investigación formuladas y a partir de un enfoque de búsqueda de bibliografía específica, con la metodología PRISMA, que describimos en los próximos párrafos y mostramos en la Figura 1, llevamos a cabo una revisión sistemática de la literatura existente sobre la superdotación matemática en el decenio 2011-2020, centrándonos en los hallazgos empíricos.

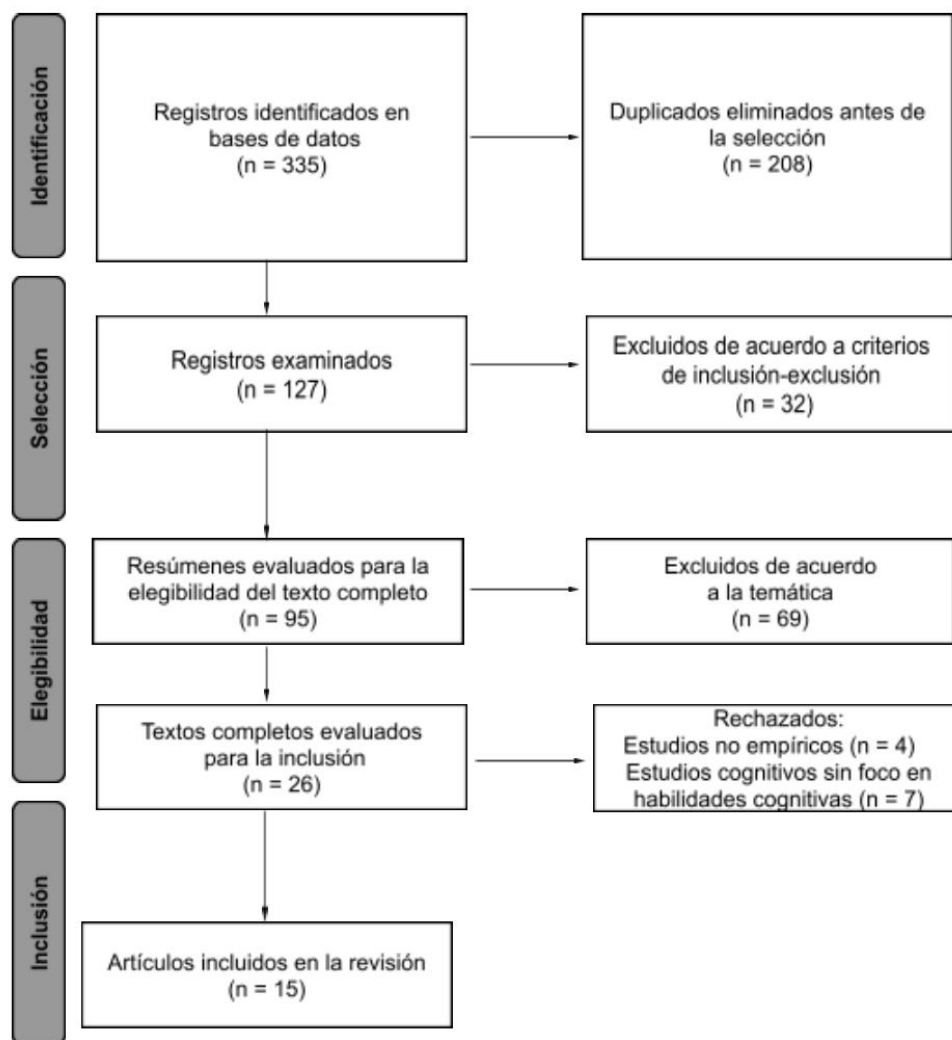


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA de los estudios seleccionados. Fuente: elaboración propia. Nota: PRISMA = *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

Iniciamos la búsqueda en el portal uruguayo Timbó Foco (<https://foco.timbo.org.uy>) -que permite acceder a las bases de datos que figuran en la Tabla 1- utilizando los términos *mathematics*, *giftedness*, *talent*, *high ability* y sus derivaciones. Limitamos la búsqueda a publicaciones de colecciones internacionales en inglés del decenio 2011-2020. Dicha búsqueda arrojó 335 resultados, quedando 127 al eliminar las repeticiones. De ellos, 26 se descartaron por su idioma, pues solo el resumen de la publicación estaba escrito en inglés. Una primera revisión de los 101 títulos encontrados permitió clasificarlos en 4 libros, 2 críticas a libros y 95 artículos; estos últimos son los que finalmente tomamos como potenciales publicaciones a incluir en el presente trabajo.

Tabla 1. Bases de datos del Portal Timbó Foco

EBSCO Host	IOPscience Extra	IEEE
JSTOR	Walters Kluwer	SAGE Publishing
ScienceDirect	Scopus	Springer Link
DOAJ	doab	LA Referencia
COAR	eLIFE	PLOS
PeerJ	Open Humanities Press	F1000Research
Hindawi	frontiers	

El análisis de los resúmenes de los 95 artículos permitió descartar aquellas publicaciones sobre modelos de identificación y evaluación (21), estudios sobre creatividad (8) o aspectos no cognitivos de las personas con altas habilidades en matemática (14), así como aquellos que abordan otros temas (26) tales como entornos de aprendizaje, percepciones de los docentes y padres, reflexión y revisión de prácticas, educación matemática. En esta etapa de búsqueda nos quedamos con 26 artículos que corresponden a nuestro tema de estudio y que pueden subdividirse en 3 grupos: 18 corresponden al grupo “cognición”, 7 al grupo “neurobiología” y 1 comparte ambas áreas.

A partir de la lectura completa de los artículos pre-seleccionados (26), se identificaron 5 estudios no empíricos, de los cuales descartamos (4). Decidimos incluir en nuestra selección, excepcionalmente, la revisión de los hallazgos más destacados arribados en *The Study of Mathematically Precocious Youth (SMPY)* -que figuraba entre los artículos no empíricos-, pues es un estudio norteamericano que siguió durante 50 años a más de 5.000 individuos con talento matemático. Dentro de la categoría cognición, descartamos los estudios centrados en estilos de aprendizaje y enfoques para la resolución de problemas y que no valoran habilidades cognitivas (7).

De esta manera, se arribó a una última selección compuesta por 15 artículos que son los que se analizan en el presente trabajo, cuyos datos específicos (tamaño muestral, etapa vital de los participantes, criterios e instrumentos de selección del grupo experimental, mediciones experimentales e instrumentos) aparecen en la Tabla 2. El análisis final de cada uno y la evaluación cualitativa de todos ellos en su conjunto, nos permiten presentar a continuación los resultados más relevantes y la reflexión que nos despiertan.

Tabla 2. Datos de los artículos incluidos en la revisión: tamaño muestral, etapa vital de los participantes, criterios e instrumentos de selección del grupo experimental, mediciones experimentales e instrumentos. Fuente: elaboración propia.

Estudio	N	Participantes	Criterios e instrumentos de selección del grupo experimental	Mediciones experimentales e instrumentos
Benbow, 2012	> 5,000	Adolescentes y adultos	1% o superior en habilidad matemática o verbal según puntaje obtenido en las subpruebas de razonamiento matemático y verbal de la Prueba de Aptitud Académica (SAT; Donlon, 1984) Top graduados en STEM	Habilidad espacial: subpruebas de relaciones espaciales y de razonamiento mecánico de la Prueba de Aptitudes Diferenciales (DAT; Bennett, Seashore & Wesman, 1982). Intereses: Inventario de intereses de Strong-Campbell (Harmon, Hansen, Borgen, & Hammer, 1994). Valores: Estudio de Valores (Allport, Vernon, & Lindzey, 1970).
Paz-Baruch, Leikin y Leikin, 2016	190	Adolescentes	Estudiantes matriculados en clases especiales para superdotados (IQ \geq 130) con puntaje obtenido en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada - Versión corta (RAPM; Zohar, 1990) > 26/30, nota escolar en el curso de matemática - Nivel alto > 90/100 y puntaje obtenido en la subprueba de razonamiento matemático de la Prueba de Aptitud Académica - Versión corta (SAT-M; Zohar, 1990) > 26/35 (con 94 puntos o más en el curso de matemática no se consideraba el puntaje de SAT-M)	Velocidad de procesamiento de la información: subprueba de coincidencia visual de la Prueba de Habilidades Cognitivas de Woodcock-Johnson (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001), subprueba de dígitos-símbolos y subprueba de búsqueda de símbolos de la Escala de Inteligencia de Wechsler (WISC III; Wechsler, 1997) Atención: Prueba de atención d2 (Brickenkamp, 1994). Memoria: Prueba de memoria de trabajo visoespacial (Corsi, 1972) Percepción visual: Prueba de reconocimiento de patrones (Thorndike, Hagen, &

- Leikin, Leikin, 45 Paz-Baruch, Waisman y Lev, 2017a Adolescentes Estudiantes matriculados en clases especiales para superdotados (IQ \geq 130) con puntaje obtenido en la Prueba de Matrices Progresivas de Wechsler (WISC III; Wechsler, 1997), y Prueba de memoria de trabajo de Raven - Escala avanzada - Versión corta (RAPM; Zohar, 1990) > 26/30, nota escolar en el curso de matemática - Nivel alto > 90/100 y puntaje obtenido en la subprueba de razonamiento matemático de la Prueba de Aptitud Académica - Versión corta (SAT-M; Zohar, 1990) > 26/35 y con logros excepcionales en matemática (recomendados por sus docentes de matemática por su talento): miembros de olimpiadas o cursos universitarios (con puntaje > 95/100)
- Yan Kong y Benny, 2018 Adolescentes El 27 % más alto del total de registros, cuyas puntuaciones fueron extremadamente altas en ambas áreas: cuestionario para padres sobre el comportamiento de sus hijos en la etapa infantil (capacidad de atención, memoria y empatía) y prueba de matemáticas (pruebas de diseño propio de los autores)
- Ramírez, del Río y Flores, 2018 Adolescentes Estudiantes matriculados en un programa de estimulación del talento matemático a través de una prueba matemática que evalúa la aptitud y la actitud sobre el conocimiento matemático
- Memoria: subprueba de retención de dígitos (memoria a corto plazo) y subprueba de letras y números (memoria de trabajo) de la Escala de Inteligencia de Wechsler (WISC III; Wechsler, 1997), y Prueba de memoria de trabajo de Raven - Escala avanzada - Versión corta visoespacial (Corsi, 1972)
- Velocidad de procesamiento de la información: subprueba de coincidencia visual y subprueba de tachado de números de la Prueba de Habilidades Cognitivas de Woodcock-Johnson (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001); subprueba de dígitos-símbolos y subprueba de búsqueda de símbolos de la Escala de Inteligencia de Wechsler (WISC III; Wechsler, 1997); y ejercicios aritméticos simples (Openhaim- Bitton, 2003)
- Reconocimiento de patrones: Prueba de reconocimiento de patrones de reconocimiento de patrones (Thorndike, Hagen, & Sattler, 1986)
- Atención: Prueba de atención d2 (Brickenkamp, 1994)
- Memoria, habilidad computacional y reconocimiento de patrones: pruebas de diseño propio de los autores
- Reconocimiento de patrones y creatividad: tarea sobre el alfabeto y los dígitos 0-9 en el código Braille (pruebas de diseño propio de los autores)

Morsanyi, Devine, Nobes y Szűcs, 2013	43	Niños	Más de una desviación estándar por encima de la media poblacional en Prueba de Evaluación Matemática para el Aprendizaje y La Enseñanza (MaLT; Williams, 2005) Nota: para la conformación de grupos fueron empleadas también medidas sobre habilidades de lectura y cociente intelectual; como la mayoría de los niños con alta habilidad matemática también tenían puntuaciones altas en ambas medidas, no se emplearon más restricciones para este grupo	Memoria de trabajo verbal: subprueba de span auditivo de la Evaluación Automatizada de la Memoria Operativa (AWMA; Alloway, 2007) Razonamiento lógico: 12 problemas de inferencia transitiva (pruebas de diseño propio de los autores)
Abreu- Mendoza, Chamorro, García-Barrera y Matute, 2018	48	Adolescentes	Más de 1,5 desviación estándar por encima de la media poblacional en la subprueba de computación matemática de la Prueba de Logros de Amplio Rango (WRAT; Wilkinson & Robertson, 2006) y un percentil ≥ 90 en la subprueba de matemática escrita de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (Matute et al., 2007)	Memoria verbal a corto plazo y memoria de trabajo: subprueba de retención de dígitos de la Escala de Inteligencia de Wechsler (WISC IV; Wechsler, 2007) Memoria visual a corto plazo y memoria de trabajo: Prueba de memoria de trabajo visoespacial (Corsi, 1972) Velocidad de procesamiento: Tarea simple de tiempo de reacción (prueba de diseño propio de los autores) Funciones ejecutivas (pruebas de diseño propio de los autores): 1. Tareas de actualización: tareas n-back visual y letras 2. Tareas de inhibición: tarea hacer - no hacer 3. Tareas de cambio: tarea local-global con figuras de Navon
Descó et al., 2011	27	Adolescentes	Participantes de un programa extracurricular de estimulación del talento matemático que selecciona estudiantes a partir de pruebas de pensamiento lógico, representaciones geométricas, razonamiento deductivo y abstracto que miden habilidades matemáticas complejas	Funciones ejecutivas y memoria visoespacial: Torre de Londres (ToL; Newman et al., 2003) Razonamiento fluido y analítico: Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)

Navas-Sánchez et al., 2013	36	Adolescentes	Participantes de un programa extracurricular de estimulación del talento matemático que selecciona estudiantes a partir de pruebas de pensamiento lógico, representaciones geométricas, razonamiento deductivo y abstracto que miden habilidades matemáticas complejas	Funcionamiento intelectual: subpruebas de vocabulario, información y diseño de bloques de la Escala de Inteligencia de Wechsler - Versión corta (WISC III; Ringe et al., 2002)
Zhang, Gan y Wang, 2014	24	Adolescentes	Estudiantes de una clase experimental universitaria de Ciencias e Ingeniería, dirigida a adolescentes con habilidades excepcionales en matemática y ciencias naturales, que además cumplan con los siguientes criterios: (a) ser nominados por sus docentes por su desempeño, (b) ser premiados a nivel nacional o regional en competencias matemáticas y (c) obtener un puntaje > 32/36 en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)	Razonamiento deductivo: tareas de silogismos lógicos (pruebas de diseño propio de los autores)
Zhang, Gan y Wang, 2015b	24	Adolescentes	Estudiantes de una clase experimental universitaria de Ciencias e Ingeniería, dirigida a adolescentes con habilidades excepcionales en matemática y ciencias naturales, que además cumplan con los siguientes criterios: (a) ser nominados por sus docentes por su desempeño, (b) ser premiados a nivel nacional o regional en competencias matemáticas y (c) obtener un puntaje > 32/36 en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)	Razonamiento deductivo: tareas de silogismos lógicos (pruebas de diseño propio de los autores)

Wei et al., 2020	38	Adolescentes	Estudiantes con alta capacidad, rendimiento académico e interés en matemática con puntaje > 32/36 en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)	Razonamiento deductivo: tareas de silogismos lógicos (pruebas de diseño propio de los autores)
Zhang, Wang y Gan, 2013	15	Adolescentes	Estudiantes de una clase experimental universitaria de Ciencias e Ingeniería, dirigida a adolescentes con habilidades excepcionales en matemática y ciencias naturales, que además cumplan con los siguientes criterios: (a) ser nominados por sus docentes por su desempeño, (b) ser premiados a nivel nacional o regional en competencias matemáticas y (c) obtener un puntaje > 32/36 en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)	Razonamiento inductivo: tareas con alto y bajo grado de complejidad, con 3 y 4 números respectivamente (pruebas de diseño propio de los autores)
Zhang, Gan y Wang, 2015a	15	Adolescentes	Estudiantes de una clase experimental universitaria de Ciencias e Ingeniería, dirigida a adolescentes con habilidades excepcionales en matemática y ciencias naturales, que además cumplan con los siguientes criterios: (a) ser nominados por sus docentes por su desempeño, (b) ser premiados a nivel nacional o regional en competencias matemáticas y (c) obtener un puntaje > 32/36 en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada (RAPM; Raven, 1965)	Razonamiento inductivo: tareas con alto y bajo grado de complejidad, con 3 y 4 números respectivamente (pruebas de diseño propio de los autores)

- Leikin et al., 45
2017 a
- Adolescentes Estudiantes matriculados en clases especiales para superdotados ($IQ \geq 130$) con puntaje obtenido en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada - Versión corta (RAPM; Zohar, 1990) $> 26/30$, nota escolar en el curso de matemática - Nivel alto $> 90/100$ y puntaje obtenido en la subprueba de razonamiento matemático de la Prueba de Aptitud Académica - Versión corta (SAT-M; Zohar, 1990) $> 26/35$ y con logros excepcionales en matemática (recomendados por sus docentes de matemática por su talento): miembros de olimpiadas o estudiantes de cursos universitarios (con puntaje $> 95/100$)
- Razonamiento matemático: problemas sobre álgebra (funciones), geometría (área) y problemas no familiares (pruebas de diseño propio de los autores)
- Leikin, Leikin y 43
Waisman,
2017b
- Adolescentes Estudiantes matriculados en clases especiales para superdotados ($IQ \geq 130$) con puntaje obtenido en la Prueba de Matrices Progresivas de Raven - Escala avanzada - Versión corta (RAPM; Zohar, 1990) $> 26/30$, nota escolar en el curso de matemática - Nivel alto $> 90/100$ y puntaje obtenido en la subprueba de razonamiento matemático de la Prueba de Aptitud Académica - Versión corta (SAT-M; Zohar, 1990) $> 26/35$ y con logros excepcionales en matemática (recomendados por sus docentes de matemática por su talento): miembros de olimpiadas o estudiantes de cursos universitarios (con puntaje $> 95/100$)
- Razonamiento matemático: problemas sobre álgebra (funciones), geometría (área) y problemas no familiares (pruebas de diseño propio de los autores)

Resultados

En este apartado abordaremos, de una manera amplia, las dos preguntas específicas que nos formulamos en este estudio, como forma de aproximarnos a un posible perfil neurocognitivo de las personas con altas habilidades en matemática.

Presentaremos, en primer lugar, los factores cognitivos que algunos estudios ya identificaron como asociados a las altas habilidades en matemática, priorizando aquellos de mayor alcance y de carácter predictivo. En segundo lugar, expondremos hallazgos neurobiológicos asociados con las altas habilidades en matemática, destacando aquellos que se vinculan con sus factores cognitivos predictores.

¿Qué habilidades cognitivas predicen las altas habilidades en matemática?

En estudios de cognición, muchos autores se han interesado en investigar la relación entre las habilidades viso-espaciales y las altas habilidades en matemática. En este sentido, Benbow (2012) hace una revisión sobre sus propios trabajos con colegas en SMPY y plantea el carácter predictor de la habilidad espacial como clave para el desarrollo de las altas habilidades en matemática. Las mediciones de dicha habilidad en los participantes con talento matemático cuando eran adolescentes, les permitió a los investigadores anticipar el involucramiento y los logros en el área de matemática/ciencias alcanzados, años más tarde, en su adultez.

Investigadores de la Universidad de Haifa en Israel también sostienen que la superdotación matemática se vincula con las habilidades de visualización. Para ello, Paz-Baruch, Leikin y Leikin (2016) evaluaron habilidades de procesamiento visual en cuatro grupos de estudiantes preuniversitarios: estudiantes superdotados en general con excelencia matemática, estudiantes superdotados en general pero que no destacan en matemática, estudiantes destacados en matemática pero no identificados como superdotados, estudiantes que no son ni superdotados ni excelentes en matemática. Estos autores encontraron que aquellos que fueron identificados como superdotados con excelencia matemática presentaban un rendimiento superior en tareas que requerían un escaneo visual-serial respecto a los demás grupos. Esta capacidad superior para procesar información visual podría ser explicada, según los autores, por su mayor capacidad de memoria de trabajo junto con la inhibición eficiente de su atención hacia la información irrelevante. En este estudio, las diferencias de desempeño en tareas vinculadas al recuerdo de patrones fueron asociadas solo a la superdotación general.

Sin embargo, años más tarde, el mismo grupo de investigadores (Leikin, Leikin, Paz-Baruch, Waisman y Lev, 2017a) demostró que la superdotación matemática no es exactamente la combinación de la superdotación general con la excelencia matemática. Estos investigadores encontraron características únicas en un quinto grupo conformado por estudiantes preuniversitarios con superdotación general, con excelencia matemática y que exhiben además un desempeño superior en esta materia ya sea en las olimpiadas o en cursos universitarios. En la dimensión cognitiva, dichos estudiantes fueron significativamente mejores en tareas vinculadas a la memoria de trabajo y en la precisión del reconocimiento de patrones (indicador de percepción visual) respecto a los estudiantes con excelencia matemática no superdotados y a los superdotados con excelencia matemática, demostrando habilidades para procesar dos conjuntos de información simultáneamente y en paralelo. Según los autores, la activación de dichas habilidades cognitivas podría explicar además la flexibilidad, la originalidad y la creatividad que hallaron en estos estudiantes al resolver problemas aritméticos.

La capacidad de reconocimiento de patrones también fue propuesta como predictor por Yan Kong y Benny (2018). Estos investigadores condujeron un estudio con adolescentes en China, cruzaron los puntajes obtenidos en los cuestionarios que sus padres completaron sobre su comportamiento y los puntajes obtenidos en las pruebas de memoria, lógica y reconocimiento de patrones para identificar aquellos superdotados en matemática. La capacidad de reconocimiento de patrones resultó ser un fuerte predictor en la identificación de la superdotación matemática, en la medida que aumenta la eficacia del predictor principal, que es la memoria, según los resultados de este estudio. Asimismo, identificaron que la habilidad computacional aporta a la ecuación de predicción, pero en menor medida, es decir, funciona como una variable auxiliar.

Ramírez, del Río y Flores (2018) estudiaron el reconocimiento de patrones en adolescentes españoles con talento matemático a partir de una tarea sobre el código Braille. Les propusieron a ellos y al grupo control, conformado por estudiantes no talentosos del mismo colegio, que descubrieran el patrón sobre el cual había sido construido el código Braille y que lo reinventaran para facilitarles la comprensión de la matemática a las personas que lo utilizan. Los estudiantes talentosos en matemática, a diferencia del grupo control, manifestaron efectividad en el uso de la visualización para el hallazgo de patrones a través de dos procesos: reconociendo elementos generadores de patrones en las 10 primeras letras

del alfabeto e identificando la regularidad con que se repiten en el resto del alfabeto y en los dígitos. Asimismo, sus propuestas de invención fueron más sofisticadas y utilizaron contenidos matemáticos menos convencionales.

Otras investigaciones se han dedicado al estudio de las habilidades cognitivas en el continuo de las habilidades matemáticas. Es el caso de Morsanyi, Devine, Nobes y Szűcs (2013) de la Universidad de Cambridge, que examinaron la relación entre la lógica, la matemática y la imaginación en niños con discalculia y en niños con altas habilidades en matemática. En este estudio, los participantes debían razonar lógicamente a partir de contenidos empíricamente falsos, imaginando que el contenido fuera verdad. Los niños con altas habilidades en matemática, demostraron ser más capaces de razonar lógicamente y confiar en su imaginación, mientras que a los niños discalcúlicos les costaba ignorar el conocimiento que habían adquirido en la vida real.

Abreu-Mendoza, Chamorro, Garcia-Barrera y Matute (2018) dieron un paso más en su estudio al probar, con distintos grupos de adolescentes mexicanos, que las funciones ejecutivas que contribuyen a cada uno de los extremos del continuo de las habilidades matemáticas en la adolescencia no siempre son las mismas. En el caso de los adolescentes con talento matemático, fue la capacidad de cambio de instrucciones en tareas de procesamiento local-global la que más contribuyó a la distinción entre ellos y aquellos estudiantes con desempeño típico. Sin embargo, el grupo de adolescentes con dificultades en matemática se caracterizó fundamentalmente por tener un nivel más bajo de desempeño en tareas de actualización de la memoria de trabajo visual en comparación con el grupo control.

¿Qué mecanismos neurobiológicos subyacen a las altas habilidades en matemática?

En estudios de imagen por resonancia magnética, un equipo de investigadores pertenecientes a diversas instituciones científicas y médicas madrileñas, se han interesado en estudiar los sustratos neurales del razonamiento fluido y la memoria de trabajo viso-espacial en adolescentes con altas habilidades en matemática. Desco et al. (2011) evaluaron a adolescentes con precocidad en habilidades matemáticas y a un grupo control de sujetos con habilidad matemática promedio durante la resolución de tareas no verbales para medir las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo visoespacial, el razonamiento fluido y analítico. Si bien ambos grupos mostraron activaciones significativas en la red frontoparietal, responsable del razonamiento fluido y de la memoria de trabajo viso-espacial, los adolescentes matemáticamente precoces mostraron mayor bilateralismo y mayor activación del hemisferio derecho que los controles. Asimismo, al aumentar el nivel de complejidad durante la prueba de razonamiento fluido, únicamente el grupo experimental presentó un incremento significativo en sus activaciones de la red frontoparietal. Los autores concluyen, por un lado, que más patrones de activación bilateral podrían subyacer para lograr una mayor capacidad de resolución de tareas analíticas y viso-espaciales complejas que demandan un fuerte razonamiento lógico. Por otro lado, el incremento en la activación de las regiones frontal y parietal podría ser lo que dota al grupo experimental de mayor capacidad para resolver tareas que implican razonamiento relacional con información simbólica y espacial.

Años más tarde, el mismo equipo de investigadores (Navas-Sánchez et. al, 2013) estudiaron la microestructura de la materia blanca en adolescentes con talento para las matemáticas y un grupo control de sujetos de la misma edad y nivel educativo, con capacidad promedio. El grupo experimental, a diferencia del grupo control, mostró una organización diferenciada de la materia blanca, tanto en los tractos de asociación fronto-parietal y fronto-estriatal, como en algunas regiones del cuerpo calloso. Los adolescentes talentosos presentaron una conectividad anatómica mejorada, independientemente de su coeficiente intelectual, que permite la transferencia eficiente de información entre los hemisferios y podría explicar el razonamiento fluido superior, habilidades viso-espaciales mejoradas y pensamiento creativo que los caracterizaba. Otra conclusión interesante a la que arriban estos autores, a partir de la observación de que la microestructura de la materia blanca se correlaciona de forma diferente con la superdotación matemática y con el coeficiente intelectual, es que se trata de constructos diferentes.

Otras investigaciones, que presentamos a continuación, han estudiado la actividad cerebral en la red frontoparietal -muy asociada al pensamiento matemático- a través de las señales emitidas por estudios de electroencefalograma, mientras los sujetos resuelven tareas de razonamiento deductivo o inductivo.

Zhang, Gan y Wang (2014) llevaron a cabo una investigación en China, en la cual le propusieron a un grupo de adolescentes con superdotación en matemática y a un grupo control conformado por sujetos de habilidad matemática promedio analizar la validez de silogismos lógicos. El grupo de superdotados en matemática, en comparación con el grupo control, mostró una red frontoparietal más altamente integrada durante su razonamiento deductivo. Los autores consideraron que la optimización de la sincronización gama que observaron, es lo que subyace al pensamiento lógico superior, pues mejora la

unión funcional de las cortezas frontoparietales con conexiones más estables y mayor flexibilidad para la reconfiguración oportuna de la red, lo que permite un procesamiento de la información más eficiente durante la tarea, esto es mayor precisión en las respuestas y menos tiempo de reacción. En este mismo estudio, Zhang, Gan y Wang (2015b) investigaron la reorganización funcional de la red neurocognitiva de banda theta durante el razonamiento deductivo. Los autores concluyeron que los adolescentes talentosos en matemática mostraron una reorganización adaptativa más significativa en la medida en que realizaron un fuerte esfuerzo neuronal, invirtiendo más recursos cognitivos, que movilizaron temporalmente un espacio de trabajo neuronal global mejorado para resolver la tarea.

En otro estudio en China, Wei et al. (2020), también estudiaron a un grupo de adolescentes con superdotación en matemática y a otro con alta capacidad cognitiva general, durante el análisis de silogismos lógicos. A diferencia del estudio anterior, los autores notaron que solo en la etapa inicial de la conclusión de la tarea de inferencia, los adolescentes con talento matemático, en comparación con el grupo control, mostraron valores de densidad causal más altos -estrecha relación entre los nodos de la red- en la banda theta, indicando un procesamiento de la información de la memoria de trabajo más fuerte en las regiones frontoparietales. La situación para estos individuos fue inversa en las etapas media y tardía del proceso de toma de decisión, observándose menos flujo de información en las regiones parietales anterior y posterior de su cerebro, por lo que los autores especulan que ellos finalizaron antes su razonamiento y procedieron a un modo de trabajo automático.

Zhang, Wang y Gan (2013) midieron la actividad cerebral de dos grupos de adolescentes chinos, uno compuesto por superdotados en matemática y un grupo control con estudiantes de rendimiento medio en matemática, durante la realización de tareas de razonamiento inductivo. Con dos niveles de complejidad, los participantes debían inducir la regla común de cálculo entre los números ubicados en los ángulos de dos triángulos/cuadrados y verificar si se cumplía en un tercer triángulo/cuadrado. El grupo experimental mostró reclutar más recursos neuronales en la corteza frontoparietal para tareas complejas, pero menos para tareas simples. Particularmente, los autores identificaron la activación del lóbulo frontal derecho como indicador de la eficiencia neuronal. En una extensión de su análisis, Zhang, Gan y Wang (2015a), identificaron una red de distribución frontoparietal lateral derecha, muy involucrada en la eficiencia neuronal del cerebro del sujeto superdotado en matemática, que incluye principalmente las regiones frontal superior bilateral, frontal inferior derecha, central lateral derecha y temporal derecha. Esta cualidad podría ser, según los autores, la característica funcional de la habilidad matemática superior, asociada al pensamiento creativo de los superdotados en matemática. Además, hallaron que el aprendizaje a corto plazo ejerce una mayor influencia en la actividad cerebral de los adolescentes superdotados en matemática que en los del grupo control.

Asimismo, Leikin, Leikin y Waisman (2017b) y Leikin et al. (2017a), presentado anteriormente, analizaron la actividad cerebral de todos los participantes del estudio mientras resolvían tres problemas matemáticos, dos basados en el aprendizaje del álgebra (funciones) y la geometría (área), y un problema no familiar (con una solución simple, pero difícil de descubrir). Estos investigadores conformaron cuatro grupos de estudiantes pre-universitarios combinando sus condiciones de superdotación y de excelencia matemática y un quinto grupo conformado por estudiantes superdotados con excelencia matemática y además distinguidos en olimpiadas o en cursos universitarios. Este último grupo presentó características únicas en la dimensión neurocognitiva, mostrando potenciales eléctricos mucho más bajos durante la presentación de la pregunta en el problema no familiar y en el problema geométrico, en comparación con los otros dos grupos con excelencia matemática (de superdotados y no superdotados) que no tuvieron diferencias significativas entre ellos. Los autores asocian este hallazgo a la hipótesis de neuroeficiencia que sostiene que los individuos más capaces muestran una menor activación cerebral al realizar tareas cognitivas (Neubauer y Fink, 2009). Ellos especulan que este efecto aparece cuando la tarea es más compleja y recién en la segunda etapa, en la cual se muestra la pregunta, porque los participantes del grupo experimental se anticipan a ella en la primera etapa cuando se introduce la situación y comienzan a resolver, dedicando allí los recursos necesarios acordes a tal demanda cognitiva. Si bien el efecto de neuroeficiencia es el resultado principal de los autores en la dimensión neurocognitiva, el concepto es controvertido y lo retomaremos en el apartado de discusión.

Discusión y Conclusiones

La utilidad y pertinencia de este estudio y sus resultados radica en los beneficios que trae aparejados comprender el perfil neurocognitivo de las personas con altas habilidades en matemática tanto para la enseñanza como para el trabajo clínico, así como también para el desarrollo de futuros estudios de investigación.

Esta revisión deja en evidencia la existencia de un perfil neurocognitivo específico en las personas con altas habilidades en matemática que nos alienta a pensar que éstas aprenden de forma diferente y, por tanto, necesitarán ciertos ajustes en su educación que faciliten el desarrollo oportuno de su talento.

En la dimensión cognitiva, las personas con altas habilidades en matemática se caracterizan fundamentalmente por una fuerte memoria de trabajo y habilidades viso-espaciales mejoradas, que no solo incluyen la habilidad espacial, sino también habilidades de percepción visual como las que entran en juego en tareas de reconocimiento de patrones, generalmente asociadas al razonamiento fluido.

Asimismo, se pueden identificar ciertos correlatos neurales asociados a este perfil como mayor bilateralismo y un incremento en la activación cerebral de las regiones frontal y parietal. Las personas con altas habilidades en matemática muestran una red frontoparietal más extensa en el hemisferio derecho -respecto a los controles- que podría estar asociada a su creatividad para la resolución de problemas matemáticos y al efecto de neuroeficiencia.

Sin embargo, observamos cierta inestabilidad entre los hallazgos neurobiológicos, fundamentalmente en torno al concepto de neuroeficiencia. Al parecer, el efecto de neuroeficiencia varía según el tipo de tarea, el grado de complejidad, la etapa de resolución de la tarea, si hay o no aprendizaje por parte del sujeto, su nivel de inteligencia y su grado de expertise en matemática, entre otros factores. Por el contrario, consideramos que los hallazgos a nivel cognitivo no presentan tantas fluctuaciones como los hallazgos presentados a nivel neurobiológico.

Implicancias para la enseñanza

Con este estudio intentamos subrayar la importancia de reconocer -especialmente en el ámbito educativo- que en el desarrollo del talento matemático intervienen otras aptitudes cognitivas además de la habilidad numérica, como el razonamiento abstracto y la habilidad espacial. Estos hallazgos pueden ser la base para generar estrategias pedagógicas útiles, tanto para identificar a los estudiantes con altas habilidades en matemática como para intervenir en el desarrollo de su talento.

En primer lugar, al conocer las habilidades cognitivas que están asociadas al talento matemático podemos buscar las diferentes señales o manifestaciones que éstas dan en las distintas etapas del desarrollo para la identificación temprana. Una buena práctica sería incluir en las pruebas diagnósticas que se aplican a inicios de cada año escolar, problemas matemáticos que exijan la activación de estas habilidades clave para identificar a estudiantes con altas habilidades en matemática.

En segundo lugar, los hallazgos cognitivos nos orientan en cuanto a cuáles habilidades desarrollar en los estudiantes con altas habilidades en matemática para que desplieguen al máximo su potencial. Respecto a la habilidad espacial, son recomendables las tareas que exijan, a partir de estímulos viso-espaciales, la manipulación y transformación mental de objetos de dos y tres dimensiones (rotación, plegado, desarrollo, etc.). En cuanto al razonamiento abstracto, se sugieren los problemas que son novedosos que requieren la deducción lógica de patrones en una secuencia, serie, matriz, etc. Este tipo de tareas, a diferencia de las que se suelen proponer en las aulas de matemática, casi no requieren conocimientos formales del área.

Es imprescindible que los estudiantes con altas habilidades en matemática se enfrenten a desafíos, a verdaderas oportunidades para emplear sus habilidades cognitivas en la resolución de problemas, pues es la única manera de que se mantengan motivados y, por tanto, aprendan y continúen desarrollando su talento. Esto puede implicar la planificación de actividades que exijan mayores niveles de abstracción y que muchas veces requiere trabajar con contenidos más avanzados o a un nivel más profundo del que el estudiante se encuentra cursando. Siempre que el estudiante finalice antes su tarea o que ya haya aprendido el tema, es deseable sustituir la ejercitación matemática excesiva -que se vuelve rutinaria y aburrida- por problemas matemáticos que alimenten su curiosidad, lo desafíen a demostrar su creatividad y exijan su intuición para la exploración de diversos caminos y la elaboración de estrategias de resolución.

Más aún, conociendo los factores predictivos de las altas habilidades en matemática, podemos intervenir en las prácticas educativas incorporando el desarrollo de dichas habilidades, desde temprana edad, en todos los estudiantes. Para ello, insistimos en que es necesario alinear los planes de estudio a estos objetivos, más allá de los contenidos.

Implicancias para el trabajo clínico

Una evaluación precisa es el paso inicial para el trabajo en conjunto del ámbito clínico y la institución educativa, el cual promueve la integración de los diferentes espacios de trabajo del alumno y favorece su motivación por permanecer en el sistema.

En este marco, los resultados de este estudio orientan en cuanto a cuáles son las aptitudes cognitivas que no se pueden dejar de evaluar en un proceso de identificación de las altas habilidades en matemática, para aproximarnos mejor al perfil del evaluado. Asimismo, si entendemos que las altas habilidades en matemática tienen sus especificidades, sería apropiado

desarrollar procesos de valoración de las altas habilidades que integren, a la evaluación con tests psicométricos, pruebas de dominio específico.

Por otra parte, el asesoramiento de los equipos técnicos externos a la institución educativa es vital para la búsqueda en conjunto de formas de trabajo desafiantes. En este sentido, los resultados de este estudio también aportan al diseño de tareas como mencionamos anteriormente en el apartado de Implicancias para la enseñanza.

Implicancias para la investigación

Conocer los perfiles cognitivos de las personas con altas habilidades en matemática genera aportes también en el ámbito académico. Por un lado, nos permite seleccionar con acierto a los sujetos que integran los grupos experimentales, fundamental para arribar a resultados pertinentes. Por otro lado, nos brinda insumos para la construcción de instrumentos de evaluación específicos para la correcta identificación de las altas habilidades en matemática.

La investigación también podría aportar al surgimiento de nuevas herramientas (ej. apps, recursos didácticos y metodologías de enseñanza que faciliten el desarrollo de la cognición numérica temprana. Esta acción se traduciría en una mejora del aprendizaje de la matemática, causando un impacto positivo en los resultados educativos.

Finalmente, consideramos a partir de esta revisión que sería beneficioso aumentar el volumen de estudios en 3 aspectos que consideramos clave y que la literatura revisada no muestra grandes avances. Por un lado, la necesidad de más estudios que apunten a verificar que efectivamente los factores cognitivos que evalúan en los grupos experimentales con superdotación matemática son predictores específicos de la alta habilidad matemática. Asimismo, es importante abordar con detalle las diferencias por género. Este tema apunta a conocer posibles diferencias en las habilidades cognitivas ligadas a las altas habilidades matemáticas según el género ya que a nivel global se está apuntando a que más mujeres tengan participación en ámbitos STEM. Por último, consideramos como otro vacío en la literatura existente, la integración de la evaluación de habilidades blandas y su interacción con las habilidades cognitivas en los grupos experimentales con talento matemático y los efectos que puede tener el entrenamiento en dichas habilidades.

Limitaciones del estudio

Somos conscientes que acotamos la búsqueda a la especificidad de la superdotación matemática, corriendo el riesgo de dejar fuera otros estudios que aportan hallazgos importantes a nivel neurocognitivo como, por ejemplo, los que estudian el rendimiento superior en matemática. No obstante, creemos válido el esfuerzo por identificar los factores cognitivos asociados específicamente a las altas habilidades matemáticas y su aporte a la práctica, pues genera insumos en relación a cómo incorporar la educación diferenciada para la población con superdotación matemática en la educación matemática general. Estos insumos constituyen una oportunidad para intervenir, ya que nos orientan en cuanto a qué valorar a la hora de identificar y desarrollar las altas habilidades en matemática.

La existencia de un perfil neurocognitivo diferente en las personas con altas habilidades en matemática exige, además, la formación de los distintos profesionales de la educación y la creación de políticas educativas, desarrolladas desde una perspectiva de derechos, que garantice una educación justa para esta población estudiantil.

ORCID Autores

Mag. Natalia Colino: 0000-0001-9308-6293

Dr. Alejandro Maiche: 0000-0002-5006-1544

REFERENCIAS

- Abreu-Mendoza, R. A., Chamorro, Y., Garcia-Barrera, M. A., y Matute, E. (2018). The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence. [Las contribuciones de las funciones ejecutivas a las dificultades de aprendizaje matemático y el talento matemático durante la adolescencia]. PLOS ONE, 13(12), e0209267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209267>
- *Benbow, C. P. (2012). Identifying and nurturing future innovators in Science, Technology, Engineering, and Mathematics: A review of findings from the Study of Mathematically Precocious Youth. [Identificación y fomento de futuros innovadores en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas: Una revisión de los hallazgos del Estudio de Jóvenes Matemáticamente Precoces]. Peabody Journal of Education, 87(1), 16–25. <https://doi.org/10.1080/0161956x.2012.642236>

- Dai, D. Y. (2018). A history of giftedness: A century of quest for identity. [Una historia de superdotación: Un siglo de búsqueda de identidad]. In S. I. Pfeiffer, E. Shaunessy-Dedrick, & M. Foley-Nicpon (Eds.), *APA handbooks in psychology®*. APA handbook of giftedness and talent [APA manual de superdotación y talento] (p. 3–23). American Psychological Association. <http://dx.doi.org/10.1037/0000038-001>
- *Desco, M., Navas-Sanchez, F. J., Sanchez-González, J., Reig, S., Robles, O., Franco, C., Guzmán-De-Villoria, J.A., García-Barreno, P. y Arango, C. (2011). Mathematically gifted adolescents use more extensive and more bilateral areas of the fronto-parietal network than controls during executive functioning and fluid reasoning tasks. [Los adolescentes superdotados en matemática usan áreas más extensas y más bilaterales de la red fronto-parietal que los controles durante el funcionamiento ejecutivo y las tareas de razonamiento fluido]. *Neuroimage*, 57(1), 281-292. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.063>
- Gagné, F. (2020). Differentiating giftedness from talent: The DMGT perspective on talent development. [Diferenciando la superdotación del talento: la perspectiva de DMGT sobre el desarrollo del talento]. Routledge.
- Gelbart, D. (2007). Cognitive abilities that underlie mathematics achievement: a high ability perspective [Habilidades cognitivas que subyacen al rendimiento en matemáticas: una perspectiva de alta habilidad] (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- *Leikin, R., Leikin, M., Paz-Baruch, N., Waisman, I., y Lev, M. (2017a). On the four types of characteristics of super mathematically gifted students. [Sobre los cuatro tipos de características de los estudiantes superdotados en matemática]. *High Ability Studies*, 28(1), 107–125. <https://doi.org/10.1080/13598139.2017.1305330>
- *Leikin, R., Leikin, M., y Waisman, I. (2017b). What Is Special About the Brain Activity of Mathematically Gifted Adolescents? [¿Qué tiene de especial la actividad cerebral de los adolescentes matemáticamente superdotados?]. In *Creativity and Giftedness [Creatividad y Superdotación]* (pp. 165-181). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38840-3_11
- *Morsanyi, K., Devine, A., Nobes, A., y Szűcs, D. (2013). The link between logic, mathematics and imagination: evidence from children with developmental dyscalculia and mathematically gifted children. [El vínculo entre la lógica, las matemáticas y la imaginación: evidencia de niños con discalculia del desarrollo y niños superdotados en matemáticas]. *Developmental Science*, 16(4), 542–553. <https://doi.org/10.1111/desc.12048>
- *Navas-Sánchez, F. J., Alemán-Gómez, Y., Sánchez-Gonzalez, J., Guzmán-De-Villoria, J. A., Franco, C., Robles, O., Arango, C., y Desco, M. (2013). White matter microstructure correlates of mathematical giftedness and intelligence quotient. [La microestructura de la materia blanca se correlaciona con el talento matemático y el cociente de inteligencia]. *Human Brain Mapping*, 35(6), 2619–2631. <https://doi.org/10.1002/hbm.22355>
- Neubauer, A. C., y Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. [Inteligencia y eficiencia neuronal]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(7), 1004-1023. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.04.001>
- *Paz-Baruch, N., Leikin, R., y Leikin, M. (2016). Visual processing in generally gifted and mathematically excelling adolescents. [Procesamiento visual en adolescentes superdotados en general y con excelencia en matemática]. *Journal for the Education of the Gifted*, 39(3), 237–258. <https://doi.org/10.1177/0162353216657184>
- *Ramírez Uclés, R., del Río Cabeza, A., y Flores Martínez, P. (2018). Mathematical talent in Braille code pattern finding and invention. [Talento matemático en la búsqueda e invención de patrones del código Braille]. *Roeper Review*, 40(4), 255-267. <https://doi.org/10.1080/02783193.2018.1501782>
- Tourón, J., y Tourón, M. (2016). Identification of verbal and mathematical talent: the relevance of 'out of level' measurement. [Identificación del talento verbal y matemático: la relevancia de la medición 'fuera de nivel']. *Anales de psicología*, 32(3), 638-651. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.32.3.259401>
- *Wei, M., Wang, Q., Jiang, X., Guo, Y., Fan, H., Wang, H., y Lu, X. (2020). Directed connectivity analysis of the brain network in mathematically gifted adolescents. [Análisis de conectividad dirigida de la red cerebral en adolescentes matemáticamente superdotados]. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2020, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2020/4209321>
- Winner, E. (2000). The origins and ends of giftedness. [Los orígenes y fines de la superdotación]. *American Psychologist*, 55, 159-169. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.159>
- *Yan Kong, F. Z. y Benny, Y.C. (2018). Pattern recognition for identifying mathematically gifted children. [Reconocimiento de patrones para la identificación de niños superdotados en matemáticas]. En 7th Annual International Conference on Cognitive and Behavioral Psychology.
- *Zhang, L., Wang, H., y Gan, J. Q. (2013). EEG-based cortical localization of neural efficiency related to mathematical giftedness. [Localización cortical basada en EEG de la eficiencia neuronal relacionada con la superdotación matemática]. En *International Conference on Neural Information Processing* (pp. 25-32). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-42054-2_4
- *Zhang, L., Gan, J. Q., y Wang, H. (2014). Optimized gamma synchronization enhances functional binding of fronto-parietal cortices in mathematically gifted adolescents during deductive reasoning. [La sincronización gamma optimizada mejora la unión funcional de las cortezas fronto-parietales en adolescentes matemáticamente superdotados durante el razonamiento deductivo]. *Front. Hum. Neurosci.* 8:430. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00430>
- *Zhang, L., Gan, J. Q., y Wang, H. (2015a). Localization of neural efficiency of the mathematically gifted brain through a feature subset selection method. [Localización de la eficiencia neuronal del cerebro matemáticamente superdotado a través de un método de selección de subconjuntos de características]. *Cogn. Neurodyn.*, 9, 495–508. <https://doi.org/10.1007/s11571-015-9345-1>
- *Zhang, L., Gan, J. Q., y Wang, H. (2015b). Mathematically gifted adolescents mobilize enhanced workspace configuration of theta cortical network during deductive reasoning. [Los adolescentes matemáticamente superdotados movilizan una configuración mejorada del espacio de trabajo de la red cortical theta durante el razonamiento deductivo]. *Neuroscience* 289, 334–348. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.12.072>