

ADAPTACIÓN DE TAREAS PARA DETECTAR EL TALENTO MATEMÁTICO EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL BASADA EN EL ANÁLISIS DE LAS HABILIDADES DE VISUALIZACIÓN Y LA GENERALIZACIÓN¹

ADAPTATION OF TASKS TO DETECT MATHEMATICAL TALENT IN PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENT BASED ON THE ANALYSIS OF VISUALIZATION AND GENERALIZATION SKILLS

Maria Cristina Cardona RENDÓN²
Rafael Uglez RAMÍREZ³
María Consuelo Santiago CAÑADAS⁴

RESUMEN: En este trabajo se analizan las habilidades de visualización y la generalización en la resolución por una persona ciega de dos tareas propuestas para la identificación del talento matemático. A partir de este análisis, se establecen algunas pautas para adaptar las tareas y se contrastan con las habilidades requeridas en la prueba original, especialmente en las relativas a las características del talento asociadas a la generalización. Se evidencia que las personas con discapacidad visual requieren la manifestación de otras habilidades, como por ejemplo la memoria visual y la percepción de las relaciones espaciales que no son imprescindibles en el planteamiento original.

PALABRAS CLAVE: Adaptación de tareas. Discapacidad visual. Generalización. Talento matemático. Visualización.

RESUMO: Neste trabalho, analisamos as capacidades de visualização e de generalização na resolução por uma pessoa cega de duas tarefas propostas para a identificação de talentos matemáticos. A partir dessa análise, foram estabelecidas algumas diretrizes para a adaptação das tarefas e contrastadas com as competências exigidas no teste original, especialmente as relacionadas às características do talento associadas à generalização. Verificamos que as pessoas com deficiência visual requerem a manifestação de outras capacidades, tais como a memória visual e a percepção de relações espaciais, que não são essenciais na abordagem original.

PALAVRAS-CHAVE: Adaptação de tarefas. Deficiência visual. Generalização. Talento matemático. Visualização.

ABSTRACT: In this work, we analyze the visualization skills and generalization in the resolution by a blind person of two tasks proposed for the identification of mathematical talent. From this analysis, some guidelines were established to adapt the tasks and contrasted with the skills required in the original test, especially those related to the characteristics of talent associated with generalization. We verified that people with visual impairment require the manifestation of other skills, such as visual memory and perception of spatial relationships, which are not essential in the original statement.

KEYWORDS: Adaptation of tasks. Visual impairment. Generalization. Mathematical talent. Visualization.

¹ <https://doi.org/10.1590/1980-54702022v28e0048>

² Profesional de apoyo en áreas tifológicas en el programa UAI de la Secretaría de Educación de Medellín/Colombia. Licenciada en matemáticas y física de la Universidad de Antioquia con Máster en Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada España. Ha participado como investigadora y asesora pedagógica en los proyectos “Enseñanza de la geometría con el geoplano como mediador” de la Universidad de Antioquia y BlindTex – desarrollo de herramientas y protocolos para la accesibilidad de documentos matemáticos en el ámbito de las ciencias exactas y naturales para personas con discapacidad visual de la Universidad Nacional de Colombia (<http://blindtex.org/>). Medellín/Colombia. E-mail: maria.cardonar@udea.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7540-6000>

³ Professor titular del Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Es coordinador de la especialidad de Matemáticas del Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Profesor y coordinador del Proyecto ESTALMAT en Andalucía: Proyecto para la detección y el estímulo del talento precoz en Matemáticas de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Granada/España. E-mail: rramirez@ugr.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8462-5897>

⁴ Catedrática del Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Es responsable del grupo de investigación “Didáctica de la Matemática. Pensamiento Numérico” (<http://fqm193.ugr.es/>). Coordinadora del Máster en Didáctica de la Matemática (<http://mesteres.ugr.es/didacticamatematica/>). Investigadora principal de varios proyectos de investigación sobre pensamiento algebraico (www.pensamientoalgebraico.es). Granada/España. E-mail: mconsu@ugr.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5703-2335>

1 INTRODUCCIÓN

Relevantes organismos internacionales implicados en la educación matemática subrayan la importancia de la atención a la diversidad en el aula (e.g., National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2001). Esto supone un mayor reto en el caso del alumnado con doble excepcionalidad, como puede ser el caso de personas ciegas que a su vez sean talentos matemáticos. La identificación de estas necesidades y la atención adecuada son cruciales para que puedan ser educados de acuerdo a su capacidad, lo que les permitirá desarrollar su potencial y posteriormente contribuir al desarrollo de la sociedad.

En foros de investigación sobre Educación Matemática, como por ejemplo los simposios del International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME) o de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM, entre otros) se encuentran investigaciones sobre la enseñanza de las matemáticas para personas ciegas y el talento matemático de forma separada. Sin embargo, son escasas las investigaciones recientes que aborden de manera conjunta esta doble excepcionalidad, pese a haberse reconocido su relevancia en publicaciones especializadas en la atención a la diversidad (Colangelo & Davis, 2008) donde se incita a desarrollar investigaciones en esta línea para mejorar las prácticas educativas y los servicios especializados que requiere dicha condición.

La ceguera no es un impedimento para el estudio o entendimiento de las matemáticas; aunque supone una vía de acceso diferente a la información. En este sentido, en este trabajo abordamos diferentes cuestiones relativas a la adaptación de pruebas a personas ciegas para identificar su talento matemático: ¿evalúan las mismas características que la prueba inicial? ¿la adaptación constituye en sí una dificultad o ventaja para la persona ciega que se está evaluando?

Estas preguntas son relevantes en la medida en que para diagnosticar el talento matemático en los estudiantes se utilizan adaptaciones de test o cuestionarios que evalúan diversas características, entre ellas generalización y habilidades de visualización, de las cuales nos ocuparemos en este estudio. La cuestión adquiere un matiz especial en los casos “competitivos”, en los que se comparan rendimientos de estudiantes ciegos con el resto. En relación a la generalización, numerosos autores la han señalado como una característica de los estudiantes con talento matemático (entre otros, Freiman, 2006; Krutetskii, 1976). En cambio, en otras características que adquieren especial interés en el caso de las personas ciegas asociadas al sentido espacial o la visualización, no hay un consenso generalizado. Algunos autores no reconocen una relación directa entre visualización y mayor rendimiento matemático (Gruessing, 2011; Rabab’h & Veloo, 2015; Rivera, 2011), en cambio, otras investigaciones señalan los aspectos visuales como relevantes en la caracterización del talento matemático (Presmeg, 1986; Ramírez, 2012).

Por lo expuesto y con intención de aportar información para la elaboración de pruebas que diagnostiquen el talento matemático en las personas ciegas, en este trabajo abordaremos la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo influye en la manifestación de la generalización y las habilidades de visualización de los estudiantes ciegos la adaptación de pruebas del diagnóstico del talento matemático?

2 MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES

2.1 DISCAPACIDAD VISUAL Y TALENTO MATEMÁTICO

De acuerdo con La Organización Mundial de la Salud ([OMS], 2013), la discapacidad visual se presenta cuando hay una deficiencia funcional en el órgano de la visión y de las estructuras y funciones asociadas, y está determinada por los niveles de deterioro de la función visual, que viene dada por la pérdida o disminución de la agudeza visual y del campo visual de cada uno de los ojos por separado, o la ausencia total de ambos campos. La ceguera, siendo el caso que abordaremos en este estudio, se refiere a una pérdida total de la visión, o bien que la poca que se posea sea tan reducida que no permita desarrollar actividades utilizando esta vía de percepción (Pérez Ruiz, s.f.). Según Pérez Ruiz (s.f.) uno de los problemas que enfrentan las personas con ceguera es el conocimiento del espacio que les rodea, así como el movimiento y la orientación en el entorno. Esto puede significar un retraso de la persona ciega con respecto a la persona con visión normal en aquellos aspectos de su desarrollo cognitivo más relacionados con problemas figurativos y espaciales, más aún si tenemos en cuenta que un elevado porcentaje de información que se obtiene del entorno se hace a través de la visión.

Debido a que en este trabajo nos proponemos analizar la influencia de la discapacidad visual en la manifestación de características asociadas al talento matemático, lo que incluye analizar habilidades matemáticas concretas (en este caso particularmente las asociadas al sentido espacial y generalización), nos apoyaremos en la definición general planteada por Passow (1993) quien postula que los niños superdotados y talentosos son aquellos que son capaces de un alto rendimiento en áreas como habilidad intelectual general, aptitudes académicas específicas, pensamiento creativo o productivo, habilidad de liderazgo, artes visuales e interpretativas y habilidades psicomotoras. Cuando la aptitud académica específica es en el contexto matemático, algunos modelos lo caracterizan en relación a los procesos de resolución de problemas como componentes del talento general (Leikin et al., 2009). Esta definición general puede perfilarse y concretarse para el área de las matemáticas si se tienen en cuenta las características propias del talento matemático enunciadas por autores como Greenes (1981), Miller (1990) y Freiman (2006). Estos autores proponen un listado de características del talento matemático que, si bien se diferencian en algunos matices, al buscar la interrelación entre ellas podemos concluir que el concepto de talento matemático se define en términos de la superioridad manifestada en algunos procesos matemáticos. Por ejemplo, la abstracción, generalización, discernimiento de estructuras, control de los datos, capacidad para invertir operaciones matemáticas, pensamiento analógico y heurístico en la toma de decisiones en situaciones de resolución de problemas, visualización de relaciones, entre otros (Ramírez, 2012).

Por su parte Starr (2003), Rangni y Costa (2016), Lopes y Coutinho (2016) llevan a cabo investigaciones en las que se concluye la deficiencia de pautas en la literatura para identificar a estudiantes ciegos superdotados, sumado al uso de métodos o instrumentos inadecuados que pueden no resaltar e incluso socavar sus fortalezas y habilidades; en general, hay una ausencia de oportunidades para la demostración de altas habilidades por parte de personas ciegas. Si lo particularizamos para el caso del talento matemático, que es tan solo una parte de la condición de superdotado, el panorama es aún más desalentador. Al respecto, destacamos el estudio de Viginheski et al. (2016) quienes analizaron el desempeño de dos estudiantes ciegos de 7º y 8º grado en las Olimpiadas Brasileñas de Matemáticas (OBMEP), teniendo en cuenta

las condiciones de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas que se les proporcionó en el aula. En el caso particular de los estudiantes ciegos, se resalta la falta de adaptación del material que se utiliza en clase para la instrucción, la cual, de acuerdo con los profesores participantes en el estudio y lo reportado en investigaciones anteriores, se lleva a cabo de forma oral, siendo en algunas ocasiones el único medio de acercamiento a las matemáticas por parte del estudiante ciego. Esta situación, según las autoras, no favorece la formación y mucho menos la generalización de conceptos, lo que contribuye de manera negativa en aspectos como la resolución de problemas.

En esta misma línea Molina (1999) encontró en su investigación doctoral sobre la enseñanza de geometría a estudiantes ciegos que estos realizaron considerablemente más tarde las tareas que requerían habilidades espaciales-manipulativas. Postuló que una de las dificultades que se presentan en el estudio de la geometría para el estudiante ciego reside en que el tacto, a diferencia del ojo que permite ver la figura en su conjunto y las relaciones entre sus partes de manera simultánea, es más lento en el reconocimiento de la figura al tener que recorrerla con los dedos e ir inspeccionando cada una de sus partes primero de manera aislada para luego tener una imagen completa de la figura y la impresión de sus magnitudes. Es decir que el estudiante ciego encuentra más dificultad en la comprensión de las condiciones básicas del problema geométrico que en la naturaleza misma de su resolución, lo que se puede extrapolar para toda situación matemática que involucre un gráfico o figura en su planteamiento.

2.2 HABILIDADES DE VISUALIZACIÓN

Gutiérrez (1996) presenta un reconocido marco teórico sobre visualización en educación matemática. Sintetiza las diferentes concepciones sobre percepción visual encontrando cuatro elementos básicos presentes en todas ellas: a) imágenes mentales, que hacen referencia a las representaciones mentales que nos hacemos sobre objetos físicos, relaciones, conceptos, etc.; b) representaciones externas, que se refieren a las representaciones verbales o gráficas de conceptos o propiedades que ayudan a crear o transformar imágenes mentales y a hacer razonamiento visual; c) los procesos, en los que las imágenes visuales se manipulan en la actividad de visualización; y finalmente d) las habilidades, referidas a la capacidad para crear y procesar imágenes visuales. De estos cuatro elementos, en nuestra investigación pondremos el foco sobre las habilidades. En este trabajo nos acogemos a las siete habilidades recopiladas por Del Grande (1990) pues también nos permiten un análisis operativo de nuestros datos, centrándonos en determinar la manifestación de estas habilidades:

- Coordinación visomotora: Habilidad para seguir con los ojos el movimiento de los objetos de forma ágil y eficaz.
- Percepción figura-contexto: Habilidad para reconocer una figura aislándola de su contexto, en el que aparece camuflada o distorsionada por la superposición de otros elementos gráficos.
- Conservación de la percepción: Habilidad para reconocer que un objeto mantiene su forma, aunque cambie de posición o deje de verse total o parcialmente.

- Percepción de la posición en el espacio: Habilidad del observador para relacionar su propia posición (o la de un objeto que actúa como punto de referencia) con la de otro objeto. Incluye la percepción de inversiones y giros de figuras.
- Percepción de las relaciones espaciales: Habilidad que permite identificar correctamente las relaciones internas entre diversos objetos situados simultáneamente en el espacio.
- Discriminación visual: Habilidad que permite comparar varios objetos identificando sus semejanzas y diferencias visuales, independientemente de su posición.
- Memoria visual: Habilidad para recordar las características visuales y de posición que tenían en un momento dado un conjunto de objetos que estaban a la vista pero que ya no se ven o que han sido cambiados de posición.

Thinus-Blanc y Gaunet (1997), revisaron algunos estudios que se realizaron sobre la incidencia de la experiencia visual temprana en el desarrollo de las habilidades espaciales, encontrando que algunos autores reportan déficits importantes en el caso de la privación visual temprana, mientras que otros no encuentran evidencias de efectos negativos. Las autoras destacan el papel fundamental que juega la visión en la cognición espacial, puesto que ésta afecta de manera directa la construcción de representaciones espaciales. Desde la percepción háptica las construcciones espaciales también se hacen de manera secuencial, pero con evidentes limitaciones debidas al alcance del tacto que se restringe a lo cercano, mientras lo lejano es desconocido.

En algunos de estos estudios se reportó que las personas con ceguera temprana cometieron muchos más errores de emparejamiento y un aumento considerable en los tiempos de reacción y realización de los dibujos. Esto puede convertirse en una desventaja al presentar una prueba de selección como la que escogemos en este trabajo para hacer el análisis de dos de sus problemas, los cuales implican la realización de dibujos en su respuesta. Algunos autores como Cornoldi et al. (1991) postulan que algunos de los déficits encontrados en personas con ceguera temprana se deben más a una experiencia y práctica limitadas con objetos tridimensionales que a no construir y usar imágenes mentales. Las imágenes mentales pueden ayudar a las personas a recordar secuencias complejas de objetos familiares y, por tanto, la diferencia entre videntes y ciegos en tareas espaciales son cuantitativas y dependientes de la memoria más que cualitativas.

2.3 GENERALIZACIÓN

La generalización constituye uno de los procesos cognitivos más importantes de la matemática, llegando incluso a ser considerada como esencia del álgebra (Mason et al., 1989), y como elemento clave en la construcción de conocimiento en general y matemático en particular (Piaget, 1975). Debido a que los problemas que abordaremos en este estudio están relacionados con encontrar la regularidad en un patrón para poder generar nuevos casos, asumiremos la generalización desde la definición de Kaput (1999), quien postula que generalizar consiste en extender el razonamiento más allá de los casos considerados, bien identificando y expresando la similitud encontrada o bien desplazando el foco de los casos para ampliar el razonamiento hacia los patrones, procedimientos, estructuras y relaciones entre estos.

García-Cruz y Martinón (1997) realizan un estudio en el que abordan el papel de lo numérico y lo visual-geométrico en el proceso de generalización y reportan que el dibujo juega un doble papel en el proceso de abstracción y generalización. Por un lado, representa la vía principal para los estudiantes que utilizan representaciones visuales, y por otro, sirve como método para dar validez a la respuesta encontrada por medio de representaciones numéricas para aquellos que utilizan la mixta, pero que favorecen la numérica. De igual manera y coincidiendo con lo encontrado con respecto al sentido espacial, Barbosa et al. (2012) encontraron que los estudiantes prefieren enfoques analíticos o numéricos, presentando mayores dificultades cuando la tarea tiene un componente visual.

3 MÉTODO

Este trabajo es de carácter exploratorio, llevando a cabo una investigación de naturaleza cualitativa y descriptiva. El estudio de la influencia de la discapacidad visual en la manifestación de características tales como la generalización y las componentes del sentido espacial, se ha realizado con base en las pruebas de acceso al programa ESTALMAT, un proyecto de la Real Academia de Ciencias Exactas, físicas y naturales, en España, el cual tiene como objetivo detectar y estimular el talento precoz en matemáticas.

3.1 INSTRUMENTO

La prueba que hemos analizado en este trabajo corresponde a la convocatoria de junio de 2017. Esta constaba de cinco tareas, de las cuales hemos seleccionado la primera y la última para su análisis. La primera requiere la activación de algunas componentes del sentido espacial y la generalización, siendo esta última el enfoque y fin último de la tarea; mientras que la última se centra específicamente en la activación de las habilidades de visualización, por lo que permite un análisis más profundo de estas. Varias investigaciones han abordado las cualidades de estas tareas para determinar el papel de las habilidades de visualización y la generalización en la identificación del talento matemático (Aznarte, 2018; Ureña et al., 2022). Aznarte (2018) analizó las componentes del sentido espacial que se ponen en juego al resolver estas dos tareas y encuentra que en general los estudiantes tienen un mejor desempeño en preguntas que no requieren la activación de las componentes del sentido espacial y que al comparar los resultados obtenidos por los alumnos que fueron seleccionados como alumnos con talento matemático evidenciaron un mayor rendimiento en las tareas analizadas, siendo notorio de manera particular en los problemas que implican el sentido espacial. Ureña (2021) analizó las estrategias y representaciones de generalización que emplearon al resolver una de las tareas que son objeto de investigación en nuestro estudio. Resaltan la variedad de estrategias utilizadas al avanzar en la tarea (respuesta directa, conteo, proporcionalidad y correspondencia), reforzando el alcance de esta última para generalizar reportado en otras investigaciones. En cuanto a la expresión de la generalización, los resultados sugieren que las edades de los estudiantes influían en el uso de las representaciones, encontrando que los estudiantes de secundaria tenían una mayor tendencia a la representación simbólica, seguramente como consecuencia de su experiencia formativa y desarrollo cognitivo.

A continuación, presentaremos las tareas en su versión original y posteriormente su respectiva versión adaptada, la cual fue hecha por un responsable del proyecto ESTALMAT y una persona ciega, primera autora de este trabajo, con formación en matemáticas y experiencia en participación en pruebas matemáticas estatales. Estas adaptaciones se realizaron con el fin de garantizar el acceso a las preguntas a la participante con discapacidad visual, por lo que se tuvieron en cuenta aspectos como la descripción de imágenes y una adecuada verbalización del texto desde lector de pantalla JAWS o NVDA.

TAREA 1 SEMBRANDO SEMILLAS

a) Versión original

Figura 1

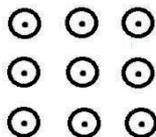
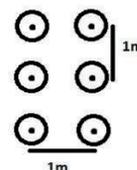
Tarea Sembrando Semillas (versión original)

Un agricultor se dispone a sembrar semillas de patatas en su terreno.

El primer día, el agricultor siembra tres semillas en línea recta separadas 1 metro entre cada dos consecutivas (como se indica en la figura de la derecha).

El segundo día, vuelve a sembrar otras tres semillas en una línea paralela a la anterior a distancia 1 metro y también a distancia 1 metro entre cada nueva semilla.

1.- Tras la siembra del tercer día, el campo queda de la siguiente forma:



a) ¿Cuántos cuadrados pueden formarse de modo que las semillas sean sus vértices en el tercer día? Dibújalos en el campo anterior y calcula el área de cada uno de ellos.

b) Llamamos orden de una semilla al número de cuadrados que tienen alguno de sus vértices en dicha semilla. ¿Cuál es el orden de cada una de las semillas?
¿Cuánto vale la suma de los órdenes de todas las semillas?

2.- El agricultor sigue cultivando tres semillas cada día con la misma distribución anterior. Tras la siembra del cuarto día,

a) ¿Cuántos cuadrados pueden formarse de modo que las semillas sean sus vértices? Dibújalos en el campo del cuarto día y calcula el área de cada uno de ellos.

b) ¿Cuál es el orden de cada una de las semillas? ¿Cuánto vale la suma de los órdenes de todas las semillas?

3.- Si han pasado 100 días, responde justificando tu respuesta, a las siguientes preguntas:

a) ¿Cuántos cuadrados pueden formarse de modo que las semillas sean sus vértices? ¿Qué área tienen cada uno de esos cuadrados?

b) ¿Cuánto vale la suma de los órdenes de todas las semillas?

4.- Si han pasado “n” días (n representa cualquier valor de los días de siembra), responde justificando tu respuesta, a las siguientes preguntas:

a) ¿Cuántos cuadrados pueden formarse de modo que las semillas sean sus vértices? ¿Qué área tienen cada uno de esos cuadrados?

b) ¿Cuánto vale la suma de los órdenes de todas las semillas?

La siguiente fue la versión que resolvió la participante en la investigación, a la que en adelante llamaremos tarea 1.

b) Versión modificada

Dadas las circunstancias especiales por la pandemia del año en curso, el acceso a la tarea por parte de la persona ciega fue por vía digital. Debido a que el lector de pantalla no interpreta gráficos ni imágenes a voz, el acceso a la imagen que acompaña el texto se vio limitado y por tanto la modificación en este caso consistió en resolverlo sin este apoyo visual. Por lo demás, ni el planteamiento ni las preguntas se vieron modificadas. Como la tarea fue presentada sin el gráfico, los esquemas correspondientes (ver Figuras 4 y 5) debieron ser realizados por la persona ciega con el uso de material tiflotécnico (goma para dibujo, pauta, punzón y bolígrafo para las diferentes texturas). Estos esquemas fueron realizados a partir de la interpretación de lo expuesto en el enunciado.

Tarea 2

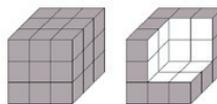
Pintando Cubos y Cubitos

a) Versión original

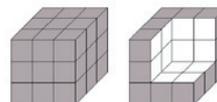
Figura 2

Pintando cubos y cubitos (versión original)

Hemos necesitado exactamente 9 botes de pintura para pintar exteriormente (por todas sus caras, también las que no se ven, como la lateral izquierda, la trasera y la inferior) el cubo de la izquierda que, como se ve, está construido adosando cubitos todos iguales.

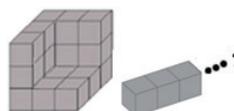


Después hemos quitado unos cuantos cubitos para dejar la figura como se ve a la derecha.



1. ¿Cuántos botes de pintura necesitaremos para pintar completamente la parte de la figura que no lo está?

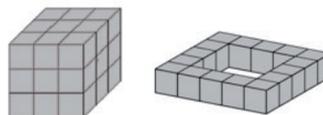
Ahora ya tenemos esta figura pintada exteriormente (recordad que también por la izquierda, por detrás y por debajo). Vamos a desmontarla y adosando algunos cubitos en la posición que nos vaya mejor, queremos construir una fila de cubitos, en la que queremos pintar todas las caras que no lo estén.



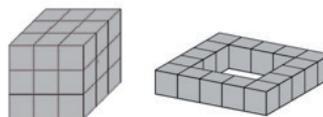
Tenemos un solo bote de pintura como los del apartado a).

2. ¿Cuál es el máximo número de cubitos que podremos poner en la fila para que la podamos pintar completamente? Explica cómo los tienes que colocar.

Tenemos otro cubo como el inicial, completo y pintado exteriormente por todas sus caras, lo desmontamos y ahora queremos adosar adecuadamente algunos cubitos (algunos de los cuales tienen caras pintadas) para construir un nuevo objeto: un "cuadrado de cubitos" y pintarlo, como se ve en la figura de la derecha.



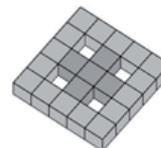
Queremos pintar todas las caras exteriores del nuevo objeto, pero lo podemos montar de manera que aprovechemos piezas con algunas caras pintadas, tantas como sea posible (que ya no volveremos a pintar, naturalmente).



3. Razona cuál es el menor número de caras que deberemos pintar.

Con las piezas que nos han sobrado queremos añadir una cruz al cuadrado y que quede pintada en todo su exterior, como muestra la figura de la derecha

También la montaremos intentando aprovechar, de los cubitos que nos han quedado sin utilizar, aquellos que tengan caras ya pintadas y que podemos añadir ahora a la construcción.



4. ¿Cuál es el menor número de caras que deberemos pintar en la cruz que añadimos?

A continuación, exponemos la versión que fue resuelta por la persona ciega, cuya modificación consistió en una descripción detallada de las imágenes que incluye el enunciado. Por lo demás, ni el planteamiento ni las preguntas se vieron modificadas. En adelante la llamaremos tarea 2.

b) Versión modificada

En este caso la adaptación consistió en describir cada una de las imágenes. La tarea para la persona ciega fue presentada por escrito conservando el enunciado original y las siguientes descripciones:

Imagen 1. En la primera se ve en perspectiva un cubo. Está dividido en 27 cubitos (3x3x3) de manera similar a un cubo de Rubik. Se ven tres de sus caras (adelante, derecha y arriba) y todo lo que se ve está pintado de gris.

Imagen 2. En la segunda imagen se han suprimido del cubo anterior 8 cubitos. Se ha eliminado el cubito de la esquina superior derecha (el vértice donde coinciden la cara anterior, derecha y arriba) y los siete cubitos que contactan con él). Las caras de los cubitos que quedan están pintadas de gris las que correspondían al exterior del cubo y ahora están de blanco las que se correspondían a caras interiores respecto a la primera imagen. Se ven por tanto pintadas de blanco 12 caras de los cubitos que forman la imagen dos.

Imagen 3. La misma que la imagen 2 con todas las caras pintadas de gris.

Imagen 4. Tres cubitos unidos consecutivamente (cada cubo toca al siguiente en una cara lateral, formando una tira de tres cubitos). Se ve en perspectiva la cara de arriba, adelante e izquierda del primer cubito, la cara de arriba y adelante del segundo y la cara de arriba y adelante del tercero.

Imagen 5. La misma que la imagen 1.

Imagen 6. Se ven en perspectiva 16 cubitos formando un cuadrado de 5x5 cubitos cada lado. Se ven todas las caras superiores y tiene una perspectiva que permite ver las laterales de algunos cubos. Todo lo que se ve está gris.

Imagen 7. ES la misma que la imagen 6, pero tiene añadido cuatro cubitos formando una cruz en el interior del cuadrado 5x5, uniendo los cubitos centrales de cada lado del cuadrado 5x5. La perspectiva es casi la planta, viéndose todas las caras de arriba de los cubitos pintadas de gris y algunas laterales.

Para la obtención de resultados, se dispone del análisis de la prueba original (Aznarte, 2018; Ureña et al., 2022) y de la resolución de la prueba adaptada por parte de la persona ciega descrita anteriormente. Dicha resolución fue presentada por la participante de manera digital, atendiendo a la forma en que fueron presentadas las tareas en su versión modificada. Se hizo un análisis de la misma a la luz de las categorías para la generalización, tales como estrategias y representaciones (Ureña, 2021) y las habilidades de visualización, en las cuales se utilizaron las descritas por Del Grande (1990).

4 RESULTADOS

Para el análisis de los resultados diferenciaremos entre las características que son demandadas en las tareas y las que son puestas de manifiesto por la participante con discapacidad visual, finalizando con una propuesta de posible adaptación para las tareas en caso de que deban ser resueltas por personas ciegas en un contexto de identificación del talento matemático.

4.1 HABILIDADES DE VISUALIZACIÓN

Percepción Figura-contexto. Encontramos referencia a esta habilidad en ambas tareas, pero destacamos su papel en t1, pues resulta fundamental para su resolución. Esto queda evidenciado en la Figura 3, así como en las siguientes dos figuras en las que realiza un esquema para mostrar los cuadrados que se forman y posteriormente identificarlos de manera verbal.

Figura 3

Respuesta al apartado 1 de Tarea 1

- a) De la gráfica podemos concluir que hay un total de 10 cuadrados, de los cuales 6 tienen área igual a 1, 2 cuadrados un área igual a 4, y finalmente 2 cuadrados diagonales de área 2.

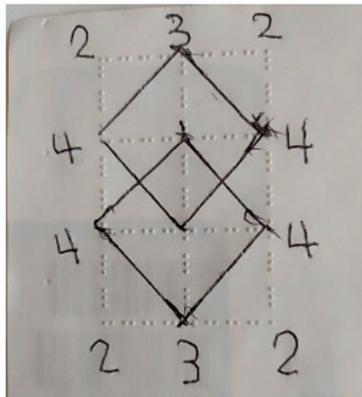


Figura 4

Gráfica del cuarto día

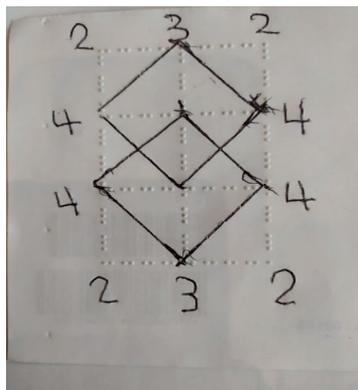
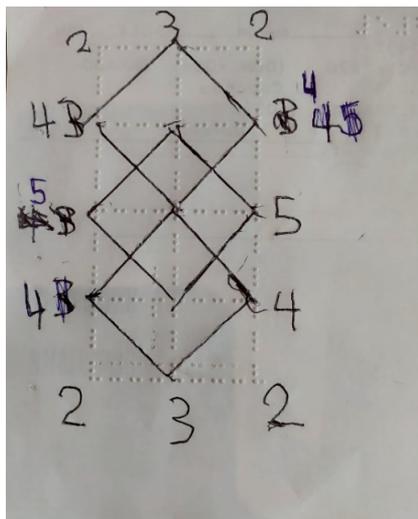


Figura 5

Gráfica del quinto día



En el caso de t2 la vemos manifestada en el aislamiento del cuadrado y la cruz para contabilizar el número de caras que deben ser pintadas una vez construidas ambas figuras.

Conservación de la percepción. Al igual que la anterior habilidad, consideramos que ésta tiene un mayor protagonismo en el caso de t1, puesto que es la que permite reconocer el cuadrado apoyado sobre una de sus vértices Conservando las propiedades de igualdad de lados y ángulos de 90 grados. Sin el reconocimiento de éste, no sería posible llegar a la fórmula de generalización adecuada para el número de cuadrados ni la suma del orden de las semillas. Esta habilidad queda manifestada tanto en los esquemas ya expuestos como en el conteo que hace de los cuadrados y la alusión a éste como “cuadrado diagonal” en diferentes momentos de la resolución.

De igual manera, en t2 se evidencia en los diferentes cambios de posición que hace de los cubos reconociendo que estos mantienen su forma Y analizando las caras opuestas.

Percepción de la posición en el espacio. Esta habilidad la vemos manifestada en la resolución a ambas tareas, pero de manera particular en t2. En esta constantemente se está haciendo referencia a posiciones con respecto a sí misma (adelante, izquierda, derecha), añadiendo incluso una nota aclaratoria para especificar este punto.

Percepción de relaciones espaciales. Esta habilidad se manifiesta en t1 en el primer apartado, donde hace mención a cuadrados más grandes y más pequeños. En lo relativo a la identificación de los cuadrados, percibe la identificación de los lados paralelos, los segmentos perpendiculares que forman los ángulos de 90 grados y la comparación de áreas. En t2, en cambio, es una constante puesto que, al hacer la descripción de la disposición de los cubos y sus caras pintadas, hace referencia a la relación interna que se da entre cada uno de estos objetos.

Discriminación visual. En t1 la vemos manifestada al discriminar los diferentes conjuntos de cuadrados de acuerdo con sus áreas (“[...] vemos que la cantidad de cuadrados diagonales de área 2 es igual a la cantidad de cuadrados de área 4 [...]”), así como la alusión a “cuadrado grande que encierra la figura” o “cuadrados más pequeños”, y por último la discriminación del triángulo. En t2 se manifiesta al discriminar los cubitos en función de la relación geométrica existente entre sus caras, agrupándolos por la cantidad de caras pintadas y posteriormente haciendo la distinción de acuerdo con la característica mencionada.

Memoria visual. Es de destacar que, en su versión original, las tareas no requieren de la habilidad denominada como memoria visual. Sin embargo, en el caso de la persona ciega, al no tener acceso a la figura la representación mental que se hace del gráfico de la tarea va a depender en gran medida de cómo conceptualiza cada uno de los elementos geométricos que incluyen los enunciados. En este punto entra en juego dicha habilidad, puesto que es la que le va a permitir a la participante ciega hacer una construcción mental y gráfica de las tareas, teniendo en cuenta el conocimiento previo y aprehensión de los objetos a los que se le está haciendo mención. En otras palabras, la participante ciega debe traer las imágenes mentales que tiene formadas de los objetos cuadrado, línea, paralela, entre otros, para poder relacionarlas con la tarea y en el contexto de la misma llegar a hacerse la representación mental. Esto es especialmente relevante ya que el tacto -medio por el cual el ciego accede a la información- a diferencia de la vista, es un sentido que requiere de contacto directo. Esta habilidad es una de las que más destaca (aunque de manera implícita) en ambas tareas. Sin la manifestación de esta característica, no habría sido posible realizar los esquemas expuestos, así como la descripción visual que se hizo en t2 de la disposición de los cubos. En este caso, traer objetos que no tiene justamente delante como cubo de Rubik, cuadrado, líneas paralelas y perpendiculares, entre otras, posibilitó la construcción de nuevas situaciones en las que debió relacionar el conocimiento previo de dichos objetos en el contexto propuesto.

4.2 GENERALIZACIÓN

Esta característica se puso de manifiesto en t1 al resolver el caso 100 y N. Observamos que el proceso de generalización se llevó a cabo en estrecha relación con el razonamiento inductivo. Es decir, en primera instancia se trabajó con casos particulares, verificando lo que pasaba una vez transcurrían 3, 4 y 5 días de siembra. Tras este proceso de conteo los datos fueron organizados en una tabla, lo que permitió identificar una regularidad por recurrencia en los casos para el número de cuadrados que llevó a plantear una fórmula de estructura multiplicativa. Una vez identificada la regularidad y el dato invariante, la fórmula general fue planteada sin mucha más explicación. Entendemos que esto se debe a la familiaridad de la participante con este tipo de procesos y la notación algebraica, ya que durante la resolución a la tarea hace alusión a conocimientos anteriores de diferentes fórmulas ya establecidas y se evidencia uso de pensamiento multiplicativo, aunque no recursivo. La organización de los datos en la tabla permitió establecer una relación entre las dos cantidades y la fórmula general fue planteada en función del número de cuadrados.

En la manifestación de esta característica evidenciamos el uso de dos tipos de representaciones: verbal y simbólica. En general encontramos que las usa de manera conjunta, expresando en primer lugar la generalidad de forma verbal para posteriormente representarla

en forma simbólica, la cual parece predominar. No obstante, pudimos encontrar un único fragmento en el que solo se hace uso de la representación verbal.

4.3 ADAPTACIÓN DE LAS TAREAS

Con los anteriores resultados y en consonancia con lo reportado en la literatura, encontramos que las dificultades que puede tener un estudiante ciego al resolver una prueba de diagnóstico son meramente de tipo técnico o afectivo. Por esto, las adaptaciones que proponemos están encaminadas a solventar estos dos aspectos, pero manteniendo lo que demanda y evalúa la tarea.

4.3.1 ADAPTACIÓN DE LA TAREA 1

Como pudo observarse, esta tarea es la que menos modificaciones sufrió en cuanto a su adaptación inicial y en los resultados tampoco se manifiestan situaciones muy diferentes de las que se pueda manifestar al ser resuelta por un vidente. En cuanto a la manifestación de las características del talento asociadas a la generalización que evalúa la tarea, encontramos que:

- a) Localiza la clave de los problemas al reconocer el número de cuadrados según el área que se añaden tras cada día de siembra, pudiendo contabilizar.
- b) Organiza los datos haciendo uso de una representación adecuada (tabla) que le permite llevar un conteo sistemático de los cuadrados según el tamaño y posición.
- c) Relaciona el proceso con otros patrones conocidos, lo que le permite relacionar la representación numérica, simbólica y geométrica de las áreas de los cuadrados. De esta manera formula una expresión con la que puede hallar la cantidad de cuadrados con sus respectivas áreas.

De acuerdo con lo anterior, podemos postular que la versión modificada de la tarea no cambió las características que evalúa el enunciado original. Sin embargo, en el proceso de resolución hubo algunos inconvenientes de tipo técnico que pueden ralentizar su resolución. Por ejemplo, la realización de los diferentes dibujos conlleva un tiempo adicional para la persona ciega, ya que en general es un punto en el que no se hace mucho énfasis en su educación. Por otro lado, a medida que van aumentando los días y por tanto los cuadrados, el interior de la figura se ve más saturado y se torna complejo distinguir al tacto los lados correspondientes a cada uno, especialmente los que están apoyados sobre su vértice. Esto también hace que se deban mantener muchos datos de manera mental a la hora del recuento de las semillas.

Además, como mencionábamos anteriormente, el acceso a la información por parte de la persona ciega puede hacerse a través del braille o de manera digital con el apoyo de lectores de pantalla. Por tanto, consideramos que la adaptación de esta tarea consiste en facilitarle a la persona ciega el texto en braille o en digital, en ambos casos acompañados por la figura que presenta el enunciado en relieve para que sirva como punto de partida para sus dibujos. Sobre este último punto y de acuerdo con lo mencionado anteriormente, habría que considerar una adaptación en el tiempo que se da para la resolución de la prueba atendiendo a estos aspectos técnicos. Con estas modificaciones, consideramos que la tarea conserva las características que evalúa en su versión original y solo cambia la vía de acceso a la información.

4.3.2 ADAPTACIÓN DE LA TAREA 2

Debido al componente visual esta tarea es la que mayor adaptación requiere. En la versión inicial decidimos hacerlo a partir de la descripción de las imágenes, pero como se evidencia en el análisis anterior, esto agrega un esfuerzo adicional para el estudiante ciego que se esté examinando. Además, la forma en que se expone el texto y la imagen en el enunciado debería ser secuencial, correspondiéndose uno a uno ya que lo contrario genera confusión. Al ser todo textual no hay cabida a las orientaciones que hagan referencia a la ubicación de la imagen (izquierda, derecha, etc.) y por tanto en el enunciado estas referencias deberían ser eliminadas y hacer corresponder la descripción de la imagen con lo que se menciona en el texto.

Adicionalmente, vemos en la resolución una dificultad para realizar los esquemas correspondientes, puesto que en general los estudiantes ciegos no están acostumbrados a realizar dibujos en el plano de objetos en tres dimensiones y no tienen la perspectiva de ello. Esta es una habilidad que el estudiante vidente aprende de sus experiencias educativas y visuales, de manera que si al estudiante ciego no se le fuerza a ello o se le enseña difícilmente sabrá hacerlo por la falta de instrucción. Por lo anterior, consideramos que la adaptación en este caso puede hacerse a través de material manipulativo, de tal manera que las figuras que acompañan el enunciado sean presentadas en tres dimensiones. No obstante, esta modificación conlleva la pérdida de la manifestación de ciertas habilidades. Por ejemplo, la habilidad de contar a partir de la representación visual (que implica imaginarse caras no visibles) se sustituiría por un conteo físico, en lo que ciertas habilidades de la visualización no se ponen en juego. Es decir, que, si no se usa material, la tarea se torna mucho más compleja para la persona con discapacidad visual, pero si se usa, se sustituyen habilidades por otras estrategias. Por ejemplo, la tarea también demanda una adecuada y eficiente acomodación de los cubitos según lo que pide cada apartado. Esto implica la puesta en juego de distintas habilidades de visualización que no se estarían viendo modificadas, mientras que el conteo tiene una relación directa de dependencia con esta acomodación. Además, estas habilidades se manifiestan en la descripción que hace el estudiante del proceso, por lo que igualmente sería posible su evaluación.

5 CONCLUSIONES

En el análisis de las tareas, encontramos que ambas demandan habilidades de visualización, pero que son puestas en juego de modo diferente en la resolución de una persona ciega, como sucede en el caso de la habilidad relativa a la percepción de relaciones espaciales, menos demandada en la prueba original (Aznarte, 2018). En la misma línea destacamos lo que sucede con la habilidad referida a memoria visual, que encontramos que juega un papel fundamental tanto en la versión adaptada de las tareas como en la resolución, ya que sin ésta la persona ciega no podría hacerse la representación mental de las descripciones que se le proponen. Sobre este punto destacamos que al tratarse de una participante que adquirió la ceguera desde una edad muy temprana, las construcciones visuales que trae son reconocimientos táctiles que ha hecho de los objetos. Esto, de acuerdo con Figueiras y Arcavi (2013) no impide la visualización. De hecho, los resultados de nuestro trabajo están en consonancia con lo que los autores encuentran en su estudio, pues al parecer los recursos lingüísticos como las metáforas visuales, actuaron como un componente esencial en la representación de las diferentes ideas geométricas que se presentaron en las tareas. Así mismo, encontramos que la persona ciega debe poner en juego muchas más habilidades de visualización para la resolución de las tareas, particularmente las relativas a ubicación

y memoria visual. En esta misma línea están los resultados expuestos por Viginheski, Frasson et al. (2014) quienes reportaron que la adaptación de una pregunta hecha meramente como una descripción verbal puede tornar la pregunta bastante más abstracta y compleja para la persona ciega.

Por otro lado, a diferencia de lo observado en la tarea 1, en la tarea 2 la resolución se dio en su totalidad de forma verbal. Esto nos hace pensar que hay una dificultad con la realización de esquemas en tres dimensiones, lo que tiene su explicación no en la ceguera como tal, sino en la falta de preparación al respecto (Rosenblum & Herzberg, 2015; Viginheski et al., 2016). Lo anterior también se debe, por un lado, a la dificultad adicional que conlleva la ceguera total temprana al recoger, procesar y almacenar información de tipo figurativo o espacial (Pérez Ruiz, s.f.). Además, en relación a la habilidad para representar y manipular mentalmente los objetos, las diferencias se observaron únicamente en la necesidad de mayor tiempo en la realización de los dibujos por parte de la persona ciega (Thinus-Blanc & Gaunet, 1997).

En lo relativo a la generalización se evidencia el uso de representaciones verbal y simbólica, con predominancia de esta última probablemente como consecuencia del nivel formativo de la participante (Pinto & Cañadas, 2021; Ureña et al. 2019). Al igual que Zazkis y Liljedahl (2002), encontramos que la participante detectó similitudes y diferencias, buscó algoritmos, estableció relaciones numéricas entre componentes, entre otras actividades propias del pensamiento algebraico (Kaput, 1999; Mason, 1996). Aunque el foco de nuestro trabajo no fue sobre las estrategias que se emplean, sí llama la atención que el papel que parece otorgarle la participante al dibujo en el proceso de abstracción y generalización es en el doble sentido que exponen García-Cruz y Martín (1996), pues lo utiliza tanto como estrategia visual para obtener datos, como medio para dar validez a la respuesta. Este aspecto genera interés al tratarse de una participante ciega, de la cual a priori no se esperarían estrategias visuales; sin embargo, vemos que las favorece. No obstante, al avanzar en el proceso de generalización opta por un enfoque analítico, coincidiendo con lo expuesto por Barbosa et al. (2012). Al generalizar la fórmula para encontrar cuántos cuadrados habría de cada área, su razonamiento se apoya en una diferencia de expresiones algebraicas que previamente había formulado.

Estos resultados constatan lo que nos aventuramos a formular en el capítulo de antecedentes, y es que la ceguera no es una condición que aminore las capacidades cognitivas en el proceso de generalización. Las dificultades que puedan encontrarse, al igual que en el caso de estudios con participantes videntes, pueden deberse a múltiples factores educativos, sociales o personales. Tal como fue mostrado en el estudio de Viginheski, Souza et al. (2014), los estudiantes ciegos pueden desarrollar procesos como búsqueda de patrones, pensamiento lógico, organización de datos, entre otros, todos ellos procesos que favorecen la generalización.

En el planteamiento de la adaptación de la prueba, tratamos de mantener las características que evalúan las tareas, pero en igualdad de condiciones para los participantes. Para ello, se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Stylianidou y Nardi (2019), quienes señalan algunas limitaciones en las adaptaciones que se hacen para personas ciegas. En este sentido, propusimos una adaptación en la que se tenga en cuenta la preferencia del estudiante en el medio de información (digital o braille) entendiéndose que en el caso del primero habría que asegurarse de que las fórmulas sean accesibles con el lector de pantalla, es decir que puedan ser traducidas correctamente a voz; y en el caso del segundo verificar que no haya errores o elementos faltan-

tes antes de la entrega de la impresión braille al estudiante. En ambos casos, las imágenes que incluye la tarea deben ser presentadas en relieve atendiendo a las recomendaciones hechas por los mismos autores y por Rosenblum y Herzberg (2015) y Viginheski, Frasson et al. (2014).

Particularmente, para el caso de la tarea 2 que incluye esquemas de objetos en tres dimensiones, es importante tener en cuenta las recomendaciones de Viginheski, Frasson et al. (2014) quienes señalan que las representaciones de tales objetos no proporcionan la misma información desde una percepción háptica que desde una percepción visual. Por ello, invitan a utilizarlas con reserva y a que sean acompañadas con información verbal. No obstante, de acuerdo con la experiencia de la autora de la investigación y con las diferentes investigaciones citadas más arriba donde se subraya la falta de preparación que tienen estos estudiantes en el reconocimiento de representaciones bidimensionales de objetos en tres dimensiones, sugerimos el uso de material manipulativo con un tamaño y textura adecuados para su correcto reconocimiento. Consideramos que esta adaptación no impide la evaluación de las características que demanda la tarea y más bien elimina la complejidad extra que encontramos que tiene la versión adaptada solo de forma verbal en nuestra investigación.

Por último, destacar que, de acuerdo con los resultados, las características del talento matemático y de manera particular las asociadas a las habilidades de visualización y la generalización, pueden ser manifestadas por estudiantes ciegos al igual que por estudiantes videntes. Sin llegar a hacer un diagnóstico como tal, en la resolución de las tareas vimos manifestadas características como habilidad para organizar datos, localizar la clave de los problemas, buscar patrones y relaciones, construir nexos, lazos y estructuras matemáticas, cambiar fácilmente de una estrategia o estructura a otra, y finalmente habilidad para generalizar y trabajar de forma abstracta viendo relaciones entre objetos matemáticos.

No obstante, en relación a su identificación y de acuerdo con los estudios de Lopes y Coutinho (2016), Rangni y Costa (2016), Starr (2003) y Viginheski et al. (2016), encontramos que una de las desventajas que existen actualmente es la falta de instrumentos adecuados. Consideramos que con nuestra investigación no solo contribuimos al reconocimiento de estas habilidades, sino a la deficiencia de pautas en la literatura para identificar a estudiantes ciegos con talento y en particular el matemático, así como al vacío que hay en la intersección de estudios relacionados con discapacidad visual y talento matemático. Por otro lado, tenemos una clara limitación en el estudio y es el hecho de que se trate de una sola participante, así como las características de la misma en relación a su experiencia personal como participante en olimpiadas matemáticas. El nivel y tipo de formación de la participante hace que haya tenido cercanía con experiencias que la mayoría de estudiantes ciegos en una etapa escolar no han tenido, y por tanto los resultados obtenidos no son susceptibles de ser generalizados a toda la población ciega. Por la misma razón, habría sido interesante contar con un mayor número de participantes y con diferente nivel formativo para poder generar un contraste de resultados que permitiera analizar posibles relaciones de causalidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el contexto de los proyectos con referencia PID2020-113601GB-I00 y PID2020-117395RB-I00, financiados por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) de España.

REFERENCIAS

- Aznarte, M. (2018). *Análisis del sentido espacial en una prueba de acceso a un programa de estimulación del talento matemático* [Trabajo fin de Máster, Universidad de Granada]. Repositorio Institucional de la Universidad de Granada. https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/65307/tfm20_ddm_RouraRedondo.pdf;jsessionid=3FF9E4A8EA6537E32316BC4EDAF9AC88?sequence=1
- Barbosa, A., Vale, I., & Palhares, P. (2012). Pattern tasks: Thinking processes used by 6th grade students. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 15(3), 273-293.
- Colangelo, N., & Davis, G. (2008). *Handbook of gifted education*. Allyn and Bacon.
- Cornoldi, C., Cortesi, A., & Preti, D. (1991). Individual differences in the capacity limitation of visuo-spatial short-term memory: Research on sighted and totally congenitally blind people. *Memory and Cognition*, 19, 459-468.
- Del Grande, J. J. (1990). Spatial sense. *Arithmetic Teacher*, 37(6), 14-20.
- Figueiras, L., & Arcavi, A. (2013). A touch of mathematics: coming to our senses by observing the visually impaired. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 46(1), 123-133.
- Freiman, V. (2006). Problems to discover and to boost mathematical talent in early grades: A Challenging Situations Approach. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 3(1), 51-75.
- García-Cruz, J. A., & Martínón, A. (1997). Actions and invariant schemata in linear generalizing problems. In E. Pehkonen (Ed.), *Proceedings of the 21st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (v. 2, pp. 289-296). Universidad de Helsinki y PME.
- Greenes, C. (1981). Identifying the gifted student in mathematics. *Arithmetic Teacher*, 28(8), 14-17.
- Gruessing, M. (2011). Spatial abilities and mathematics achievement among elementary school children. In B. Ubuz (Ed.), *Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (v. 1, pp. 306). PME.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In L. Puig, & A. Gutiérrez (Eds.), *Proceedings of the 20th PME Conference* (v. 1, pp. 3-19). Universidad de Valencia y PME.
- Kaput, J. (1999). Teaching and learning a new algebra. In E. Fennema, & T. A. Romberg (Eds.), *Mathematics classrooms that promote understanding* (1a ed., pp. 133-155). Lawrence Erlbaum Associates.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. University of Chicago Press.
- Leikin, R., Koichu, B., & Berman, A. (2009). Mathematical giftedness as a quality of problem-solving acts. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students* (1a ed., pp. 115-127). Sense Publishers.
- Lopes, B. J., & Coutinho, M. E. (2016). Altas habilidades/superdotação percebidas pelas mães nos seus filhos com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 22(2) 203-220.

- Mason, J. (1996). Expressing generality and roots of algebra. In N. Bednarz, C. Kieran, & L. Lee (Eds.), *Approaches to algebra perspectives for research and teaching* (1a ed., pp. 65-86). Kluwer.
- Mason, J., Burton, L., & Stacey, K. (1989). *Thinking mathematically*. Labor.
- Miller, R. C. (1990). *Discovering mathematical talent*. ERIC Digest E482. Office of Educational Research and Improvement.
- Molina, M. C. (1999). *Integración del invidente en la clase de matemáticas: un estudio comparado de videntes e invidentes* [Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=12994>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principios y estándares para la educación matemática*. SAEM THALES.
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Salud ocular universal: un plan de acción mundial para 2014-2019*. OMS.
- OCDE (2001). *Informe PISA 2003. Aprender para el mundo de mañana*. Santillana.
- Passow, A. (1993). National/State policies regarding education of the gifted. In K. Sëller, F. Mönks, & A. Passow (Eds.), *Internacional handbook of research and development of giftedness and talent* (1a ed., pp. 29-46). Pergamon Press.
- Pérez Ruiz, C. (s.f.) *La respuesta educativa a los estudiantes con discapacidad visual*. Fundación Mapfre. https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/images/inclusion-respuestas-discapacidad-visual_tcm1069-242565.pdf
- Piaget, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética*. Tomo II. Paidós.
- Pinto, E., & Cañadas, M. C. (2021). Generalizations of third and fifth graders within a functional approach to early algebra. *Mathematics Education Research Journal*, 33, 113-134. <https://doi.org/10.1007/s13394-019-00300-2>
- Presmeg, N. (1986). Visualisation and mathematical giftedness. *Educational Studies in Mathematics*, 17(3), 297-311.
- Rabab'h, B., & Veloo, A. (2015). Spatial visualization as mediating between mathematics learning strategy and mathematics achievement among 8th grade students. *International Education Studies*, 8(5), 1-11.
- Ramírez, R. (2012). *Habilidades de visualización de los alumnos con talento matemático* [Tesis Doctoral. Universidad de Granada]. Digibug – Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/23889/21400763.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rangni, R., & Costa, A. (2016). Altas habilidades/superdotação e deficiência visual: duplicidade de necessidades educacionais especiais. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 11(4) 1979-1993.
- Rivera, F. D. (2011). *Towards a visually-oriented school mathematics curriculum*. Springer.
- Rosenblum, L. P., & Herzberg, T. S. (2015). Braille and Tactile Graphics: Youths with visual impairments share their experiences. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 109(3), 173-184. <http://dx.doi.org/10.1177/0145482X1510900302>
- Starr, R. (2003). Show me de light – I can't see how bright I am: gifted students with visual impairment. In D. Montgomery (Ed.), *Gifted and talented children with special educational needs: double exceptionality* (1a ed., pp. 93-109). David Fulton Publishers.

- Stylianidou, A., & Nardi, E. (2019). Tactile construction of mathematical meaning: Benefits for visually impaired and sighted pupils. In M. Graven, H. Venkat, A. Essien, & P. Vale (Eds.), *Proceedings of the 43rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (v. 3, pp. 343-350). PME.
- Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind persons: Vision as a spatial sense? *Psychological Bulletin*, 121(1), 20-42.
- Ureña, J. (2021). *Representaciones de generalización y estrategias empleadas en la resolución de tareas que involucran relaciones funcionales. Una investigación con estudiantes de Primaria y Secundaria* [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Digibug – Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/66412/80773.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ureña, J., Ramírez, R., & Molina, M. (2019). Representations of the generalization of a functional relationship and the relation with the interviewer's mediation. *Infancia y Aprendizaje*, 42(3), 570-614.
- Ureña, J., Ramírez, R., Molina, M., & Cañadas, M. (2022). Generalisation strategies and representation among last-year primary school students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-21.
- Viginheski, L. V. M., Frasson, A. C., da Silva, S. C. R., & Shimazaki, E. M. (2014). O sistema Braille e o ensino da Matemática para pessoas cegas. *Ciência & Educação*, 20(4), 903-916.
- Viginheski, L. V. M., Souza, A., da Silva, S. C. R., & Lima, S. A. (2014). *O uso da torre de Hanoi para formação de conceitos matemáticos com pessoas com deficiência visual* [Trabajo presentado]. IV SINECT - Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Anais do IV SINECT. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- Viginheski, L. V. M., Souza, A. E., da Silva, S. C. R., & Shimazaki, E. M. (2016). *Uma análise do desempenho de estudantes cegos de um município do interior do Paraná na olimpíada brasileira de matemática das escolas públicas – OBMEP* [Trabajo presentado]. V SINECT - Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Anais do V SINECT. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
- Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2002). Generalization of patterns: The tension between algebraic thinking and algebraic notation. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 379-402.

Recebido em: 22/03/2022

Reformulado em: 22/07/2022

Aprovado em: 25/07/2022