

Graficacia: representar, registrar y comunicar hechos matemáticos desde edades tempranas para evitar la ansiedad matemática

María Sagasti Escalona (Universidad de Almería. España)

Fecha de recepción: 01 de enero de 2019

Fecha de aceptación: 05 de abril de 2020

Resumen

La graphicacia, definida sucintamente como la capacidad de comprender y presentar información gráfica, es un término relativamente desconocido y poco aplicado en el campo de la educación en España. En este artículo se realiza una breve revisión bibliográfica del conocimiento existente en graphicacia y en ansiedad matemática, proponiendo la graphicacia como un recurso que puede contribuir a romper el círculo vicioso del fracaso que relaciona recíprocamente el bajo rendimiento matemático y la ansiedad matemática. Dado que la ansiedad matemática es una de las causas del fracaso escolar, finalmente se sintetiza cómo utilizar el conocimiento y estudio de técnicas basadas en la graphicacia en edades tempranas para prevenir la ansiedad matemática.

Palabras clave

Graficacia, ansiedad matemática, representación gráfica, enseñanza matemática, educación infantil, educación primaria.

Title

Graphicacy: represent, record and communicate mathematical facts from an early age to avoid mathematical anxiety

Abstract

Graphicacy, succinctly defined as the ability to understand and present graphic information, is a relatively unknown term and little applied in the field of education in Spain. In this article, a brief bibliographic review of the existing knowledge in graphicacy and mathematical anxiety is carried out, proposing graphicacy as a resource that can contribute to breaking the vicious circle of failure that reciprocally relates low mathematical performance and mathematical anxiety. Given that mathematical anxiety is one of the causes of school failure, we finally sintetize how to use the knowledge and techniques based on graphicacy at early ages to prevent mathematical anxiety.

Keywords

Graphicacy, mathematical anxiety, graphical symbols, math teaching, kindergarten, primary education.

1. Introducción

El mundo moderno depende cada vez más de los gráficos para comunicar información. Hasta hace poco, las palabras y los números eran los principales vehículos de comunicación, ya que durante mucho tiempo han sido relativamente fáciles de producir y distribuir en comparación con los gráficos. Los avances en la tecnología de la información y las comunicaciones y las técnicas de visualización están aumentando la accesibilidad y el uso de los gráficos, lo que incrementa la importancia de los gráficos de información. La capacidad de comprender y presentar información es un tema complejo y de los más difíciles de enseñar en las primeras etapas del niño. Adquirir el razonamiento visual



matemático supone comprender las relaciones entre grupos de objetos y magnitudes relacionadas. En sus primeros años, los niños presentan dificultades y errores de comunicación en su aprendizaje; las representaciones gráficas, al igual que la escritura, son competencias comunicativas que son adquiridas y afianzadas de forma experimental por medio de juegos y que tienen un papel fundamental en el aprendizaje de los niños y su desarrollo futuro. Por otro lado, la ansiedad matemática (el sentimiento de aprensión, tensión o incomodidad al realizar tareas matemáticas o en un contexto matemático) puede provocar actitudes extremadamente negativas hacia las matemáticas, que a veces equivalen a ansiedad severa. El papel del maestro como gestor del proceso de construcción del razonamiento y de la estabilidad emocional tiene una especial relevancia, por lo que una cuestión importante es estudiar cómo sus actuaciones pueden influir en el aprendizaje del alumno.

La graphicacia, es decir la capacidad de comprender y presentar información gráfica, es un término relativamente desconocido y poco aplicado en el campo de la educación en España. Teniendo en cuenta que la ansiedad matemática es una de las causas del fracaso escolar, el conocimiento y estudio de técnicas basadas en la graphicacia puede ser relevante para los profesores de educación infantil y primaria, así como para orientadores, psicopedagogos, educadores y profesores del ámbito de las matemáticas ya que, por los estudios que se han visto, si bien la ansiedad matemática se suele desarrollar en etapas superiores a la etapa infantil, se puede intentar prevenir cuanto antes con intervenciones tempranas mediante la incorporación de la graphicacia en las primeras etapas educativas. En el presente trabajo, tras introducir y revisar la bibliografía asociada a la graphicacia y a la ansiedad matemática, se enlazan ambas bibliografías para mostrar la relación entre la graphicacia y la ansiedad matemática, proponiendo la graphicacia como un recurso que puede contribuir a romper el círculo vicioso del fracaso que relaciona recíprocamente el bajo rendimiento matemático y la ansiedad matemática. A lo largo del artículo, también se verá la importancia de llevar a cabo una intervención temprana y las particularidades que ésta conlleva, para finalmente concluir sintetizando las principales recomendaciones de los estudios, exponiendo los principales factores desde un punto de vista metodológico y señalando algunos aspectos clave para introducir estos procesos de representación de información a los niños durante sus primeras etapas de educación.

2. Graphicacia

La palabra graphicacia fue acuñada por Balchin & Coleman (1966) como representación de las capacidades visuoespaciales, que dieron sus razones de la siguiente manera:

“En la elección de una palabra para denotar la contraparte educada de la capacidad visual-espacial, primero hay que preguntarse qué es exactamente lo que implica esta forma de comunicación. Es fundamentalmente la comunicación de la información espacial la que no puede ser transmitida adecuadamente por medios verbales o numéricos, por ejemplo, el plano de una ciudad, el patrón de una red de drenaje o una imagen de un lugar lejano, en otras palabras, todo el campo de las artes gráficas y gran parte de la geografía, la cartografía, la informática y la fotografía, por sí misma. Todas estas palabras contienen la sílaba "grafismo", que parecía ser el tallo lógico de la "grafía" y que se completaba por analogía con la alfabetización, la aritmética y la articulación”. Balchin, 1976.

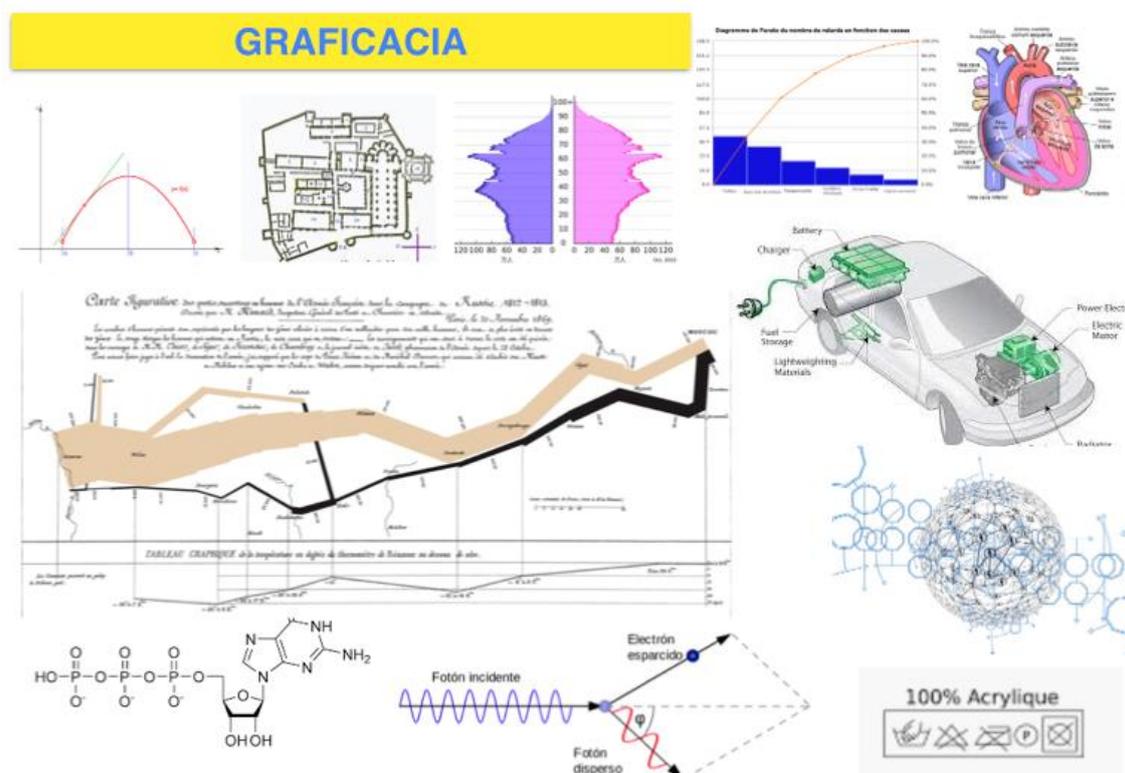


Figura 1. Ejemplos del uso de la graphicacia para presentar diferente tipo de información.

Aldrich & Sheppard (2000a, 2000b), definieron la graphicacia de una forma más breve como “la capacidad de comprender y presentar información en forma de bocetos, fotografías, diagramas, mapas, planos, cartas, gráficos y otros formatos bidimensionales no textuales”. En la Figura 1 se pueden ver algunos ejemplos del uso de la graphicacia para presentar diferente tipo de información. Para los adultos, la interpretación de los gráficos es vagamente análoga al proceso de lectura del texto, mientras que la generación de gráficos es la contraparte de la escritura del texto. Sin embargo, el texto y los gráficos se basan en sistemas de símbolos muy diferentes. Por ejemplo, mientras que el texto está estructurado de acuerdo con reglas organizativas formales que se aplican independientemente del contenido, éste no es el caso de los gráficos. Con la estructura del texto, se espera que las unidades de información (palabras) se organicen de acuerdo con convenciones generales (como estar secuenciadas en filas ordenadas empezando desde la parte superior izquierda y avanzando hacia abajo de la página). Sin embargo, los gráficos no están sujetos a un conjunto tan estricto de convenciones estructurales. En cambio, es el contenido mismo el que determina en gran medida la naturaleza de las entidades gráficas y la forma en que están dispuestas. Por ejemplo, la forma y la disposición espacial de las posiciones que componen el objeto real que se representa en el gráfico se utilizan como base para las entidades y las estructuras gráficas que se visualizan en el gráfico. Este no es el caso del texto escrito, en el que las palabras y su disposición no tienen ninguna semejanza con el tema representado. Debido a estas y otras diferencias fundamentales entre el texto y los gráficos, algunos autores afirman que es apropiado que los procesos involucrados en la comprensión y producción de gráficos se distingan claramente de aquellos involucrados en la comprensión y producción de textos (Balchin, 1976).

Sin embargo, para los niños no hay sistemas de símbolos, ni reglas, ni separación entre cuerpo y mente. Para los niños, el compromiso es total y sus representaciones también reflejan sus emociones. Esto no es nuevo, Goodman (1969) nos recuerda que lo cognoscitivo no excluye lo sensorial o lo emotivo y lo que sabemos es a través de lo que siente nuestro cuerpo, así como lo captado en nuestras mentes. Por otro lado, Buckham, (1994, p.140) afirma que la sensibilidad y capacidad de respuesta del organismo participa en la invención e interpretación de símbolos. Es decir, los procesos cognitivos van ligados a procesos emocionales, y podemos afirmar que la graphicacia tiene un componente emocional, especialmente relevante en los niños de edades tempranas.

Carruthers & Worthington (2011) mostraron que desde muy temprano (2 o 3 años de edad) los niños descubren el potencial de sus marcas y signos y esto es precisamente el comienzo de las habilidades en graphicacia y la raíz de los gráficos matemáticos. Estos procesos pueden ser complejos, ya que la graphicacia abarca la flexibilidad para representar significados múltiples con un mismo signo, por ejemplo, mediante una cruz se pueden expresar distintos conceptos, por ejemplo, un beso, un recuento, un signo de multiplicar, un signo de sumar, una letra del alfabeto, una marca de que algo es incorrecto, un marca de que algo que debe borrarse o un signo para indicar que un sitio está cerrado o fuera de servicio. Para comprender el significado de un símbolo, generalmente, es necesario identificar su contexto anteriormente. En el caso de los niños, dibujo, escritura y gráficos matemáticos parecen desarrollarse simultáneamente en lugar de ser uno precursor del otro (Carruthers & Worthington, 2011) y los procesos para llevar a cabo estas tareas se dan paralelamente unos con otros.

La representación, registro y comunicación gráfica en matemáticas implica hacer las conexiones, crear los códigos y las categorías contemplando el significado de los símbolos y desarrollar su marco teórico. En la Figura 2 se muestran algunos ejemplos utilizados en el campo de las matemáticas. En primer lugar, hay que hacer un análisis e identificación de aquellos datos que se están considerando. Los datos pueden ser agrupados en base a sus similitudes o separados en base a sus diferencias. Esta agrupación puede dar lugar a conceptos que pueden compartir significado o características dando lugar a categorías.

DATOS	SIGNIFICADO COMPARTIDO	AGRUPAMIENTO POR CATEGORÍAS

Figura 2. Ejemplos de representación, registro y comunicación gráfica en matemáticas.

Este hecho es muy importante desde un punto de vista pedagógico. Los maestros y profesores deben comprender los mecanismos de entrelazamiento que impulsan el pensamiento representacional: tanto el desarrollo "gráfico" como el "cognitivo". Estos mecanismos, según Roth, Pozzer-Ardenghi & Han (2005) están estrechamente ligados a los materiales visuales (los gráficos, las representaciones y las inscripciones de los niños) y los ambientes y circunstancias que favorecen que un pensamiento se desarrolle también apoya al otro (Matthews, 1999). Recientemente, Rycroft-Smith & Darren Macey (2019) han afirmado que los niños pequeños desarrollan el dibujo, la escritura y los gráficos matemáticos simultáneamente a partir de los 2-3 años y dicen que los maestros deben ayudarles a explorar múltiples contextos y significados simultáneos de las primeras marcas, signos y símbolos matemáticos. Los maestros, además, deben apoyar la libertad de los estudiantes para explorar la representación libre, a su manera, como parte de un proyecto gráfico y cognitivo entrelazado. Anning (2003), expuso que los adultos en los entornos de la primera infancia deberían prestar la misma atención a los episodios de niños dibujando, sintonizando también con lo personal y lo social en cuanto a los propósitos cognitivos, como lo hacen actualmente para compartir los episodios de leer libros con ellos.

Entonces, hay que prestar atención y acompañar a los niños en sus procesos de aprendizaje, incluyendo los procesos de comprender y representar la información. Los niños, especialmente en edades tempranas, frente a una dificultad, necesitan un apoyo constructivo y no acciones que puedan generarles estrés o sentimientos de fracaso. Aldrich & Sheppard (2000a) afirman que muchos de los gráficos son potencialmente confusos para los niños debido a que su comprensión depende de conocimientos previos. A menudo, los docentes no se dan cuenta de lo mucho que hay que saber de antemano para poder entenderlos. Obviamente, esto puede causar dificultades a los niños de la escuela primaria, que apenas están empezando a encontrar una variedad de formatos gráficos y convenciones. Estos autores examinan en detalle los tipos de conocimientos previos que a menudo se presuponen y que un comentario rápido es a menudo todo lo que se necesita para evitar que surjan malentendidos en el aula.

En sus primeras etapas, los estudiantes empiezan a pensar gráficamente agrupando objetos reales. English (2013) explica que se les puede animar a hacer representaciones de objetos de diferentes tamaños. Tanto la selección como la visualización de esos atributos no es trivial y requiere la capacidad de ver los objetos como una colección, en lugar de como objetos aislados. También se pueden sustituir grupos de objetos contados por notas post-it, por otros objetos u otros tipos de contadores (Watson, Fitzallen, Fielding-Wells & Madden, 2018; Friel & Bright, 1996). Otra opción es clasificar los objetos dibujados en colecciones gráficas de imágenes sin orden antes de pasar a clasificarlos a través de criterios coherentes (Micklo, 1995). Es importante que los estudiantes exploren estos elementos visuales del conteo a medida que avanzan hacia la abstracción y que no les impongan representaciones convencionales (English, 2013). Rycroft-Smith & Darren Macey (2019) añaden que se puede animar a los estudiantes a hacer gráficos de objetos considerando los diferentes atributos de las colecciones, a sustituir los objetos contados y a dibujar éstos en las colecciones como parte del juego. También dicen que es importante permitir que los estudiantes exploren sus propias formas de representación y no imponerles representaciones convencionales demasiado pronto.

DiSessa, Hammer, Sherin & Kolpakowski (1991) exponen que, conforme los estudiantes empiezan a estar más familiarizados con varias representaciones pictóricas (dibujadas a mano y apoyadas por la tecnología), deben ser alentados a inventar y jugar con los datos de registro, haciendo sus propios gráficos, para ayudarles a desarrollar la competencia metarrepresentacional (la capacidad de generar, criticar y refinar las formas representacionales). Por su parte, Tufte (2015) explica que, moverse con fluidez entre diferentes tipos de representaciones, permite a los estudiantes ser conscientes de que



la visualización de datos cuenta una historia, y cada tipo de representación pone un sesgo sutilmente diferente en esa historia. Esto es, los gráficos tienen un "poder narrativo". Además del componente narrativo, Friendly (1999) explica que las cuentas, gráficos y tablas pueden ayudar de manera similar a revelar patrones, puntos de discusión y regularidad inesperada en los conjuntos de datos, y Mulligan (2015) recomienda que los estudiantes comiencen con la representación de datos categóricos (aunque no debe limitarse a ellos), ya que sólo tiene una dimensión de cantidad a considerar. Los niños pequeños necesitan ayuda para ver la estructura de una representación gráfica; es probable que tengan dificultades para saber qué dejar dentro y qué es información redundante (English, 2013).

De acuerdo a Rycroft-Smith & Macey (2019), se debe animar a los estudiantes a desarrollar habilidades para generar, refinar y criticar las diferentes representaciones. Los estudiantes deben ser capaces de moverse con fluidez entre los diferentes tipos de representación y utilizarlos para explorar el patrón, la forma y la regularidad. Al principio, los estudiantes comienzan contando, representando y comparando datos categóricos, pero no es necesario que se limiten totalmente a ellos. Los maestros y profesores deben apoyar a los estudiantes para que vean la estructura, considerando las decisiones de qué dejar dentro y fuera de las representaciones. A partir de cierta edad, Postigo & Pozo (2004) mostraron que conforme los alumnos adquieren más conocimientos en ciertas áreas, sus diferentes niveles de educación y conocimiento sobre los contenidos representados dan lugar a diferentes niveles de procesamiento de esta información. Es decir, el rendimiento de aprendizaje en gráficos y mapas mejora con el nivel educativo de los sujetos lo que, según estos autores, sugiere la necesidad de un tratamiento diferencial en la enseñanza de diferentes tipos de información.

3. Ansiedad matemática y graphicacia

Richardson & Suinn (1972) describieron la ansiedad matemática como sentimientos de aprensión, tensión o incomodidad experimentados por un gran número de individuos al realizar tareas matemáticas o en un contexto matemático. Numerosos estudios a lo largo de los años han indicado que bastantes personas tienen actitudes extremadamente negativas hacia las matemáticas, que a veces equivalen a ansiedad severa (Hembree, 1990; Ashcraft, 2002; Maloney & Beilock, 2012). El concepto de ansiedad matemática se ha asociado con dificultades cognitivas para realizar tareas matemáticas, potencialmente porque la ansiedad interfiere con nuestra capacidad de mantener y manipular la información en mente (memoria de trabajo), pero la ansiedad matemática es predominantemente un problema emocional (Ashcraft & Krause, 2007). Los estudios sugieren que las actitudes hacia las matemáticas tienden a deteriorarse con la edad durante la infancia y la adolescencia (Wigfield & Meece, 1988; Ma & Kishor, 1997). La pregunta que surge aquí es ¿se pueden mejorar las actitudes y el desempeño matemático de los alumnos mediante la graphicacia?

La respuesta es sí. El diseño de formas representativas es importante dentro de las matemáticas; es "tan importante como los experimentos lo son a la ciencia" (DiSessa et al., 1991). Además, English, (2013), dice que los estudiantes deben desarrollar un "repertorio de inscripciones y representaciones inventadas" y tener la oportunidad de utilizarlas para persuadir o explicar, en lugar de que se les enseñen representaciones tradicionales sin entender cuándo y por qué se utilizan. Estas investigaciones han demostrado que se debe animar a los estudiantes a considerar cuidadosamente tanto el diseño como la ética al crear representaciones para la comunicación. Los estudiantes pueden practicar el uso de gráficos matemáticos con comprensión, para persuadir o explicar diferentes contenidos en el desarrollo de la resolución matemática de problemas (se muestran algunos ejemplos en las Figuras 3 y 4). A medida que los estudiantes se dan cuenta de que las representaciones pueden ser utilizadas para comunicar datos a otros, deben desarrollar un sentido de las consideraciones éticas y de diseño de la creación de

representaciones que muestren la historia que quieren contar de la manera más simple y adecuada (Konold & Higgins, 2003; DiSessa, Hammer, Sherin & Kolpakowski, 1991).

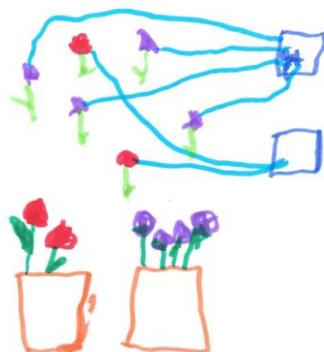


Figura 3. Ejemplo de dibujos en el desarrollo de la resolución matemática de problemas de un niño de 6 años clasificando flores en macetas según sus colores.

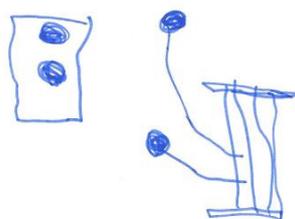


Figura 4. Ejemplo de dibujos en el desarrollo de la resolución matemática de problemas de un niño de 6 años representando los goles que han marcado en un partido de fútbol.

A menudo los investigadores se preguntan si los niños pequeños pueden tener ansiedad matemática y cuestionan si son capaces de experimentarla y de describir cómo se sienten. De hecho, ha habido una discusión interesante sobre si los niños tienen la sofisticación cognitiva para identificar sus sentimientos sobre la ansiedad matemática (Ashcraft y Krause, 2007; Ganley y McGraw, 2016; Vukovic, Kieffer, et al., 2013). Según ciertos autores, la ansiedad matemática se ha observado ya en niños de alrededor de 6 años (Beilock, Gunderson, Ramírez & Levine, 2010; Krinzinger, Kaufmann & Willmes, 2009; Thomas & Dowker, 2000; Bull, Espy & Wiebe, 2008). Mediante análisis correlacionales y de regresión de la memoria visual a corto plazo y de trabajo que mostraban niños de preescolar, se podía predecir específicamente el logro matemático de estos mismos sujetos en años posteriores, por esto, la posibilidad de una intervención temprana puede ser fundamental en el aprendizaje y en los logros matemáticos futuros. Además, se vió que el papel de los docentes en la enseñanza de las matemáticas en las primeras etapas es muy importante, por poner un ejemplo, en 2010 Beilock, Gunderson, Ramírez y Levine, vieron mediante un estudio que cuando las maestras de escuela primaria mostraban temor a las matemáticas, esto conllevaba consecuencias negativas en el rendimiento en matemáticas de sus alumnas.

Pasamos ahora a introducir la relación entre graphicacia y ansiedad matemática. El círculo vicioso de la ansiedad matemática que se muestra en la Figura 5, tal y como propusieron Preis & Biggs (2001),

señala el curso por el que la ansiedad y el miedo a las matemáticas lleva a experiencias matemáticas más negativas.

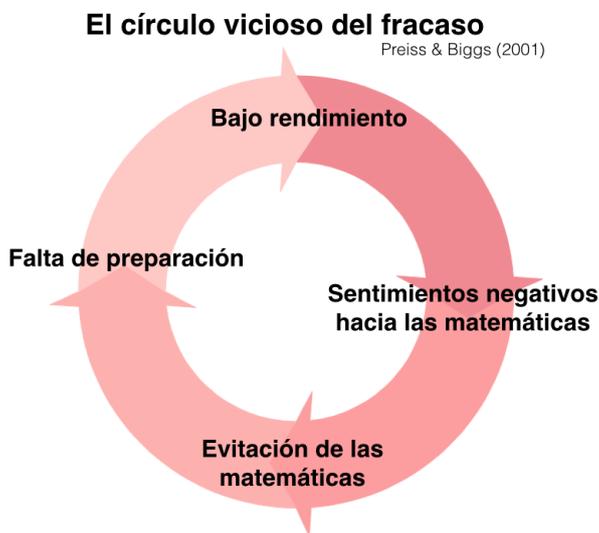


Figura 5. Ciclo del fracaso en matemáticas de Preiss, C., & Biggs, B. T. (2001). *Can Instructors Help Learners Overcome Math Anxiety?*. *ATEA journal*, 28(4), 6-10.

Frente a estos estudios, los investigadores Carey, Hill, Devine & Szücs (2016) sugieren que la relación entre la ansiedad matemática y el rendimiento matemático opera en ambas direcciones. Según estos autores, con el modelo de la Teoría Recíproca de la Ansiedad Matemática, ambas variables podrían jugar un papel en la relación entre la ansiedad y el rendimiento matemático. La mezcla de evidencia para cada una de las dos implicaciones sugiere que, de hecho, ambas podrían jugar un papel en la relación entre la ansiedad y el rendimiento matemático. Es decir, la ansiedad matemática podría causar una disminución del rendimiento y un rendimiento inferior podría provocar ansiedad matemática, como se muestra en la Figura 6.

TEORÍA RECÍPROCA de la ANSIEDAD MATEMÁTICA

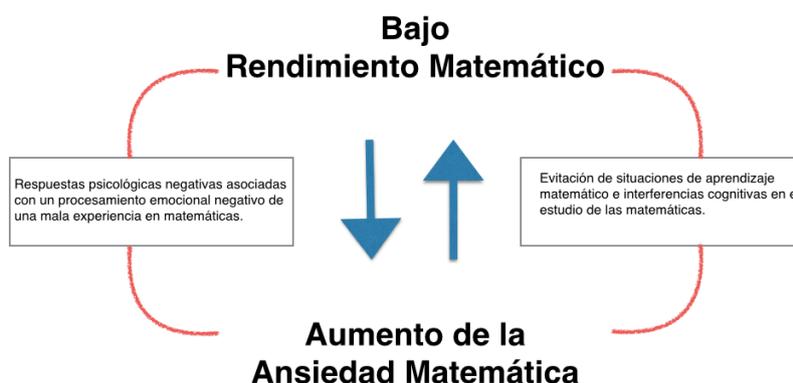


Figura 6. Modelo de la Teoría Recíproca de la Ansiedad Matemática.

El papel de la graphicacia en este ciclo se sostiene por numerosos estudios (Larkin & Simon, 1987; Van Essen & Hamaker, 1990; Csíkos, Szitányi & Kelemen, 2012; Edens & Potter, 2007; Uesaka, Manalo & Ichikawa, 2007) que señalan que mediante el uso de la graphicacia y el aprendizaje de las representaciones gráficas se pueden promover y mejorar las habilidades matemáticas, el rendimiento matemático y, por lo tanto, contribuir a romper este círculo vicioso. Muchos de los estudios se han hecho en etapas universitarias, pero también para edades tempranas se ha visto que el dibujo es una actividad que refleja mucho más que el talento artístico; los investigadores descubrieron que el dibujo temprano expresa la competencia cognitiva de un niño y, además, predice el logro matemático y las habilidades cognitivas posteriores de los niños.

Ramirez, Shaw, & Maloney (2018) muestran que la ansiedad matemática aparece ya en el desarrollo temprano. Estos autores señalan que, aunque la mayoría de las investigaciones sobre ansiedad matemática se han llevado a cabo entre las poblaciones de estudiantes universitarios, recientemente ha habido un gran interés en estudiar ansiedad matemática en las primeras etapas escolares. Los estudios inducen a pensar que aquellas intervenciones que llevan a mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes, también pueden ser efectivas en cuanto a que reducen la ansiedad matemática de los mismos. Trabajar con imágenes y gráficos puede reducir la ansiedad matemática ya que el nivel de comprensión espacial y el uso de dibujos esquemáticos se correlacionaron significativamente con el rendimiento de resolución de problemas; los estudiantes, mejorando sus habilidades matemáticas, pueden evitar muchas experiencias frustrantes y ganar confianza y motivación. La graphicacia, por lo tanto, es un medio para reforzar la comprensión y el conocimiento. Permite lograr que las matemáticas adquieran un sentido, y que los alumnos puedan disfrutar de su aprendizaje, evitando los ciclos de ansiedad y fracaso que hemos visto anteriormente. Así pues, como se muestra en la Figura 7, se podría considerar la graphicacia como un recurso que puede contribuir a romper el círculo vicioso que relaciona recíprocamente el bajo rendimiento matemático y la ansiedad matemática.

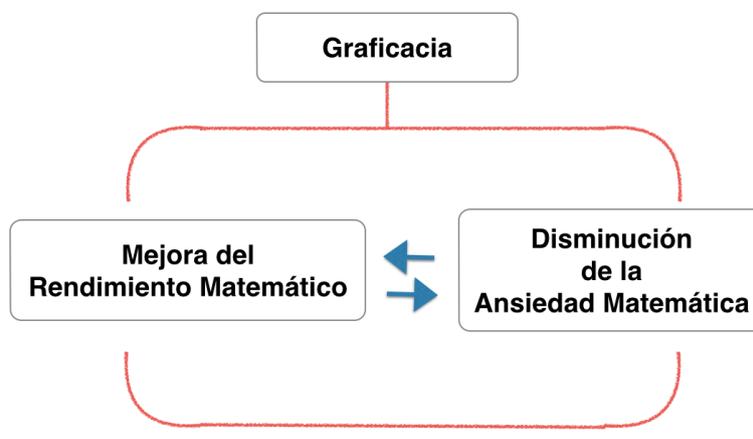


Figura 7. Efecto de la graphicacia en el modelo de la Teoría Recíproca de la Ansiedad Matemática.

Dado lo relevante que puede ser utilizar la graphicacia en el ámbito educativo, el papel de los maestros y profesores es fundamental para promover el uso de representaciones gráficas en la resolución de problemas matemáticos. Algunos estudios reflejan que los estudiantes por sí mismos no recurren a la representación gráfica, a menos que se les estimule. Csíkos, C., Szitányi, J., & Kelemen, R. (2012) exponen que simplemente por proporcionar a los estudiantes representaciones externas complementarias como tablas o diagramas no es suficiente para facilitar la resolución de problemas. Esto señala la

necesidad de un entrenamiento temprano en alfabetización de diagramas. Por su parte, Uesaka, Y., Manalo, E., & Ichikawa, S. (2007) descubrieron que la falta de confianza y las percepciones de dificultad en el uso del diagrama, y el hecho de ver los diagramas más como una estrategia que usan los maestros que como una herramienta que podían desarrollar ellos mismos, se vinculaba con un menor uso de diagramas por parte de los alumnos; en otro estudio que llevaron a cabo estos mismos autores en 2010, vieron que aunque el uso de diagramas se considera una de las estrategias más efectivas para resolver problemas, los informes de la investigación educativa aplicada señalaban que los estudiantes carecían de espontaneidad al usarlos, incluso cuando los maestros empleaban ampliamente diagramas en las instrucciones. Los autores señalan que la efectividad del estímulo verbal proporcionado por el maestro y la práctica en el dibujo de diagramas como adiciones a las clases de matemáticas típicas, pueden promover el uso espontáneo de diagramas de los estudiantes al intentar resolver problemas.

Los maestros y profesores deben ser conscientes de la importancia de su papel, desde un punto de vista preventivo, y promover el uso de gráficos para que los alumnos desarrollen su capacidad para comprender y presentar información gráfica adecuadamente a lo largo de todas las etapas educativas. Una intervención temprana con los alumnos puede mejorar su rendimiento en matemáticas y lograr que éstos tengan menos probabilidad de sufrir ansiedad matemática en un futuro, pero una mala intervención podría tener justamente el efecto contrario y generar temor hacia las matemáticas y ansiedad. Si bien es conveniente comenzar estas intervenciones en las primeras etapas educativas, hay que tener en cuenta ciertas particularidades en el caso de edades tempranas, que pasamos a discutir a continuación.

4. Discusión

Hemos visto como la graphicacia puede ser útil a la hora de cortar el círculo vicioso entre ansiedad matemática y bajo rendimiento matemático. Sin embargo, las técnicas basadas en la graphicacia no son inmediatas ni simples, y es necesario un cuidadoso diseño de las mismas. En concreto, el aprendizaje de la graphicacia en edades tempranas tiene una serie de características propias que debemos conocer para que las intervenciones sean adecuadas. En primer lugar, los niños muy pequeños no pueden transmitir información adecuadamente por medios verbales o numéricos, ya que están empezando a desarrollar la capacidad de expresarse, comprender y presentar la información. Por eso eligen palabras que no se corresponden con lo que quieren decir, hacen uso incorrecto de las expresiones y a menudo se ayudan de representaciones gráficas para expresarse que tampoco pueden ser adecuadas al contexto. Un niño que aún está empezando a hablar desconoce las reglas idiomáticas y también desconoce las reglas de la representación gráfica de la información, de ahí que, al igual que se inventa palabras, las combina con las que ya conoce y trata de crearse un lenguaje, empleará representaciones gráficas también inventadas que surgen a partir de sus evidencias y percepciones y que no tienen por qué corresponderse con la realidad, entonces, ¿qué metodologías se recomiendan para llevar a cabo en etapas tempranas?

Los estudios revisados sugieren que es importante permitir a los estudiantes inventar y explorar sus propias representaciones de datos, de hecho, exigirles las representaciones convencionales demasiado pronto puede limitar su desarrollo, empobrecer su capacidad de aprender y generarles preocupación, intranquilidad y ansiedad. La imposición de formas de representación convencionales debe retrasarse para permitir que los estudiantes más jóvenes experimenten por sí mismos, dándoles la oportunidad de considerar las diferentes características que tienen las colecciones de objetos, de sustituir los objetos contados y de dibujar estos objetos según sus criterios.

Como se ha mostrado, los niños pequeños (a partir de los 2-3 años) desarrollan el dibujo y la escritura simultáneamente como parte de su desarrollo gráfico, cognitivo y también emocional. Para fomentar su desarrollo de una forma global, en los estudios citados se recomienda que sean alentados a explorar de forma flexible y contextualizada otros significados dependientes de aquellas marcas y signos que han inventado. La exploración y el uso de contextos diferentes y variados debe motivarse con las primeras marcas, signos y símbolos matemáticos que hagan sin conducir a episodios de frustración o de rechazo. Es una responsabilidad de los docentes apoyar a los alumnos en sus creaciones gráficas e incitarles a la exploración, como parte de un proyecto gráfico, cognitivo y emocional entrelazado.

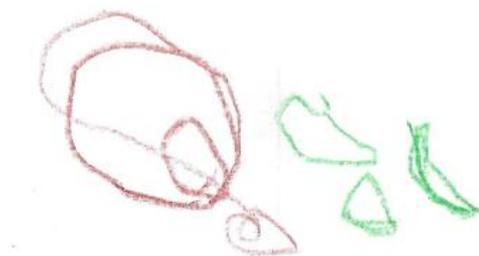


Figura 8. Ejemplo de dibujo de un niño de 4 años representando los elementos de un parque.

Además, en la sección anterior, se ha visto que existen numerosas investigaciones que han mostrado la importancia de animar a los estudiantes a considerar cuidadosamente tanto el diseño como la ética al crear representaciones para transmitir, informar o mostrar información, que se debe de alentar el uso de gráficos matemáticos para su comprensión, y también para persuadir o explicar hechos y expresar emociones (ver un ejemplo en Figura 8). Las representaciones gráficas nos permiten conocer, analizar y comparar visual y rápidamente datos sobre la evolución de una o varias magnitudes, a lo largo del tiempo, en uno o en distintos lugares, pero también desde un punto de vista comunicativo sirven para comunicar información y al igual que ocurre con la comunicación oral y escrita, las representaciones gráficas conllevan una ética y valores asociados y un componente emocional.

A menudo los estudiantes aprenden a hacer representaciones gráficas sin saber para qué sirven los gráficos o el porqué de las convenciones establecidas (DiSessa et al., 1991). Por esto, resulta vital, para su desarrollo futuro en el ámbito de las matemáticas, animar a los estudiantes a que generen, modifiquen o reflexionen sobre diferentes tipos de representaciones, sus formas, la frecuencia con la que aparecen o los patrones que siguen, para que puedan trabajar de una forma fluida con diferentes tipos de gráficos, símbolos, etc. Los estudios muestran que, si bien los estudiantes cuentan y comparan los datos categóricos que encuentran, pueden hacer uso de otros mecanismos para representarlos. De todo esto se deduce que, desde un punto de vista docente, se debe apoyar a los estudiantes a llevar a cabo una configuración y estructura gráfica que ellos mismos decidan y permitirles que elijan lo que van a representar, sopesando también de qué elementos van a prescindir en su representación, todo ello sin limitar su creatividad y sin fomentar sentimientos de rechazo que pudieran generarles ansiedad matemática en el futuro.

5. Conclusiones

A lo largo de este estudio, hemos visto la relación entre la graphicacia y la ansiedad matemática, y cómo la graphicacia puede ser un recurso muy útil para prevenir la ansiedad matemática y contribuir a romper el círculo vicioso del fracaso que relaciona recíprocamente el bajo rendimiento matemático y la

ansiedad matemática. También se han revisado una serie de metodologías para trabajar la representación desde un punto de vista cognitivo, que llevan ligadas su propia trascendencia emocional, ya que la puesta en práctica de estas metodologías en edades tempranas no es posible sin tener en cuenta actitudes y sentimientos, es decir, un plano emocional. Esta circunstancia es relevante para favorecer el desarrollo integral de los niños desde sus primeras etapas. A continuación, sintetizamos algunos de los aspectos más específicos que se han visto para trabajar los procesos de representación, registro y comunicación gráfica en matemáticas a edades tempranas:

- Los niños pequeños desarrollan el dibujo y la escritura simultáneamente como parte de su desarrollo gráfico, cognitivo y emocional. Para fomentar su desarrollo simultáneamente en estos planos, deberían ser alentados a explorar de forma flexible y contextualizada otros significados de las marcas y signos.
- Los niños pueden practicar su comprensión y uso de gráficos, cuadros y tablas para persuadir y explicar hechos. Además, sus representaciones también tienen un componente expresivo emocional. Es importante tener en cuenta esta parte emocional además del diseño y de las consideraciones éticas como parte de la representación gráfica.
- Es igualmente importante permitir a los estudiantes inventar y explorar sus propias representaciones de datos categóricos y no rechazarlas para imponerles las representaciones convencionales. Los niños que se inventan sus propias representaciones se mueven con fluidez entre diferentes tipos de representaciones y sus estructuras, formas y narrativas. Mostrar rechazo hacia sus trabajos puede generarles emociones negativas que deriven en una futura ansiedad en el aprendizaje de las matemáticas.
- Los niños deben ser animados a hacer clasificaciones, objetos gráficos y elementos sustitutos para los objetos contados. También deben ser motivados a pensar en cómo representarlos en colecciones, como parte del proceso exploratorio del conteo a través de la representación de los datos categóricos. Trabajar las clasificaciones matemáticas mediante representaciones gráficas desde una edad temprana puede favorecer simultáneamente su desarrollo cognitivo y emocional, así como su rendimiento matemático futuro.

Bibliografía

- Aldrich, F., & Sheppard, L. (2000a). Graphicacy; The fourth 'R'? *Primary Science Review*, 64, 8–11.
- Aldrich, F., & Sheppard, L. (2000b) in Carruthers, E. & Worthington, M. (2011). *Understanding children's mathematical graphics*. Berkshire, UK: Open University Press.
- Anning, A. (2003). Pathways to the graphicacy club: The crossroad of home and pre-school. *Journal of Early Childhood Literacy*, 3(1), 5-35.
- Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 243-248.
- Balchin, W. G. (1976). Graphicacy. *The American Cartographer*, 3(1), 33-38.
- Balchin, W. G., & Coleman, A. M. (1966). Graphicacy should be the fourth ace in the pack. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 3(1), 23-28.
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1860-1863.

- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Buckham, J. (1994) 'Teachers' Understanding of Children's Drawing', in C. Aubrey (ed.) (1994) *The Role of Subject Knowledge in the Early Years of Schooling* (pp. 133-67). Buckingham: Open University Press.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., & Szücs, D. (2016). The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance. *Frontiers in psychology*, 6, 1987.
- Carruthers, E., & Worthington, M. (2011). *Understanding children's mathematical graphics*. Berkshire, UK: Open University Press.
- Csikós, C., Szitányi, J., & Kelemen, R. (2012). The effects of using drawings in developing young children's mathematical word problem solving: A design experiment with third-grade Hungarian students. *Educational Studies in Mathematics*, 81(1), 47-65.
- DiSessa, A. A., Hammer, D., Sherin, B., & Kolpakowski, T. (1991). Inventing Graphing: Meta-Representational Expertise in Children. *Journal of Mathematical Behaviour*, 10, 117-160.
- Edens, K., & Potter, E. (2007). The relationship of drawing and mathematical problem solving: Draw for math tasks. *Studies in Art Education*, 48(3), 282-298.
- English, L. D. (2013). Reconceptualizing Statistical Learning in the Early Years. In L. English & J. Mulligan (Eds.), *Reconceptualizing Early Mathematics Learning* (pp. 67-82). Springer, Dordrecht.
- Friel, S. N., & Bright, G. W. (1996). Building a Theory of Graphicacy: How Do Students Read Graphs? Paper presented at the *Annual Meeting of AERA*, New York.
- Friendly, M. (1999). Visualizing Categorical Data. In M. G. Sirken, D. J. Hermann, S. Schechter, N. Schwartz, J. M. Tanur and R. Tourangeau (Eds.), *Cognition and Survey Research*. John Wiley and Sons (pp. 319-348).
- Ganley, C. M., & McGraw, A. L. (2016). The development and validation of a revised version of the math anxiety scale for young children. *Frontiers in psychology*, 7, 1181.
- Goodman, C. (1969). *Languages of the Arts*. London: Oxford University Press.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for research in mathematics education*, 33-46.
- Konold, C., & Higgins, T. (2003). Reasoning about data. In A research companion to Principles and Standards for School Mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (pp. 193-215).
- Krinzinger, H., Kaufmann, L., & Willmes, K. (2009). Math anxiety and math ability in early primary school years. *Journal of psychoeducational assessment*, 27(3), 206-225.
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Ma, X., & Kishor, N. (1997). Assessing the relationship between attitude toward mathematics and achievement in mathematics: A meta-analysis. *Journal for research in mathematics education*, 26-47.
- Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in cognitive sciences*, 16(8), 404-406.
- Matthews, J. (1999). *The Art of Childhood and Adolescence: The Construction of Meaning*. Taylor & Francis.
- Micklo, S. J. (1995). Developing young children's classification and logical thinking skills. *Childhood Education*, 72(1), 24-28.
- Mulligan, J. (2015). Moving beyond basic numeracy: data modeling in the early years of schooling. *ZDM*, 47(4), 653-663.



- Postigo, Y., & Pozo, J. I. (2004). On the Road to Graphicacy: The learning of graphical representation systems. *Educational Psychology, 24*(5), 623–644.
- Preis, C., & Biggs, B. T. (2001). Can Instructors Help Learners Overcome Math Anxiety?. *ATEA journal, 28*(4), 6-10.
- Ramirez, G., Shaw, S. T., & Maloney, E. A. (2018). Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework. *Educational Psychologist, 53*(3), 145-164.
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology, 19*(6), 551.
- Roth, W. M., Pozzer-Ardenghi, L., & Han, J. Y. (2005). *Critical Graphicacy: Understanding Visual Representation Practices in School Science*. Springer Science & Business Media.
- Rycroft-Smith, L., & Darren Macey, D. (2019). *Use of graphical symbols to represent, record and communicate counts*. Cambridge Mathematics.
- Thomas, G., & Dowker, A. (2000). Mathematics anxiety and related factors in young children. Work presented in *British Psychological Society Developmental Section Conference*.
- Tufte, E. R. (2015). *The visual display of quantitative information* (2. ed., 9. printing). Cheshire, Conn: Graphics Press.
- Uesaka, Y., Manalo, E., & Ichikawa, S. (2007). What kinds of perceptions and daily learning behaviours promote students' use of diagrams in mathematics problem solving? *Learning and Instruction, 17*(3), 322–335.
- Uesaka, Y., Manalo, E., & Ichikawa, S. (2010). The effects of perception of efficacy and diagram construction skills on students' spontaneous use of diagrams when solving math word problems. In A. Goel, M. Jamnik, & N. H. Narayanan (Eds.), *Diagrammatic representation and inference* (Vol. 6170, pp. 197–211). Berlin: Springer.
- Van Essen, G., & Hamaker, C. (1990). Using self-generated drawings to solve arithmetic word problems. *Journal of Educational Research, 83*(6), 301–312.
- Vukovic, R. K., Kieffer, M. J., Bailey, S. P., & Harari, R. R. (2013). Mathematics anxiety in young children: Concurrent and longitudinal associations with mathematical performance. *Contemporary educational psychology, 38*(1), 1-10.
- Watson, J., Fitzallen, N., Fielding-Wells, J., & Madden, S. (2018). The Practice of Statistics. In D. Ben-Zvi, K. Makar, & J. Garfield (Eds.), *International Handbook of Research in Statistics Education* (pp. 105–138).
- Wigfield, A., & Meece, J. L. (1988). Math anxiety in elementary and secondary school students. *Journal of educational Psychology, 80*(2), 210.

María Sagasti Escalona. Licenciada en Ciencias Físicas, graduada en Pedagogía Terapéutica, Máster universitario en Intervención y Orientación Psicopedagógica. Email: mariasagasti@gmail.com