

EL NECESARIO AUMENTO DE LA MUJER EN DISCIPLINAS STEM Y LA MEJORA DE SUS HABILIDADES ESPACIALES

Victoria D. Chamizo

*Facultad de Psicología, Dpto. Cognición, Desarrollo y Psicología de la Educación
Universitat de Barcelona*

RESUMEN

Este artículo ofrece una visión general de la problemática de la brecha de sexo/género en las disciplinas STEM (en castellano, carreras CTIM -siglas de «Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas»), así como en las habilidades espaciales, más concretamente de la prueba de rotación mental (RM), tan relacionadas. Se destacan algunas medidas adoptadas en varios países con la finalidad de reducir dicha diferencia en estas disciplinas. El trabajo hace hincapié en algunas “intervenciones” concretas que ya han demostrado ser claramente efectivas: en la infancia, en la adolescencia y también en la edad adulta. El manuscrito puede leerse como continuación de un trabajo anterior publicado en esta revista (Chamizo, 2022).

1. INTRODUCCIÓN: ESTADO DE LA CUESTIÓN

Numerosos trabajos han puesto de manifiesto que no existen diferencias entre hombres y mujeres en inteligencia general, aunque no se puede decir lo mismo al hablar de habilidades específicas (Halpern, 2012; Kimura, 2004; Mackintosh, 2011). Por ejemplo, las niñas aventajan a los niños en habilidades verbales y lingüísticas —en fluidez verbal, ortografía, gramática, lectura y escritura y comprensión oral (Reilly, 2023). Estas materias se trabajan ampliamente en la educación primaria y secundaria y se habla poco de las diferencias que existen entre niños y niñas. Algo muy distinto ocurre con las habilidades espaciales, que hoy se sabe que son básicas para tener éxito en las disciplinas STEM (Li, Sun y Zhang, 2021; Newcombe, 2017; Schug y cols., 2022; Sorby, Veurink y Streiner, 2018; Wai, Lubinski y Benbow, 2009) y que son altamente maleables (Uttal et al., 2013). Sin embargo, por desgracia, las habilidades espaciales, que tienden a favorecer al sexo masculino, suelen estar ausentes a lo largo del currículo escolar (ver el informe del Consejo Nacional de Investigación de USA, de 2006, <https://doi.org/10.17226/11019>). La afirmación anterior va en claro detrimento de las niñas, que pueden llegar a la adolescencia en inferioridad de condiciones respecto a sus compañeros varones. ¿Qué podemos hacer para remediar este desequilibrio?

En la revisión de la literatura de Wai y cols (2009), que cubre un período de más de 50 años, los autores enfatizan que para tener éxito en las disciplinas STEM (en las que existe una escasa representación de mujeres), el pensamiento espacial es posiblemente tan importante como el pensamiento verbal y el matemático, algo ampliamente reconocido en la actualidad. De hecho, hoy se habla abiertamente de una brecha de género en estas disciplinas, al menos en los países occidentales. Concretamente en España, en una entrevista reciente aparecida en el periódico *La Vanguardia* (04/07/2022), Elisenda Bou-Balust, ingeniera de telecomunicaciones y Premio Princesa de Girona, afirmaba que "en cuanto a carreras STEM, sólo el 13% de los alumnos son chicas". En esta entrevista Bou-Balust insistía en la necesidad de adoptar medidas concretas que ayuden a aumentar este porcentaje.

Además, como indican Lane y Sorby (2022), si nos fijamos en los resultados del informe PISA¹ de 2012 (https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA2012_Overview_ESP-FINAL.pdf), concretamente en el apartado *Espacio y Forma* (que es un componente de "Alfabetización matemática" en PISA y cuyos contenidos son de naturaleza espacial —como la geometría, la visualización espacial, la medición y el álgebra), comprobamos que España es uno de los países que obtuvo resultados por debajo de la media de los 65 países que participaron en este estudio. Un panorama nada alentador.

Son múltiples los factores -psicológicos, biológicos y también sociales- que pueden estar contribuyendo a estas diferencias de sexo/género² en las habilidades espaciales, tan importantes para las disciplinas STEM. Además, tanto la edad como las características de los procedimientos, así como otros factores, modulan los resultados. Afortunadamente, al igual que ocurre con otras habilidades cognitivas, estas diferencias se pueden reducir drásticamente, e incluso eliminar, con la práctica, con una intervención específica.

2. PRINCIPALES HABILIDADES ESPACIALES Y CÓMO SE MIDEN

Existen numerosas habilidades espaciales (desde pruebas con papel y lápiz hasta navegación en el mundo real) y también múltiples maneras de medirlas, sin que haya acuerdo entre investigadores. En general, incluso desde edades muy tempranas, los hombres aventajan a las mujeres en este tipo de habilidades en los países occidentales, aunque sorprendentemente esto no es así en otros países (PISA, 2012; Reilly, Neumann y Andrews, 2019). Estas habilidades están implicadas en múltiples actividades cognitivas y conductuales e incluyen una amplia gama de tareas [para consultar numerosos ejemplos ver los monográficos editados por Castro-Alonso (2019), Chamizo, Bourdin, Mendez-Lopez y Santamaria (2023), Ishikawa y Newcombe (2021) y Khine (2017)]. Las dos principales habilidades espaciales podrían ser: la visualización espacial y la orientación —también denominada navegación (Mackintosh, 2011). En este artículo nos centraremos en la visualización espacial, que es la habilidad que permite representar y manipular mentalmente objetos en dos o tres dimensiones y concretamente en la rotación mental (RM). La RM con imágenes tridimensionales (3D) es una de las tareas más ampliamente utilizada en la investigación de la cognición espacial en los últimos cincuenta años, especialmente cuando se mide la velocidad de la rotación mental (Guay, 1976; Shepard-Metzler, 1971; Vandenberg y Kuse, 1978). También es donde se han observado las mayores diferencias entre ambos sexos (aunque para una opinión radicalmente contraria ver Fisher, Meredith y Gray, 2018. Para estos investigadores las diferencias de sexo/género en la capacidad de rotación mental son consecuencia de características de los procedimientos y de la artificialidad de los estímulos).

Según Shepard y Metzler (1971), “La RM es la capacidad de transformar una representación mental de un objeto para predecir con exactitud cómo se vería el objeto desde un ángulo diferente”. En la actualidad existen múltiples variaciones de esta prueba. Shepard y Metzler (1971) utilizaron pares de imágenes que se presentaban en la pantalla de un ordenador (una figura objetivo y la segunda rotada -correcta o incorrectamente-, respecto a su pareja). La solución consistía en decir, en el menor tiempo posible, si se trataba de la misma figura o si eran figuras diferentes. La Figura 1 muestra tres ejemplos de pares de imágenes empleadas por estos investigadores. Cuando se utiliza este tipo de estímulos, los resultados más frecuentes muestran que el tiempo en responder aumenta a medida que el ángulo de rotación es mayor y que los hombres son más rápidos que las mujeres (Linn y Petersen, 1985; Voyer, Voyer y Bryden, 1995).

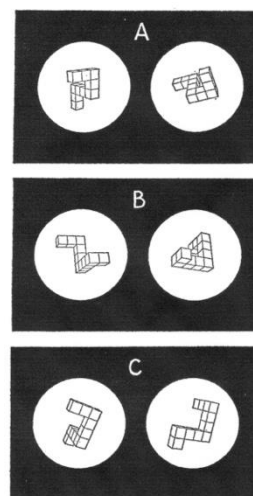
Otra modalidad de RM muy empleada consiste en presentar, en soporte de papel, una figura objetivo y, a continuación, otras figuras con diferentes orientaciones (normalmente, cuatro), de las cuales sólo una (o dos) es igual a la figura objetivo. En este caso la solución consiste en elegir cuál de esas múltiples figuras coincide con la figura objetivo. Normalmente no se suele medir la rapidez con que

¹ PISA son las siglas en inglés del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos, en el que se comparan las competencias en ciencias, matemáticas, lectura y resolución de problemas de los alumnos de 15/16 años de todo el mundo.

² La distinción entre sexo y género normalmente diferencia entre factores biológicos (sexo) y factores culturales (género).

responden los participantes, aunque éstos disponen de un tiempo máximo para dar la respuesta. De nuevo, los resultados más frecuentes muestran que los hombres aventajan a las mujeres en esta modalidad de pruebas.

Figura 1.- (A) Un par "igual", que difiere en una rotación de 80° en el plano de la imagen; (B) un par "igual", que difiere en una rotación de 80° en profundidad; y (C) un par "diferente", que no puede ponerse en congruencia mediante ninguna rotación. (Figura reproducida con permiso de la *American Association for the Advance of Science*.)



Sin embargo, las diferencias de sexo/género que se observan en las pruebas de RM pueden desaparecer dependiendo de distintos factores —como por ejemplo la ansiedad espacial, diferentes estrategias, los estereotipos de género, el diseño de los experimentos y la familiaridad con los estímulos (Alvarez-Vargas, Abad y Pruden, 2020; Hegarty, 2018; Jost y Jansen, 2023; Ruthsatz, Rahe, Schürmann y Quaiser-Pohl, 2019). Veamos un ejemplo. La Figura 2, forma parte del trabajo llevado a cabo por Vera Ruthsatz y cols, publicado en 2019. Esta figura muestra dos conjuntos de estímulos claramente estereotipados. Las imágenes de la parte superior se consideran “masculinas” y las de la parte inferior, “femeninas”. Cuando Ruthsatz y cols. (2019) pasaron pruebas de RM con este tipo de imágenes (se trataba de rotaciones tridimensionales), tal y como se predijo, los niños y las niñas tuvieron mejores resultados con los estímulos estereotipados acordes con su propio género (los niños con el conjunto de estímulos de la parte superior y las niñas con el conjunto de estímulos de la parte inferior). Y lo más importante, en este caso la superioridad de los niños frente a las niñas desapareció. Cherney y Voyer (2010) han sugerido que las figuras cúbicas de las pruebas de RM tradicionales (ver Figura 1), tan ampliamente utilizadas, se pueden percibir como estereotípicamente más masculinas que femeninas ya que, tradicionalmente, los niños están más familiarizados con juegos similares de construcción de bloques. ¿Una ventaja sistemática para los varones? Investigación futura tendrá que resolver esta y otras muchas dudas.

Como indican Castro-Alonso y Jansen (2019), cuando se comparan instrumentos de rotación mental 3D (instrumentos que utilizan imágenes con tres dimensiones: altura, anchura y profundidad) y 2D (instrumentos que utilizan imágenes con dos dimensiones: altura y anchura) en un mismo estudio, normalmente los resultados favorables a los hombres son mayores para las pruebas 3D —que por regla general son más difíciles que las pruebas 2D. Estos autores ofrecen tres ejemplos: (a) el estudio de Sanders y cols. (1982) con 1.031 estudiantes universitarios de Psicología (65% mujeres); (b) el informe de Peters y cols. (1995) con 101 participantes (47% mujeres); y (c) el estudio de Cherney (2008) con 61 estudiantes universitarios (51% mujeres). En estos tres ejemplos, los hombres mostraron puntuaciones notablemente más altas que las mujeres en una prueba de RM 3D, pero las diferencias no eran tan acusadas cuando la prueba era de RM 2D. Los resultados anteriores indican que la dificultad de la tarea es un factor a la hora de encontrar diferencias de sexo/género en las tareas espaciales—como ya sugirieron, al hablar de orientación espacial, Coluccia y Louse en 2004.

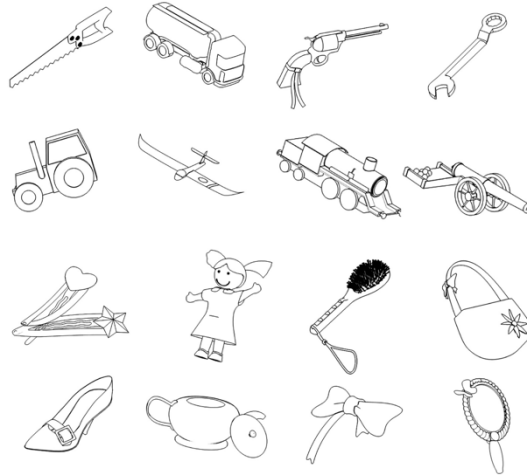


Figura 2.- Estímulos “masculinos” del test de RM-3D (parte superior) y estímulos “femeninos” del test de RM-3D (parte inferior). (Figura reproducida con permiso de *Taylor & Francis*).

3. MALEABILIDAD DE LAS HABILIDADES ESPACIALES Y DIFERENCIAS DE SEXO

Muy al contrario de lo que se ha creído durante muchos años, hoy se sabe que las habilidades espaciales son altamente maleables si se llevan a cabo intervenciones adecuadas; es decir, se pueden aprender o mejorar, como ocurre con cualquier otra habilidad (Uttal et al., 2013). Además, estas intervenciones pueden resultar eficaces, duraderas y transferibles. En la actualidad existe un gran interés en este tema, por lo que son muchos los investigadores que están diseñando juegos, o programas específicos, de entrenamiento espacial (¡tanto para alumnos como para el profesorado!), atractivos y fáciles de implementar, que puedan adaptarse a distintas edades, o especialmente diseñados para edades concretas (como ejemplos ver Coutrot y cols., 2018; Xu, Song y Liu, 2023). No cabe duda de que la magnífica tecnología actual es una gran ayuda.

Veamos brevemente qué se está haciendo en tres bloques distintos de edad: infancia, adolescencia y edad adulta.

3.1 Infancia

Varios estudios han demostrado diferencias de sexo en la RM y también que es posible mejorar esta capacidad ya en el segundo año de guardería (4-5 años), con un entrenamiento diseñado para maximizar esta capacidad espacial. Aún más importante son los estudios que muestran diferencias de sexo en RM en bebés de pocos meses de edad. En una revisión reciente de la literatura titulada “El pensamiento espacial en la infancia: Origen y desarrollo de la rotación mental entre los 3 y los 10 meses de edad”, que se publicó en 2020, los autores, Scott Johnson y David Moore, resumían sus conclusiones diciendo: “*Estos estudios han producido muchos resultados contradictorios, pero se puede llegar a varias conclusiones provisionales. En primer lugar, la RM puede ser operativa en lactantes de tan sólo 3 meses de edad. En segundo lugar, puede haber diferencias de sexo en el funcionamiento de la RM en la infancia, en general a favor de los varones, como las hay en los niños y en los adultos. En tercer lugar, parece haber múltiples influencias en el rendimiento de la RM de los bebés, como la actividad motora de los bebés, la complejidad del estímulo o la tarea, las hormonas y las actitudes de los padres. Concluimos solicitando investigaciones adicionales para examinar con más detenimiento las causas y consecuencias de las capacidades de la RM en las primeras etapas de la vida*” (ver también Enge, Kapoor, Kieslinger y Skeide, 2023). En definitiva, existen diferencias de sexo bien documentadas en la RM desde la primera infancia, pero aún estamos lejos de entender a qué se deben, lo que requiere investigación adicional.

En un informe publicado en 2017, Nora Newcombe (ver también Newcombe, 2010) indica técnicas concretas en la infancia (como ejercicios prácticos, lenguaje, gestos, el uso de mapas, los diagramas de dibujos, las analogías...) que ayudan a fomentar las habilidades espaciales y recomienda incorporarlas en los planes de estudios de las enseñanzas de primaria y secundaria. Newcombe (2017) argumenta que esta medida podría ayudar a reducir la brecha de género en las disciplinas STEM. A favor de estos comentarios, un metaanálisis³ reciente llevado a cabo por Yang, Liu, Chen, Xu, & Lin (2020) con niños de 0 a 8 años de edad y que incluye los resultados de 20 estudios, ha demostrado que diversas intervenciones (como la exploración de las manos, las indicaciones visuales y el entrenamiento espacial gestual), pueden mejorar significativamente las habilidades espaciales en la infancia.

Un ejemplo de intervención exitosa en la infancia es el trabajo de Hawes, Moss, Caswell y Poliszczuk, publicado en 2015. Estos autores investigaron los efectos de la experiencia con una tarea de rotación mental informatizada en el rendimiento espacial y matemático de niños de 6 a 8 años de edad (grupo experimental). Un segundo grupo (grupo de control), no recibió dicha experiencia, sino un entrenamiento con crucigramas. Los resultados pusieron de manifiesto que los niños que recibieron entrenamiento en rotación mental mostraron mejoras significativas en dos medidas distintas de rotación mental 2D. Además, se observaron mejoras más generales en el pensamiento espacial en una tarea espacial no entrenada. Es decir, hubo generalización entre tareas espaciales, un hallazgo que, como comentan los autores, sugiere que el entrenamiento puede haber tenido un efecto general en la capacidad espacial de los infantes.

Son muchos los autores que consideran la falta de entrenamiento en la infancia en habilidades espaciales (que tradicionalmente los niños, pero no las niñas, suplen con frecuencia con sus juegos) como una de las principales razones de la infrarrepresentación de las mujeres en las disciplinas STEM cuando se llega a la universidad, al menos en los países occidentales. Es hora de poner remedio a esta carencia.

3.2 Educación secundaria y adolescencia.

Numerosos estudios muestran que las diferencias de sexo/género aumentan de tamaño con la edad. La afirmación anterior puede tener diversas explicaciones: por influencias biológicas, hormonales y sociales. Y debido a que tanto las influencias hormonales como las sociales (como, por ejemplo, la autoeficacia —es decir, el dudar injustificadamente de la propia habilidad y capacidad para poder llevar a cabo una tarea específica), tienden a cambiar durante la pubertad y pueden provocar diferencias en el rendimiento cognitivo, los resultados encontrados no resultan siempre fáciles de interpretar y a veces pueden ser contradictorios. Como veremos a continuación, trabajar durante este periodo las habilidades espaciales, especialmente con las niñas, es fundamental.

Dos factores resultan cruciales en esta etapa: las actitudes y las creencias (que a veces son creencias implícitas, no conscientes). Por ejemplo, en la adolescencia resultan muy importantes los estereotipos o falsas creencias —como “que las matemáticas y las ciencias son cosa de hombres”. Estos estereotipos según los cuales las matemáticas y las ciencias requieren habilidades “masculinas”, están aún muy extendidos, tanto entre los jóvenes como entre los adultos —en buena medida debido a la publicidad y el marketing (Fine y Rush, 2018; Valtorta, Baldissarri, Raguso, D’Ecclesiis y Volpato, 2023); y se ha demostrado que influyen en las puntuaciones obtenidas en estas disciplinas. Además, con frecuencia los chicos manifiestan actitudes más positivas hacia el estudio de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, mientras que las chicas manifiestan una menor confianza en sí mismas y una menor autoeficacia, lo cual no se observa en la infancia (PISA, 2012; Reilly y Hurem, 2023; Reilly, 2023).

³ El metaanálisis es un conjunto de herramientas estadísticas, que son útiles para sintetizar los datos de una colección de estudios.

Especialmente interesante y sorprendente es ver qué ocurre a nivel internacional (PISA, 2012; Reilly, Neumann y Andrews, 2019). Reilly y cols (2019) analizaron una prestigiosa encuesta, *Encuesta sobre Tendencias en Matemáticas y Ciencias* (las siglas en inglés son TIMSS), que evaluó a más de un cuarto de millón de estudiantes procedentes de 45 naciones diferentes. En los países de la OCDE (es decir, principalmente países occidentales y desarrollados), los niños manifestaron un mayor interés por las STEM, mientras que las niñas manifestaron una menor autoeficacia, pero en muchos países de Oriente Medio y Asia este patrón se invirtió: las niñas no solo manifestaron un mayor interés y autoeficacia, sino que obtuvieron mejores resultados en matemáticas y en ciencias. ¿Cómo se pueden explicar estos resultados? Reilly y cols. (2019) destacan como posibles causas la influencia de padres y educadores, así como de la cultura popular y de los medios de comunicación; y como herramientas útiles para contrarrestar las diferencias entre chicos y chicas recomiendan entrenamiento en habilidades espaciales y también ejercicios de afirmación de valores (esto último especialmente importante para las niñas —para luchar contra lo que se conoce como el “síndrome de la impostora”, que siempre supone una falta de confianza por parte de quien lo sufre). Que duda cabe que estos resultados enfatizan la importancia de los factores motivacionales, sociales y culturales.

Veamos un ejemplo de intervención exitosa en la educación secundaria y adolescencia. Se trata de un trabajo publicado en 2018, cuyos autores son Petra Jansen, Jan Ellinger y Jennifer Lehmann. En este estudio se puso a prueba un programa de educación física en alumnos de secundaria. Según los investigadores, el objetivo era determinar un posible efecto positivo de una educación física reforzada sobre la capacidad visuoespacial de los adolescentes. El trabajo pretendía responder a la pregunta de si una mayor educación física en la escuela podría mejorar una capacidad espacial específica, la rotación mental (RM). Los participantes se dividieron en dos grupos (experimental y control) y respondieron a varios cuestionarios, además de pasar un test de RM. Los resultados mostraron que el grupo de adolescentes que recibió una gran cantidad de educación física obtuvo puntuaciones significativamente más altas en el test de RM que el grupo de control (que solo recibió dos sesiones de educación física). Es decir, se obtuvo un mejor rendimiento en el test de RM (tan relacionado con el éxito en las disciplinas STEM) tras un entrenamiento reforzado en educación física.

Al igual que veíamos en el apartado anterior, “infancia”, múltiples autores han sugerido que la brecha de género en las disciplinas STEM, al menos en parte, podría deberse a la escasa formación en habilidades espaciales con anterioridad a la etapa universitaria, lo que hace urgente revisar los contenidos de la educación secundaria para poder incluirlas.

3.3 Edad adulta.

Se han realizado numerosos trabajos con estudiantes universitarios. La mayoría de estas investigaciones ponen de manifiesto la importancia de una intervención apropiada, que suele eliminar las diferencias iniciales de sexo/género. Además, con frecuencia, las mujeres mejoran más que los hombres tras un entrenamiento. Veamos un ejemplo, publicado 2019, que tiene que ver con el aprendizaje asistido por ordenador. Lo firman ocho autores de diversos centros universitarios de Portugal, siendo el primer autor Bruno Guimarães, de la Universidad de Oporto. Se trata de un experimento en el que se investigó, con más de 600 estudiantes de ambos sexos, los efectos de un entrenamiento virtual en anatomía humana sobre el rendimiento en una prueba de RM (concretamente, una adaptación de la prueba de Vandenberg y Kuse de 1978). En definitiva, se trataba de ver si un entrenamiento virtual en anatomía humana, donde la visión espacial es tan importante, podía mejorar los resultados en una prueba de RM. Al comparar las puntuaciones obtenidas en dicha prueba antes y después del entrenamiento virtual en anatomía humana, los investigadores comprobaron que al término del mismo el rendimiento en la prueba de RM fue superior al rendimiento inicial. Y lo que es muy importante, las diferencias entre alumnos y alumnas que favorecían a los varones antes del entrenamiento desaparecieron al final del mismo.

En el ámbito de las ingenierías cabe destacar el trabajo pionero de Sheryl Sorby y colaboradores (Lane y Sorby, 2022; Sorby, 2009; Sorby y Baartmans, 2020; Sorby, Veurink y Streiner, 2018). El

material didáctico publicado por Sorby es excelente y ha servido para reducir de manera importante el abandono de mujeres en estas disciplinas mientras cursan sus estudios. En el trabajo anterior (Chamizo, 2022), se desarrolla más este apartado.

Son muchos los resultados que sugieren cambios con la edad tanto en la velocidad de procesamiento de la información espacial, como en el rendimiento que se observa en distintas pruebas de aprendizaje espacial (Berg, Hertzog y Hunt, 1982; Bohbot y cols, 2012; Iachini, Iavarone, Senese, Ruotolo y Ruggiero, 2009; Zhao y cols. 2020). En las pruebas de RM, el aumento de la velocidad de procesamiento en función de la edad se acelera negativamente. Es decir, los participantes de más edad se vuelven más lentos que los más jóvenes a la hora de rotar objetos en su mente. Según Zhao y cols. (2020), una posible explicación de este efecto de la edad en la RM se basa en las diferentes estrategias utilizadas. Estos investigadores trabajaron en dos experimentos con participantes jóvenes y mayores (con edades medias aproximadas de 20 vs. 70), con dos tareas de RM con objetos tridimensionales y bidimensionales, con distintos niveles de complejidad. En ambos experimentos, el rendimiento de los dos grupos de edad fue comparable en objetos simples. Sin embargo, se observaron diferencias sistemáticas entre los índices de RM de los adultos más jóvenes y los mayores al procesar objetos complejos. El resultado más destacable consistió en que los participantes mayores eran más lentos que los participantes más jóvenes al girar objetos complejos en comparación con los simples.

Zhao y cols (2020) concluyeron que los resultados que obtuvieron muestran que los dos grupos de edad seleccionaban estrategias diferentes (holística vs. fragmentaria) al girar objetos complejos. [La estrategia holística se refiere a un proceso dinámico de imágenes en el que el objeto se transforma en la mente como un todo, similar a su rotación física real; mientras que la transformación fragmentaria se basa en un proceso analítico que transforma el objeto rasgo a rasgo (o pieza a pieza) —por lo que a medida que aumenta la complejidad del estímulo, se necesita más tiempo para transformar los rasgos/piezas que constituyen el estímulo y para manipular su relación espacial, en comparación con la estrategia holística]. En definitiva, los participantes más jóvenes transformaban una representación mediante una estrategia simplificada de los objetos, holística, mientras que los mayores giraban rasgo a rasgo (es decir, utilizando una estrategia fragmentaria).

4. UNA PUNTUALIZACIÓN ACERCA DEL HIPOCAMPO Y LA PLASTICIDAD CEREBRAL

Es bien sabido que al hablar de habilidades espaciales el complejo del hipocampo (estructura límbica del cerebro que comprende el hipocampo y la corteza entorrinal), desempeña un papel decisivo. De hecho, en los roedores adultos, el hipocampo de los machos promiscuos suele ser más grande que el de las hembras. Wei, Chen, Dong y Zhou (2016) han sugerido que esta estructura del cerebro también podría ser importante en la RM. Estos investigadores pusieron a prueba si diferencias estructurales en el hipocampo podrían explicar las diferencias de sexo/género en la RM 3D. Sus resultados mostraron que, tras controlar el tamaño del cerebro, los hombres tenían un hipocampo anterior más grande, mientras que las mujeres tenían un hipocampo posterior más grande; y el volumen de materia gris del hipocampo anterior derecho correlacionó significativamente con la puntuación de la RM 3D (es decir, ambas cosas estaban relacionadas). Cuando Wei y cols. (2016) controlaron el volumen de materia gris del hipocampo anterior derecho entre hombres y mujeres, las diferencias de sexo en la RM 3D desaparecieron. Concluyeron que sus resultados sugieren que la diferencia estructural entre el hipocampo anterior derecho de hombres y mujeres es un sustrato neurobiológico para las diferencias de sexo/género en la RM 3D. Que duda cabe que investigación futura confirmará o no esta posibilidad. En cualquier caso, se ha demostrado que el hipocampo goza de una enorme flexibilidad y que las experiencias diarias lo pueden alterar (para un ejemplo, ver West y cols, 2018).

5. CONCLUSIONES

Gracias a la plasticidad cerebral, hoy sabemos que el entrenamiento en numerosas habilidades espaciales puede aumentar la sustancia gris hipocampal, lo cual tiene un doble beneficio. Por un lado, se reducen las diferencias de sexo/género que con tanta frecuencia se observan en el dominio espacial; por otro lado, y de resultas de lo anterior, disminuye la brecha de sexo/género en las disciplinas STEM. Además, el entrenamiento en habilidades espaciales, siempre que se utilicen estrategias dependientes del hipocampo (estrategias en las que es muy importante saber estimar distancias y ángulos para relacionar distintas ubicaciones de objetos o puntos de referencia), podría tener una consecuencia adicional importante. Concretamente, como han sugerido Dahmani, Idriss, Konishi, West y Bohbot (2023), reducir el alzhéimer en las mujeres —que son más propensas que los hombres a padecer esta enfermedad, en parte debido a que utilizan, con más frecuencia que los hombres, otras estrategias (estrategias más automáticas, dependientes del núcleo caudado) cuando resuelven tareas espaciales. Dahmani y cols. (2023) argumentan que las diferencias de sexo/género en el dominio espacial pueden explicarse, al menos en parte, por la posibilidad de que los hombres y las mujeres utilicen estrategias de navegación diferentes y enfatizan que un hipocampo con poco volumen es un importante factor de riesgo para la enfermedad de Alzheimer. En definitiva, ¡todo un reto a nuestro alcance!

6. REFERENCIAS

- Alvarez-Vargas, D., Abad, C. y Pruden, S. M. (2020). Spatial anxiety mediates the sex difference in adult mental rotation test performance. *Cognitive Research Principles and Implications*, 5, 31. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00231-8>
- Berg, C., Hertzog, C. y Hunt, E. (1982). Age Differences in the Speed of Mental Rotation. *Developmental Psychology*, 18, 95-1107. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.18.1.95>
- Bohbot, V. D., McKenzie, S., Konishi, K., Fouquet, C., Kurdi, V., Schachar, R., Boivin, M. y Robaey, P. (2012). Virtual navigation strategies from childhood to senescence: evidence for changes across the life span. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 4 (28). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00028>
- Castro-Alonso, J. C., Ed. (2019). *Visuospatial Processing for Education in Health and Natural Sciences*. Switzerland AG: Springer Nature. ISBN 978-3-030-20968-1. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20969-8>
- Castro-Alonso y Jansen (2019). Sex Differences in Visuospatial Processing. En Castro-Alonso, J. C. (ed), *Visuospatial Processing for Education in Health and Natural Sciences*. Switzerland AG: Springer Nature. Pp. 81-110. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20969-8>
- Chamizo, V. D. (2022). Cuando el sexo sí importa: la cognición espacial. *Encuentros Multidisciplinares*, 71, 1-9. <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/>
- Chamizo, V. D., Bourdin, P., Mendez-Lopez, M. y Santamaria, J. J. (2023). Editorial: From paper and pencil tasks to virtual reality interventions: improving spatial abilities in girls and women. *Frontiers in Virtual Reality*, 4:1286689. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1286689/full>
- Cherney, I. D. (2008). Mom, let me play more computer games: They improve my mental rotation skills. *Sex Roles*, 59(11–12), 776–786. <https://doi.org/10.1007/s11199-008-9498-z>.
- Cherney, I. D. y Voyer, D. (2010). Development of a spatial activity questionnaire I: Items identification. *Sex Roles*, 62, 89–99. <https://doi.org/10.1007/s11199-009-9710-9>
- Coluccia, E. y Louse, G. (2004). Gender differences in spatial orientation: A review. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 329–340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.08.006>
- Coutrot, A. y cols., (2018). Global determinants of navigation ability. *Current Biology*, 28, 2861–2866. <http://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.009>
- Dahmani, L., Idriss, M., Konishi, K., West, G. L., y Bohbot, V. D. (2023), Considering environmental factors, navigation strategies, and age. *Frontiers in Virtual Reality*, 4:1166364. <http://doi.org/10.3389/frvir.2023.1166364>
- Enge, A., Kapoor, S., Kieslinger, A-S. y Skeide, M. A. (2023). A meta-analysis of mental rotation in the first years of life. *Developmental Science*. e13381. <https://doi.org/10.1111/desc.13381>

- Fine, C. y Rush, E. (2018). “Why Does all the Girls have to Buy Pink Stuff?” The Ethics and Science of the Gendered Toy Marketing Debate. *Journal of Business Ethics*, 149, 769–784. <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3080-3>
- Fisher, M. L., Meredith, T. y Gray, M. (2018). Sex Differences in Mental Rotation Ability Are a Consequence of Procedure and Artificiality of Stimuli. *Evolutionary Psychological Science*, 4, 124–133. <https://doi.org/10.1007/s40806-017-0120-x>
- Guay (1976). *Purdue Spatial Visualization Test*. Purdue Research Foundation.
- Guimarães, B., Firmino-Machado, J., Tsisar, S., Viana, B., Pinto-Sousa, M., Vieira-Marques, P., Cruz-Correia, R. y Ferreira, M. A. (2019). The role of anatomy computer-assisted learning on spatial abilities of medical students. *Anatomical Sciences Education*, 12, 138–153. <https://doi.org/10.1002/ase.1795>.
- Halpern, D. F. (2012). *Sex differences in cognitive abilities* (4^a ed.). Lawrence Erlbaum, NJ. ISBN 978-1-84872-940-7
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. y Poliszczuk, D. (2015). Effects of mental rotation training on children’s spatial and mathematics performance: A randomized controlled study. *Trends in Neuroscience and Education*, 4, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.05.001>
- Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: what does the mental rotation test really measure? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1212–1219. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1347-z>.
- Iachini, I., Iavarone, A., Senese, V. P., Ruotolo, F. y Ruggiero, G. (2009). Visuospatial memory in healthy elderly, AD and MCI: a review. *Current Aging Science*, 2, 43-59. <http://doi.org/10.2174/1874609810902010043>
- Ishikawa, T. y Newcombe, N. S. (2021). Why spatial is special in education, learning, and everyday activities. En T. Ishikawa y N. Newcombe (eds), *Cognitive Research: Principles and Implications (Springer Open). Thematic Series: Spatial is Special*. <https://cognitiveresearchjournal.springeropen.com/spatial-collection>
- Jansen, P., Ellinger, J. y Lehmann, J. (2018). Increased physical education at school improves the visual-spatial cognition during adolescence. *Educational Psychology*, 38, 964-976. <https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1457777>
- Johnson, S. P. y Moore, D. S. (2020). Spatial thinking in infancy: Origins and development of mental rotation between 3 and 10 months of age. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5, 10. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00212-x>
- Jost, L. y Jansen, P. (2023). Express: The Influence of the Design of Mental Rotation Trials on Performance and Possible Differences Between Sexes: A Theoretical Review and Experimental Investigation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. <https://doi.org/10.1177/17470218231200127>
- Khine, M. S., Ed. (2017). *Visual-spatial Ability in STEM Education. Transforming Research into Practice*. Switzerland AG: Springer Nature. ISBN 978-3-319-44385-0 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0>
- Kimura, D. (2004). *Sexo y capacidades mentales*. Barcelona: Ariel (del original inglés de 2000). ISBN 13, 978-8434409019.
- Lane, D. y Sorby, S. (2022). Bridging the gap: blending spatial skills instruction into a technology teacher preparation programme. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2195–2215 <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09691-5>
- Li, H., Sun, J. y Zhang, X. (2021) Editorial: Multidisciplinary Approaches to Understanding Early Development of Spatial Skills: Advances in Linguistic, Behavioral, and Neuroimaging Studies. *Frontiers in Psychology*, 12:666382. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.666382>
- Linn, M. C. y Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Mackintosh, N. J. (2011). *IQ and human intelligence*. 2^a ed. Oxford University Press. ISBN 10: 0199585598.
- Newcombe, N. S. (2010). Increasing Math and Science Learning by Improving spatial thinking. *American Educator*, Summer, 29-43. <http://www.aft.org/newspubs/periodicals/ae>

- Newcombe, N. (2017). Harnessing Spatial Thinking to Support Stem Learning. *OECD Education Working Papers*, 161, 1-51. <https://dx.doi.org/10.1787/7d5dcae6-en>
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. y Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28(1), 39–58. <https://doi.org/10.1006/brcg.1995.1032>.
- PISA, Informe (2012). Lo que los alumnos saben a los 15 años de edad y lo que pueden hacer con lo que saben. OCDE. (https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA2012_Overview_ESP-FINAL.pdf)
- Reilly, D. y Hurem, A. (2023). Designing equitable STEM education: guidelines for parents, educators, and policy-makers to reduce gender/racial achievement gaps. *International Encyclopedia of Education*, 4ª ed. Oxford, UK: Elsevier. Pp. 334-343. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.13013-1>
- Reilly, D. (2023). Gender differences in educational achievement and learning outcomes. *International Encyclopedia of Education*, 4ª ed., Vol. 6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.14051-5>
- Reilly, D., Neumann, D.L. y Andrews, G. (2019). Investigating gender differences in mathematics and science: results from the 2011 trends in mathematics and science survey. *Research in Science Education*, 49, 25–50. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9630-6>.
- Ruthsatz, V., Rahe, M., Schürmann, L. y Quaiser-Pohl, C. (2019): Girls’ Stuff, boys’ stuff and mental rotation: fourth graders rotate faster with gender congruent stimuli, *Journal of Cognitive Psychology*, 31, 225-239. <https://doi.org/10.1080/20445911.2019.1567518>
- Sanders, B., Soares, M. P. y D’Aquila, J. M. (1982). The sex difference on one test of spatial visualization: A nontrivial difference. *Child Development*, 53(4), 1106–1110. <https://doi.org/10.2307/1129153>.
- Schug, M. G., Barhorst-Cates, E., Stefanucci, J., Creem-Regehr, S., Olsen, A. P. L. y Cashdan, E. (2022). Childhood Experience Reduces Gender Differences in Spatial Abilities: A Cross-Cultural Study. *Cognitive Science*, 46, e13096. <https://onlinelibrary.wiley.com/share/C5PSQWZAIRBFTT7QS4NX?target=10.1111/cogs.13096>
- Shepard, R. N. y Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>
- Sorby, S. A. y Baartmans, B. J. (2020). The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 89, 301-307. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00529.x>
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-d spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31, 459–480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Sorby, S., Veurink, N. y Streiner, S. (2018). Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? The answer is ‘yes’. *Learning and Individual Differences*, 67, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2014.09.009>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. y Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139, 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Valtorta, R. R., Baldissarri, Raguso, G., D’Ecclesiis, G. y Volpato, C. (2023). Gender Stereotypes and Sexualization in Italian Children’s Television Advertisements. *Sexuality & Culture*, 27, 1625–1645. <https://doi.org/10.1007/s12119-023-10081-3>
- Vandenberg, S. G. y Kuse, A. R. (1978). Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualisation. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599–604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Voyer, D., Voyer, S. y Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>.
- Wai, J., Lubinski, D. y Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>.

- Wei, W., Chen, C., Dong, Q. y Zhou, X. (2016). Sex Differences in Gray Matter Volume of the Right Anterior Hippocampus Explain Sex Differences in Three-Dimensional Mental Rotation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 580. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00580>
- West, G. L. y cols. (2018). Impact of video games on plasticity of the hippocampus. *Molecular Psychiatry*, *23*, 1566–1574. <http://dx.doi.org/10.1038/mp.2017.155>
- Xu, S., Song, Y. y Liu, J. (2023). The Development of Spatial Cognition and Its Malleability Assessed in Mass Population via a Mobile Game. *Psychological Science*, *34*, 345–357. <https://doi.org/10.1177/09567976221137313>
- Yang W., Liu H., Chen N., Xu P. y Lin, X. (2020). Is Early Spatial Skills Training Effective? A Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, *11*, article 11:1938. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01938>
- Zhao, B., Gherri, E. y Della Sala, S. (2020). Age effects in mental rotation are due to the use of a different strategy. *Aging Neuropsychology and Cognition*, *27*, 471-488. <http://doi.org/10.1080/13825585.2019.1632255>