

Sexo, cerebro y matemáticas

Sex, brain and maths

Los hombres no muestran una mayor aptitud intrínseca para las matemáticas, respecto a las mujeres. Ambos usan de igual forma los cinco sistemas cognitivos nucleares involucrados en el razonamiento matemático.

Author/s:

Vivian Reigosa Crespo

Senior Researcher and Deputy Director General, Cuban Center for Neuroscience, Havana University, Cuba

Theme/s:

Inclusive education / Learning mathematics

This brief arises from Science of Learning fellowships, funded by UNESCO International Bureau of Education (IBE) and the International Brain Research Organization (IBRO). The IBE-UNESCO/IBRO Science of Learning Fellowships aim to support and translate key neuroscience research on learning and the brain to educators, policymakers, and governments.

Resumen ejecutivo

- Los hombres no muestran una mayor aptitud intrínseca para las matemáticas, respecto a las mujeres. Ambos usan de igual forma los cinco sistemas cognitivos nucleares involucrados en el razonamiento matemático. Las diferencias asociadas al sexo solo aparecen, de manera sistemática, cuando existe la posibilidad de una selección de la estrategia durante la realización del problema matemático. Si el problema matemático conlleva una sola estrategia, las diferencias no emergen.
- No existe suficiente evidencia para afirmar que los bebés niños están más centrados en los objetos y las bebés niñas en las interacciones sociales. Tampoco es posible afirmar que la focalización en los objetos y sus relaciones mecánicas guarda relación directa con el pensamiento matemático puesto que se conoce que el conocimiento intuitivo acerca de los objetos está sujeto a múltiples errores conceptuales.
- El predominio de los hombres en los niveles más altos de rendimiento cuando realizan pruebas estandarizadas, pudiera estar relacionado con una composición de ítems no balanceada que favorece el uso de las estrategias cognitivas más utilizadas por los hombres. Tomando en consideración los hallazgos científicos actuales sería razonable revisar la composición de estas pruebas e incluir mediciones de los cinco sistemas nucleares del razonamiento matemático.
- A la luz de esta revisión crítica, la estrategia de impulsar la participación de la mujer en las CTIM a partir de los resultados en las pruebas estandarizadas hoy vigentes debe ser reconsiderada. También se confirma, desde la evidencia científica, la importancia de establecer y mantener políticas de empoderamiento de la mujer para lograr su protagonismo en las CTIM.

Mujeres, Ciencia y Tecnología. Estado del Arte

"El mundo está cambiando a un ritmo acelerado dirigido por la ciencia y la tecnología" [1]. Tal es así, que existe un reconocimiento unánime de la importancia de la CTIM en los cambios sociales y económicos en tanto promotor de la reducción de la pobreza, del desarrollo sustentable y del logro de los otros Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Al mismo tiempo, a nivel mundial se expresa una marcada preocupación con relación al desarrollo de los recursos humanos involucrados en las CTIM pues se observa un decline en el interés, la entrada y la participación de los jóvenes, especialmente mujeres, en muchos países. Estas tendencias opuestas relacionadas, por una parte, con el incremento del desarrollo basado en el conocimiento, y por otra, con la disminución de la capacidad de aplicar el conocimiento al desarrollo tiene, a futuro, una implicación negativa para todos los países donde ocurre la divergencia.

La realidad actual es que las mujeres están pobremente representadas en las CTIM. Se han realizado esfuerzos en muchos países para cambiar este panorama. De hecho, entre 1980 y 1990, el porcentaje de mujeres involucradas varió de 10-15 % a 20-25 %. Sin embargo, desde 2000 este progreso ha ido declinando alcanzándose otra vez un 10 % en numerosos países [1]. Las diferencias de género son particularmente notables en los niveles más altos de logros científicos; por ejemplo, menos del 3% de los laureados con el Nobel son mujeres y ninguna mujer, hasta ahora, ha recibido uno de los tres reconocimientos más importantes en matemáticas ("Field Medal", "Abel Prize" y "Wolf Prize").

A nivel de los organismos e instituciones, regionales y de carácter global, existe una marcada intención de examinar y entender esta situación para poder promover vías efectivas que permitan corregir las causas del fenómeno, eliminándolas o resolviéndolas a través de políticas y acciones encaminadas a mejorar los indicadores de igualdad de género. Sin embargo, algunos estudios realizados recientemente apuntan que, aun en aquellos países donde se aplican de forma efectiva políticas de empoderamiento de la mujer, los hombres continúan teniendo una mejor ejecución en las pruebas estandarizadas de matemática, respecto a las mujeres. Esto se observa particularmente, cuando se analiza a los individuos de más alto rendimiento [2].

El fenómeno es, por tanto, complejo y tiene múltiples aristas de análisis. En este sentido, resulta muy importante revisar el tema de las diferencias en el cerebro y la cognición entre hombres y mujeres lo cual pudiera determinar la existencia de una aptitud intrínseca para las matemáticas y la ciencia. Dicho de forma simple, evaluar a la luz de las evidencias científicas actuales, si el cerebro de los hombres está mejor "equipado" que el de las mujeres para tener éxito con las ciencias "duras" y la tecnología.

Cerebro Rosa, Cerebro Azul

En un libro titulado "Cerebro Rosa, Cerebro Azul", la neurocientífica Lise Eliot [3] revisa los hallazgos aportados por su propio trabajo y el de otros autores en el área de la neuroplasticidad y concluye que los cerebros de los bebés son tan maleables que pequeñas diferencias al nacer entre niños y niñas se van amplificando en el tiempo en la medida en que los padres, los maestros, los pares y la cultura en general refuerzan los estereotipos de género. Dice la autora, que los propios niños y niñas exacerban esas diferencias jugando con sus modestas fortalezas. Ellos constantemente ejercitan los circuitos del "lanzamiento de pelota" y ellas los circuitos del "juego con muñecas" y, raramente se salen de su zona de confort.

¿Esto también sucede para las matemáticas? Examinemos críticamente tres afirmaciones, bastante generalizadas, relacionadas con el hecho de que las mujeres son menos talentosas para las matemáticas y, por tanto, están menos representadas en las CTIM [4].

Afirmación #1. El cerebro de los hombres permite un mayor desarrollo de habilidades espaciales y numéricas. Eso los hace tener una mayor aptitud intrínseca para las matemáticas.

Las investigaciones en psicología cognitiva y evolutiva, así como en neurociencias han demostrado que el ser humano nace equipado con sistemas primitivos que evolucionaron para diferentes propósitos y son aprovechados para resolver nuevos problemas [5]. Estas investigaciones proveen evidencia acerca de cinco sistemas cognitivos diferentes que son el núcleo del pensamiento matemático en los adultos.

- Sistema 1: el de las cantidades exactas que permite la representación mental de conjuntos de uno, dos, tres objetos de forma exacta
- Sistema 2: el de las cantidades aproximadas encargado de las representaciones mentales de conjuntos grandes de objetos de forma aproximada.
- Sistema 3: los cuantificadores, palabras que denotan los números y las rutinas de conteo verbal que el niño gana cuando adquiere el lenguaje
- Sistemas 4 y 5: la geometría de los objetos y los puntos de referencia del medio necesarios para los propósitos de navegación, memoria espacial y razonamiento geométrico

Cuando los adultos resuelven problemas aritméticos activan áreas del cerebro que están involucradas en la representación de las magnitudes numéricas, el lenguaje y el espacio [6]. Si alguna de esas áreas se encuentra dañada las personas muestran diferentes tipos de deficiencias en el razonamiento matemático y el cálculo [7]. Estos sistemas se desarrollan tempranamente durante la infancia y en ese período no se han encontrado diferencias entre niñas y niños [8]. Tampoco en edades mayores. Un estudio que incluyó a 786 niñas y 901 niños de 5to a 9no grados (parte de la muestra del estudio publicado por Reigosa-Crespo y cols, [9]) reportó que no existían diferencias asociadas al sexo respecto a la eficiencia con que niñas y niños realizaron dos tareas numéricas básicas (conteo de conjuntos y aritmética mental) las cuales involucran estos sistemas nucleares (Figura 1).

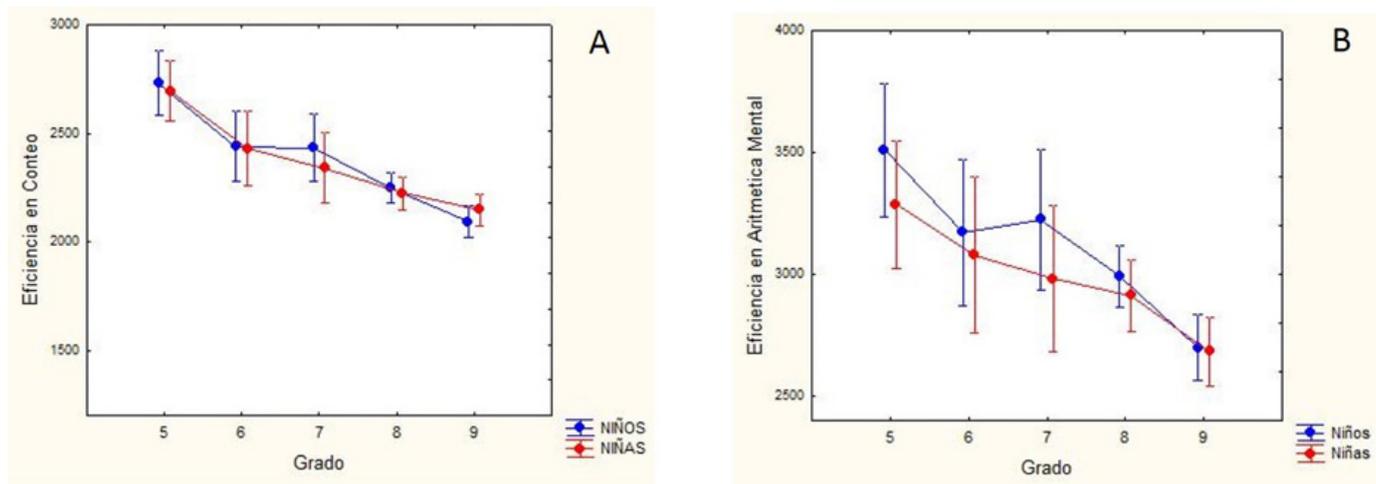


Fig. 1. Eficiencia de niñas y niños para realizar una tarea de conteo (A) y una tarea de aritmética mental (B). La eficiencia es una medida de tiempo/aciertos de manera que, mientras menos valor toma, más eficiente es la ejecución.

Tampoco se han hallado diferencias entre hombres y mujeres en la ejecución de tareas simples que involucran a estos sistemas. En un experimento de resonancia magnética funcional (RMNf), Kucian y cols. [10] pidieron a un grupo de 10 mujeres y 10 hombres comparar conjuntos de magnitudes numéricas diferentes. Eran conjuntos de objetos (vegetales y frutas) y ellos debían decir dónde había más (figura 2A). Las áreas cerebrales que se activaron durante la realización de la tarea en todos los sujetos correspondieron a una red que involucró las áreas visuales primarias y secundarias, las áreas parietales bilaterales, giro frontal inferior derecho y el cerebelo bilateralmente (Figura 2B). No hubo diferencias en los patrones de activación de esta red entre hombres y mujeres.

Las diferencias asociadas al sexo emergen cuando se utilizan tareas cuantitativas más complejas. En la mayoría de los estudios se han observado después de concluida la educación elemental y se hacen mayores en la medida que aumenta la edad. En el experimento realizado por Kucian y cols. [10], mencionado anteriormente, cuando ambos grupos de mujeres y hombres realizaron tareas de cálculo exacto y aproximado, así como de rotación mental de objetos, si se encontraron diferentes patrones de activación cerebral entre ellos. Las mujeres mostraron una activación adicional en las áreas temporales bilaterales, en el área frontal inferior derecha y en las áreas motoras primarias. Esto indicó que ellas usaban estrategias cognitivas diferentes a ellos para realizar estas tareas del experimento.

En otro estudio [11] usando RMNf y análisis de las estructuras del cerebro (morfometría), se le pidió a un grupo de 25 mujeres y a otro de 24 hombres que realizaran una tarea de aritmética mental de adición y sustracción con tres operandos. Ambos grupos tuvieron resultados similares en el cálculo (tiempo y aciertos). Sin embargo, durante la realización de la tarea, el cerebro de los hombres mostró mayor activación que el de las mujeres en las áreas del hemisferio derecho relacionadas con la cognición numérica, tal y como se muestra en la figura 3. Los cerebros de las mujeres no mostraron mayor activación que los cerebros de los hombres en ningún área. Por otra parte, no hubo diferencias entre ambos grupos respecto a la densidad y el volumen de las áreas cerebrales estudiadas. Tomando de conjunto los resultados conductuales y de las imágenes cerebrales, los autores concluyen que las mujeres usan de manera más eficiente los recursos neuronales durante el cálculo.

Debe tomarse en cuenta que, los meta-análisis realizados a los reportes conductuales y de neuroimágenes revelan que la mayoría de las diferencias asociadas al sexo halladas en tareas numéricas en los estudios individuales se hacen pequeñas o cercanas a cero. Sin embargo, otras medidas como la conducta motora, la sexualidad y la agresión si muestran diferencias mucho más grandes y confiables entre hombres y mujeres.

Las diferencias que sobreviven a los meta-análisis son aquellas que emergen cuando se presentan tareas que pueden ser resueltas de varias maneras y que hombres y mujeres tienden a resolver de forma diferente. Por ejemplo, en una tarea de navegación donde se presenta información geométrica y de puntos de referencia, los hombres tienden a guiarse por la primera y las mujeres por la segunda. Sin embargo, cuando existe una sola fuente de información disponible no hay diferencias en la ejecución entre hombres y mujeres. Esto refleja que lo que subyace en las diferencias encontradas son diferentes elecciones de la estrategia a emplear.

Afirmación #2. Al nacer, los niños se focalizan más en los objetos que las niñas, esto los predispone a aprender

mejor acerca de los sistemas mecánicos.

Esta conclusión se basa en los resultados de un experimento realizado con bebés recién nacidos en el cual se les presentaba una persona activa y expresiva o un objeto inanimado de similar tamaño. Los bebés varones miraban durante más tiempo al objeto y las bebés niñas miraban más tiempo a la persona [12]. A partir de este resultado se interpretó que los bebés varones, al focalizarse en objetos, se convierten en "sistematizadores" que se involucran más con el mundo mecánico y con los sistemas abstractos como las matemáticas [13]. Sin embargo, hasta ahora, no existe ningún reporte publicado que haya replicado los resultados de este experimento.

Probablemente, la noción de que los niños están más orientados a los objetos y las niñas a lo social constituye una de las primeras creencias infundadas acerca de las diferencias cognitivas determinadas por el sexo [14]. Se conoce que la percepción de los objetos comienza desde el nacimiento. Los bebés humanos muestran de manera muy clara sus habilidades para percibir colores, formas, tamaños y orientación de los objetos así como percibir el movimiento de estos objetos. Alrededor de los 6 meses los bebés pueden representarse los objetos que se mueven totalmente fuera de su vista, hacer inferencias acerca de las interacciones mecánicas entre los objetos y también agrupar objetos en categorías. Estos hallazgos se han obtenido a través de muchos experimentos cuidadosamente diseñados desde hace más de 3 décadas. En casi todos se comparan niñas y niños y la mayoría no encuentra diferencias entre ellos. Precisamente por esta causa, los meta-análisis acerca de las diferencias cognitivas asociadas al sexo en la infancia son muy raros pues ellos dependen de efectos significativos y la amplia mayoría de los estudios sobre el desarrollo cognitivo en la infancia reportan diferencias no significativas entre niñas y niños.

Por otra parte, el razonamiento científico no depende del conocimiento intuitivo acerca de los objetos debido a que este está sujeto a conceptos erróneos. El verdadero razonamiento científico emerge cuando los estudiantes comienzan a usar las matemáticas- tanto los números como la geometría- para estructurar su entendimiento acerca del mundo físico.

Afirmación #3. Entre los hombres existe mayor variabilidad en las habilidades cognitivas y, como consecuencia, ellos predominan en los niveles más altos del talento matemático cuando realizan pruebas estandarizadas.

Los hombres muestran mayor variabilidad en las habilidades matemáticas que las mujeres. Esto hace que estén más representados en los niveles extremos del talento matemático. Así lo demuestran los resultados de la aplicación masiva de pruebas estandarizadas de matemática tales como PISA y SAT-M. Por ejemplo, si se toma el 99 percentil en el caso del SAT-M, es decir el 1% de mejor ejecución, la proporción llega a ser de 12 niños por cada niña [15]. De forma similar, en las cuatro mediciones realizadas con las pruebas PISA (2000, 2003, 2006 y 2009) en los estudiantes con rendimiento por encima del 99 percentil, la proporción niño: niña fue de 2.3-2.7:1. Este fenómeno, por supuesto, contribuye de forma particularmente importante a la sobre-representación de los hombres en las áreas de la CTIM [2].

¿Por qué ocurre esto si las evidencias muestran que hombres y mujeres usan de forma similar los sistemas neurocognitivos involucrados en el razonamiento matemático?

De acuerdo con Spelke [4], la estrategia de inferir diferencias asociadas al sexo en la habilidad matemática a partir de diferencias asociadas al sexo en la realización de estas pruebas estandarizadas es problemática. En primer lugar, los ejercicios que forman estas pruebas están necesitados de explicación y justificación. Los ítems que las conforman evalúan una mezcla compleja de capacidades y estrategias. Como estos ítems muestran diferencias por sexo ellos son proclives a ser contruidos de manera que favorezcan más a los niños o a las niñas. ¿Cómo podemos determinar que una composición particular de ítems provee una medida razonable de las habilidades matemáticas relativas de niñas y niños?

Por ejemplo, las niñas realizan mejor que los niños aquellos ítems en los que hay que determinar si los datos provistos son suficientes para resolver el problema. Estos ítems estaban en el SAT-M y posteriormente fueron eliminados. Esta modificación hecha al SAT-M pudiera aumentar la probabilidad de una parcialidad del test en contra de las niñas, en caso de que ambos fueran igualmente talentosos.

Es importante tomar en cuenta que la evaluación de la validez de estas pruebas requiere una medida independiente que exprese de forma precisa la naturaleza del talento matemático, los procesos que lo componen y su distribución entre niños y niñas [4].

Por otra parte, llama la atención que, aunque la mayoría de los estudiantes enrolados en programas de las CTIM a partir de

sus puntajes en pruebas estandarizadas son hombres, las mujeres enroladas alcanzan igual éxito que los hombres. En una cohorte estudiada por Benbow y cols. [16], por ejemplo, 10.3% de hombres y 9.7 % de mujeres recibieron su licenciatura en matemáticas y el 2.2% de los hombres y el 2.1% de las mujeres recibieron su grado de master en matemáticas.

También resulta llamativo que las diferencias entre niñas y niños en las pruebas estandarizadas de matemática se mantienen en los países desarrollados que aplican de forma sistemática políticas de equidad de género [2]. Este resultado cuestiona el impacto real que pueden tener estas políticas de empoderamiento de la mujer respecto a aumentar su representatividad en las CTIM.

Estas evidencias confirman que las diferencias entre niños y niñas en la ejecución de los test estandarizados debe estar reflejando una mezcla compleja de factores sociales, culturales y biológicos. Por tanto, la estrategia de impulsar la participación de la mujer en las CTIM a partir de los resultados en las pruebas estandarizadas hoy vigentes no es quizás, una buena estrategia.

Spelke [4] propone evaluar y comparar el talento de niñas y niños analizando el desarrollo del pensamiento matemático a partir de los cinco sistemas fundacionales y sus interacciones, es decir comparar las habilidades nucleares de niñas y niños. Hasta donde se conoce en estas habilidades no hay evidencias de diferencias asociadas al sexo. Niñas y niños aprovechan esas habilidades, de igual forma y al mismo tiempo, para capturar los conceptos y las operaciones de la matemática elemental. Aunque los niños y niñas mayores muestran algunas diferencias en sus perfiles cognitivos, dichas diferencias son sutiles y complejas (no para afirmar que los hombres son espaciales y las mujeres verbales). Esas diferencias tienden a ser pequeñas y se basan fundamentalmente en diferente selección de estrategias. Esto no le da ventaja a uno sobre otro.

El hecho de que mujeres y hombres muestren igual aptitud intrínseca para las matemáticas no implica que la dotación genética es irrelevante para esos logros. Por el contrario, las habilidades de los infantes para representar y entender los objetos, las cantidades y el espacio dependen en parte de capacidades que están presente y son funcionales desde el inicio mismo de la vida.

Referencias

1. United Nations Educational, S.a.C.O., *Gender Indicators in Science, Engineering and Technology*. Science and Technology for Development series. 2007, Paris: UNESCO Publisher.
2. Stoet, G. and D.C. Geary, *Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data*. PLoS One, 2013. 8(3): p. e57988.
3. Lise, E., *Pink Brain, Blue Brain. How Small Differences Grow into Troublesome Gaps and What We Can Do About It*. 2009, Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
4. Spelke, E.S., *Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: a critical review*. Am Psychol, 2005. 60(9): p. 950-8.
5. Spelke, E.S. and K.D. Kinzler, *Core knowledge*. Developmental Science, 2007. 10: p. 89-96.
6. Dehaene, S., et al., *Sources of Mathematical Thinking : Behavioral and Brain-Imaging Evidence*. Society, 1999. 284: p. 970-974.
7. Butterworth, B., *The Mathematical Brain*. 1999: Macmillan.
8. Geary, D.C., *Sexual selection and sex differences in mathematical abilities*. Behavioral and Brain Sciences, 1996. 19.
9. Reigosa-Crespo, V., et al., *Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana survey*. Developmental Psychology, 2012. 48: p. 123-135.
10. Kucian, K., et al., *Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks*. Psychology Science, 2005. 47(1).
11. Keller, K. and V. Menon, *Gender differences in the functional and structural neuroanatomy of mathematical cognition*.

Neuroimage, 2009. 47(1): p. 342-52.

12. Connellan, J., et al., *Sex differences in human neonatal social perception*. Infant Behavior and Development, 2000. 23.
13. Baron-Cohen, S., *The essential difference: The truth about the male and female brain*. 2003, New York: Basic Books.
14. Maccoby, E.E. and C.N. Jacklin, *Psychology of sex differences*. 1974, Stanford, CA: Stanford University Press.
15. Benbow, C.P. and J.C. Stanley, *Sex differences in mathematical reasoning ability: More facts*. Science, 1983. 222: p. 1029-1030.
16. Benbow, C.P., et al., *Sex differences in mathematical reasoning ability at age 13: Their status 20 years later*. Psychological Science, 2000. 11: p. 474-480.

Glosario

Meta-análisis: es un procedimiento estadístico muy potente que combina los resultados varios experimentos o estudios separados, pero similares, con el fin de probar la significación estadística de los datos agrupados. En general, si la significación estadística de los resultados en los estudios individuales es débil, esta no persiste luego de un meta-análisis

Morfometría cerebral: se refiere al análisis cuantitativo de las estructuras del cerebro a través de varios índices (ejemplo: volumen, densidad, grosor cortical, etc.)

Resonancia magnética nuclear funcional (RMNf): es un procedimiento que usa la tecnología RMN para medir la actividad del cerebro mediante la detección de cambios relacionados con el flujo sanguíneo. Esta técnica se basa en el hecho de que el flujo sanguíneo y la actividad de las neuronas están acoplados. Cuando un área cerebral está en uso, el flujo sanguíneo en esa región se incrementa.