

## ¿Qué tenía Einstein que no tenga yo? Los estudios sobre el cerebro de Albert Einstein

P. Carrillo-Mora<sup>1</sup>, K. Magaña-Vázquez<sup>2</sup>, S. Sarahi May-López<sup>2</sup>, N. Abigail Mondragón-Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Neurociencias. Subdivisión de Neurobiología, Instituto Nacional de Rehabilitación, México D.F., México.

<sup>2</sup>Estudiante de Medicina. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.

### RESUMEN

**Introducción.** La vida de los personajes que han destacado a lo largo de la historia por sus ideas innovadoras y revolucionarias siempre ha generado gran interés y fascinación. Conocer qué fue lo que los condujo a pensar de esa manera tan diferente, y saber en qué medida su genialidad tiene un origen biológico o ambiental, nos ayudaría no solo a comprender mejor el sustrato biológico de lo que llamamos 'genialidad', sino también a tratar de favorecer o estimular el desarrollo de estos genios. Albert Einstein es el mejor ejemplo de un científico cuyos descubrimientos y teorías revolucionaron la concepción del mundo y la historia de la ciencia para siempre.

**Desarrollo.** En el presente artículo realizamos una revisión cronológica y crítica de los estudios que han sido publicados hasta la fecha sobre las peculiaridades y diferencias que se han observado en el cerebro de Einstein, tanto desde el punto de vista macroscópico como desde el microscópico, así como sobre las interpretaciones funcionales que se han dado a dichos hallazgos.

**Conclusiones.** Diversas diferencias y particularidades han sido descritas en el cerebro de Albert Einstein; sin embargo, la significancia funcional de estos cambios, así como el verdadero sustrato anatómico de la genialidad, siguen siendo materia de debate.

### PALABRAS CLAVE

Albert Einstein, cerebro, corteza cerebral, astrogliá

### Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad siempre han existido personajes destacados por sus grandes obras o por sus ideas brillantes a los cuales solemos denominar 'genios' (el diccionario de la Real Academia Española define el término 'genio' como aquella persona con una "capacidad mental extraordinaria para crear o inventar cosas nuevas y admirables"). Conocer todos los aspectos de la vida de los grandes genios nos resulta fascinante, puesto que a partir de dichos conocimientos quizá podríamos finalmente resolver la disyuntiva de si un genio en realidad 'nace' o 'se hace'. Desde luego porque en el fondo nos gustaría pensar que cualquiera de nosotros puede, al menos potencialmente, ser o convertirse en un genio. Más aún, ¿a quién no le gustaría saber qué es lo que se tiene que hacer para convertirse o convertir a su hijo en un genio?

Sin embargo, si finalmente llegáramos a la conclusión de que no hay nada extraordinario en sus vidas o en la forma en que han sido educados estos grandes personajes, tendríamos que concluir que un genio lo es desde que nace, es decir, que hay algo en su biología, en sus genes o finalmente en su cerebro, que lo hace pensar tan diferente. Desde hace décadas este cuestionamiento ha motivado el estudio de las características morfológicas y fisiológicas de los cerebros de estos grandes genios cuyo objetivo final es encontrar el sustrato neurobiológico de la genialidad.

Uno de los ejemplos más elocuentes de la genialidad sin lugar a dudas es Albert Einstein, considerado el científico más brillante del siglo XX por sus aportaciones revolucionarias en la comprensión del funcionamiento del universo.

## Desarrollo

### Breve reseña biográfica

Albert Einstein nació en la ciudad de Ulm, en Württemberg, Alemania, el 14 de marzo de 1879. Seis semanas más tarde, su familia se trasladó a Múnich, donde comenzó sus estudios en el Luitpold Gymnasium. Aparentemente tuvo una infancia normal; sin embargo, se menciona reiteradamente que tuvo un retraso en el desarrollo del lenguaje no logrando hablar hasta la edad de 3 años. Durante su infancia además aprendió a tocar el violín, afición que mantendría durante el resto de su vida. Más tarde, se trasladaron a Italia y Albert continuó su educación en Aarau (Suiza) y en 1896 ingresó en la Escuela Politécnica Federal Suiza en Zúrich, en donde se preparó como profesor de física y matemáticas. En 1901, como no pudo encontrar un puesto como profesor, aceptó un empleo como asistente técnico en la Oficina Suiza de Patentes.

Durante su estancia en la oficina de patentes, y en su tiempo libre, produjo la mayor parte de su notable trabajo. Fue precisamente en 1905 cuando redactó varios trabajos fundamentales que fueron publicados en la famosa revista *Annalen der Physik*; por la trascendencia de estos trabajos, dicho año fue llamado el *annus mirabilis* (el año milagroso). En el primero de ellos explicaba el movimiento browniano, en el segundo el efecto fotoeléctrico, y los dos restantes desarrollaban la relatividad especial y la equivalencia masa-energía. El primero de ellos le valió el grado de doctor por la Universidad de Zúrich en 1906, y su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico le haría merecedor del Premio Nobel de Física en 1921. En 1909 fue nombrado profesor extraordinario en Zúrich, y en 1911 profesor de Física Teórica en Praga, volviendo a Zúrich en el año siguiente para ocupar un puesto similar. En 1914 fue nombrado Director del Kaiser Wilhelm Institut für Physik y profesor en la Universidad de Berlín. Se convirtió en ciudadano alemán en 1914 y permaneció en Berlín hasta 1933 cuando renunció a su ciudadanía por razones políticas y emigró a Estados Unidos para ocupar el puesto de profesor de Física Teórica en Princeton. Se convirtió en un ciudadano de los Estados Unidos en 1940 y en 1945 se retiró de su cargo<sup>1</sup>.

### Obtención y preservación del encéfalo de Einstein

El 17 de abril de 1955, Albert Einstein sufrió una severa hemorragia interna causada por la ruptura de un aneurisma en la aorta abdominal que previamente había sido reforzado quirúrgicamente. Se menciona que Einstein re-

chazó la sugerencia de un nuevo procedimiento quirúrgico y murió a la mañana siguiente en el Hospital de Princeton a la edad de 76 años. El patólogo del Hospital de Princeton, Thomas Stoltz Harvey, retiró el encéfalo de Einstein durante la autopsia (se dice que sin permiso de su familia, aunque también hay versiones que afirman que en realidad su hijo Hans Albert autorizó el procedimiento), dentro de las primeras 7 horas de su muerte, y se encargó de su estudio y preservación iniciales. Harvey primero pesó el encéfalo fresco e inmediatamente después realizó la fijación del mismo al perfundirlo con formol al 10% a través de las arterias carótidas, para más tarde suspenderlo totalmente en formol al 10%. Después del procedimiento de fijación se midieron sus dimensiones y se realizaron fotografías cuidadosamente calibradas de todas las vistas posibles del encéfalo incluyendo los hemisferios disecados. Posteriormente, los hemisferios fueron cortados en aproximadamente 240 bloques de 10 cm<sup>3</sup> y la localización exacta de cada uno de ellos también se registró mediante fotografías; dichos bloques fueron incluidos en celoidina y más tarde se cortaron y procesaron histológicamente<sup>2</sup>.

### Estudios realizados en el cerebro de Einstein

Llama la atención que a pesar de que la muerte de Albert Einstein ocurrió en 1955, tuvieran que pasar 30 años para que el primer estudio del encéfalo de Einstein apareciera en la literatura científica. En 1985 se realizó el primer estudio morfológico del cerebro de Einstein. En dicho artículo se estudiaron solo cuatro cortes histológicos de las áreas 9 (corteza prefrontal) y 39 (corteza parietal posterior) de Brodmann de ambos hemisferios. Se eligieron tales áreas debido a que forman parte de la corteza de asociación multimodal que está relacionada con las funciones cerebrales más complejas. La corteza prefrontal se encarga del comportamiento, la atención, la memoria reciente, la capacidad de abstracción, la categorización de la información y la formulación e iniciación de acciones; por otro lado, el lóbulo parietal ha sido asociado con la integración visual, auditiva y somatosensorial. Como una medida de la actividad neuronal en dicho estudio se analizó la proporción entre el número de neuronas y la glía usando cortes teñidos con la técnica de Klüver-Barrera y se comparó con los cortes de 11 pacientes control<sup>3</sup>.

De las 4 áreas analizadas solo el área 39 del lado izquierdo presentó una ratio neurona/glia significativamente menor en el cerebro de Einstein que en los de los controles. La explicación que se propuso para este hallazgo fue que dicha

zona del cerebro de Albert Einstein debía de ser excepcionalmente activa, lo cual requería de un mayor número de células gliales para mantener la actividad metabólica<sup>3</sup>.

Este estudio morfológico inicial recibió posteriormente diversas críticas, entre ellas, que la edad promedio de los controles (64 años) era muy diferente a la de Einstein cuando falleció (76 años), que el nivel socioeconómico también era muy diferente, y adicionalmente que la evaluación cuantitativa no se basó en datos enmascarados correctamente<sup>4</sup>.

En un estudio posterior, publicado en 1996, se midió el espesor de la corteza cerebral, así como el número y tamaño de las neuronas de la corteza prefrontal. El número total y el tamaño de las neuronas en la corteza cerebral fue similar al observado en individuos de la misma edad; sin embargo, debido a que el espesor de la corteza cerebral de Einstein era mucho menor (2137  $\mu\text{m}$  vs. 2659  $\mu\text{m}$ ), se encontró una densidad neuronal más elevada, es decir, se observaron más neuronas por unidad de área (46 995 vs. 34 962 neuronas/ $\text{mm}^3$ ). Con estas observaciones se propuso que quizá esta mayor densidad neuronal relativa disminuiría el tiempo de conducción interneuronal, favoreciendo así sus habilidades intelectuales<sup>5</sup>.

En 1999 se publicó el primer estudio que analizaba la anatomía macroscópica del cerebro de Einstein basándose en la comparación de fotografías de su cerebro frente a las de un grupo control (35 hombres y 56 mujeres), con las que se llegó a la conclusión de que las medidas de los lóbulos frontales y temporales no diferían de las de los sujetos controles. Del mismo modo, se encontró una situación similar con respecto a la longitud, altura y peso del cerebro de Albert Einstein, lo que demuestra claramente que un cerebro grande (pesado) no es una condición necesaria para un intelecto excepcional.

En general, la anatomía macroscópica del cerebro de Einstein estaba dentro de los límites normales a excepción de los lóbulos parietales, en donde en cada hemisferio la morfología de la cisura de Silvio tenía características únicas respecto a los controles: su parte final tenía una posición anterior lo cual provocaba (según los autores) la ausencia del opérculo parietal. En esta misma región el cerebro de Einstein era un 15% más amplio que los controles. Estas dos características sugieren un desarrollo incrementado de las regiones parietales posteriores de manera temprana durante la formación del encéfalo. Otra consecuencia de esta peculiaridad es que el giro supra-marginal en el cerebro de Einstein se sitúa por detrás de la cisura de Silvio y no se encuentra dividido por un surco

como ocurre normalmente. En dicho estudio se especula que las particularidades anatómicas del lóbulo parietal posterior están relacionadas con el gran intelecto de Einstein, especialmente en lo que se refiere a las habilidades visuoespaciales. Cabe destacar que dicha peculiaridad en los lóbulos parietales (aumento en el tamaño de la región parietal posterior) también ha sido observada en los cerebros de otros físicos y matemáticos importantes, como Gauss y Siljeström<sup>2</sup>.

En 2006 se publicó otro estudio microscópico sobre el cerebro de Einstein, en esta ocasión utilizando inmunohistoquímica para la proteína ácida fibrilar glial (GFAP), que es un marcador específico del citoesqueleto de los astrocitos. A diferencia de los estudios previos, en este se realizó una minuciosa descripción y cuantificación de la complejidad de los procesos astrogliales observados en la capa más superficial de la corteza cerebral (sin embargo, no se especifica el área o áreas corticales que fueron analizadas). Para ello se tomaron en cuenta parámetros como el paralelismo, la profundidad relativa y la tortuosidad de los procesos astrogliales. Con fines comparativos se utilizaron muestras de 4 individuos adecuadamente pareados por edad y que no tenían antecedentes de patología psiquiátrica o neurológica. En los resultados de las muestras analizadas no se observó ninguna característica distintiva, aunque los procesos astrocíticos del cerebro de Einstein mostraron longitudes mayores y un mayor número de masas terminales interlaminares. Se propuso que dicho aumento en la longitud de los procesos astrogliales podría estar relacionado con un aumento en la superficie membranal expuesta de los astrocitos, lo que favorecería un mayor número de receptores y canales, mejorando quizá las capacidades funcionales de las células gliales. Sin embargo, la significancia real de estos hallazgos es incierta dado que han sido observados en otras patologías, como la enfermedad de Alzheimer<sup>6</sup>.

En otro estudio publicado por Falk en 2009, se analizaron nuevamente las fotografías macroscópicas del cerebro de Einstein utilizadas previamente por Witelson et al., y mediante un análisis basado en técnicas de paleo-anthropología se encontraron diferencias adicionales respecto de cerebros control. Se observó una inusual 'protuberancia' en el giro post-central del hemisferio derecho; esto se interpretó como secundario a las habilidades destacadas para tocar el violín que poseía Albert Einstein, debido a que dicho hallazgo se había observado previamente en músicos experimentados<sup>7</sup>. Por otro lado, la estructura del giro post-central izquierdo mostraba un aumento en la pro-

fundidad y la amplitud de las regiones que representan la cara y la lengua. Así mismo, este estudio comprobó las diferencias observadas previamente en el lóbulo parietal de cerebro de Einstein, apoyando la hipótesis de que podría estar asociado con las destacadas habilidades visuoespaciales y matemáticas que poseía. Finalmente observó una inusual escisión superficial en el área 40 de Brodmann y una fusión de la porción rostral del área 40 con el giro postcentral en el hemisferio izquierdo; lo cual podría estar relacionado con los problemas del lenguaje que Albert Einstein presentó en la infancia<sup>8</sup>.

En el artículo publicado por Falk et al. en 2013 nuevamente se describe la anatomía externa del cerebro de Einstein, pero por primera vez se realiza un análisis del patrón de surcos de la totalidad de la corteza cerebral a partir de 14 nuevas fotografías recientemente descubiertas, la mayoría de las cuales fueron tomadas desde ángulos poco convencionales y en donde se observan por primera vez las regiones mediales de los hemisferios cerebrales y la corteza insular. En este estudio la mayoría de los surcos del encéfalo de Albert Einstein fueron identificados, y los patrones de los surcos en diversas partes del cerebro se compararon con los de 85 cerebros humanos controles que se habían descrito en la literatura. En el lóbulo frontal las nuevas imágenes confirman la existencia de una gran protuberancia en lado derecho en el área que corresponde a la corteza motora para la mano izquierda y un inusual aumento en el tamaño de la corteza motora izquierda en las áreas que representan la cara. En ambos hemisferios, la corteza cerebral muestra un gran número de circunvoluciones alrededor el surco frontal medio a ambos lados, lo que implica que en sus áreas de asociación prefrontal el cerebro de Einstein volumétricamente se encuentra en los rangos elevados de variabilidad considerando los cerebros control. En los lóbulos parietales, al contrario que en los reportes previos, los autores afirman que sí existe el opérculo parietal izquierdo. A nivel de los lóbulos temporales no se demostraron diferencias significativas, mientras que se vio que los lóbulos occipitales se encontraban más amplios en su borde rostral-dorsal además de que se observó mayor desarrollo de las circunvoluciones en la cara medial de la corteza visual en ambos hemisferios. Globalmente los autores concluyen que el cerebro de Einstein no tiene una forma esférica ni mucho menos simétrica y apoyan la hipótesis de que estas particularidades de la corteza cerebral del físico alemán probablemente están relacionadas con sus excepcionales habilidades visuoespaciales y matemáticas<sup>9</sup>.

Utilizando estas fotografías recientemente descubiertas del cerebro de Albert Einstein, Men et al. realizaron un análisis morfométrico del cuerpo calloso (como una medida indirecta de la conectividad interhemisférica), considerando solo las dos fotos en las que se observa la cara medial del encéfalo. Con fines comparativos realizaron estudios morfométricos similares empleando imagen por resonancia magnética en dos grupos control: el primer grupo de comparación comprendía 15 individuos de entre 70 y 80 años de edad, y el segundo grupo incluía 52 hombres diestros de entre 24 y 30 años. Por medio de un método matemático se midió el espesor del cuerpo calloso del cerebro de Einstein en toda su extensión y se comparó con el espesor obtenido en ambos grupos control (el grupo de pacientes jóvenes y el de pacientes de edad avanzada), encontrando así que el cuerpo calloso del cerebro de Einstein era significativamente más grueso en prácticamente toda su extensión en comparación con los controles de la misma edad y que era significativamente más grueso en la porción rostral, la rodilla, el istmo y especialmente en el esplenio que el de los controles jóvenes. Esto evidentemente ha sido interpretado como que el cerebro de Albert Einstein tenía cualidades excepcionales de comunicación entre ambos hemisferios lo cual pudiera una vez más estar asociado con sus capacidades intelectuales sobresalientes<sup>10</sup>.

Hasta la fecha no se han publicado más estudios sobre el cerebro de Albert Einstein pero cabe destacar que de los 240 bloques de tejido preservado solo se tiene registro actual de 180 de ellos, que se encuentran en el Centro Médico Universitario de Princeton, y de un total de 567 laminillas histológicas, que se conservan en el Museo Nacional de Salud y Medicina de EE UU. Del resto del material curiosamente no se conoce su paradero, pero es posible que forme parte de 'colecciones privadas' de algunos médicos o investigadores renombrados, como ocurrió con los ojos de Albert Einstein, que fueron retirados en la autopsia por su oftalmólogo y actualmente permanecen en su poder<sup>9</sup>.

## Conclusiones

Conocer cuál es la causa o el sustrato de la genialidad siempre nos resultará fascinante, pues a todos nos gustaría saber cuál es la fórmula para lograrla. Las ventajas de contar con una verdadera 'fórmula' para producir genios serían obvias: cada vez que uno de estos personajes surge, el conocimiento científico, tecnológico o artístico avanza a grandes saltos en pocos años. Los beneficios para la so-

ciudad humana serían muy importantes. Sin embargo, a día de hoy seguimos sin tener una respuesta clara sobre cuál es el sustrato de la genialidad; tampoco sabemos si un genio en realidad nace o se hace y, peor aún, tampoco tenemos claro a qué llamamos 'genialidad'. En este sentido el cerebro de Albert Einstein ha recibido especial atención a lo largo de los años, pero aun así su estudio continúa estando rodeado de incertidumbres y misterios<sup>11</sup>.

La genialidad de este científico es indiscutible, pero hasta el día de hoy, a pesar de que se han reportado múltiples diferencias y peculiaridades en su cerebro (tanto microscópicas como macroscópicas), el significado funcional de dichas diferencias es completamente incierto, pues la mayoría de las aseveraciones funcionales en realidad cae en el terreno de la especulación y debe ser interpretada con cuidado<sup>11</sup>. En nuestra opinión los estudios sobre el cerebro de Albert Einstein nos dejan más preguntas que respuestas; como en cualquier empresa científica, quizá esto sea valioso por sí mismo. Los investigadores que han tenido a cargo las investigaciones han hecho un esfuerzo mayúsculo, reiterado y minucioso por encontrar diferencias en alguna parte del encéfalo de Einstein respecto de cerebros de controles y, con todo este afán por hallar diferencias, ¿acaso no resulta lógico que eventualmente las encontremos?... Algunos de los estudios han encontrado solo diferencias marginales respecto a los controles, ¿no será que lo que encontramos es más bien el sustrato de la variabilidad individual, que es inherente a todas las formas biológicas? Ciertos estudios sugieren que algunos de los cambios macroscópicos en realidad ocurrieron desde la formación embrionaria del encéfalo de Albert Einstein. ¿Esto quiere decir que de antemano Einstein estaba predestinado a convertirse en un científico y desarrollar sus habilidades visuoespaciales y matemáticas? ¿O en realidad fueron sus circunstancias ambientales y personales las que lo llevaron a eso? ¿Es posible saber cuáles de los cambios estructurales que se observaron son congénitos y cuáles fueron moldeados por su experiencia, aprendizaje y/o sus limitaciones, trastornos y enfermedades?

Por su técnica de preservación, lamentablemente la cantidad de nuevos estudios que podrían hacerse con las muestras de tejido del cerebro de Einstein son muy limitados. Nos habría encantado que en su época se hubiera contado con la posibilidad de hacerle un estudio de reso-

nancia magnética funcional mientras resolvía alguna ecuación o mientras razonaba sobre su teoría de la relatividad. Sin embargo, considerando lo poco que sabemos ahora, nos atrevemos a suponer que quizá aun así estaríamos preguntándonos si la activación que se observa en su cerebro es en realidad muy distinta a la de los controles. Quizá el problema más importante es que aún no sabemos qué cambios o diferencias debemos buscar y dónde. Las respuestas a estas y otras trascendentes interrogantes esperan ser contestadas en el futuro.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

1. Nobelprize.org [Internet]. [s.l.]: Nobel Media AB; ©2015. Albert Einstein – Biographical; [consultado: 29 abr 2015]. Disponible en: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1921/einstein-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1921/einstein-bio.html)
2. Witelson SF, Kigar DL, Harvey T. The exceptional brain of Albert Einstein. *Lancet*. 1999;353:2149-53.
3. Diamond MC, Scheibel AB, Murphy GM Jr, Harvey T. On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Exp Neurol*. 1985;88:198-204.
4. Hines T. Further on Einstein's brain. *Exp Neurol*. 1998;150:343-4.
5. Anderson B, Harvey T. Alterations in cortical thickness and neuronal density in the frontal cortex of Albert Einstein. *Neurosci Lett*. 1996;210:161-4.
6. Colombo JA, Reisin HD, Miguel-Hidalgo JJ, Rajkowska G. Cerebral cortex astroglia and the brain of a genius: a propos of A. Einstein's. *Brain Res Rev*. 2006;52:257-63.
7. Hines T. Neuromythology of Einstein's Brain. *Brain Cogn*. 2014;88:21-5.
8. Falk D. New information about Albert Einstein's brain. *Front Evol Neuroci*. 2009;1:1-6.
9. Falk D, Lepore FE, Noe A. The cerebral cortex of Albert Einstein: a description and preliminary analysis of unpublished photographs. *Brain*. 2013;136:1304-27.
10. Men W, Falk D, Sun T, Chen W, Li J, Yin D, et al. The corpus callosum of Albert Einstein's brain: another clue to his high intelligence? *Brain*. 2014;137:e268.
11. Chen H, Chen S, Zeng L, Zhou L, Hou S. Revisiting Einstein's brain in Brain Awareness Week. *Biosci Trends*. 2014;8:286-9.