

REVISITANDO EL FANTASMA EN LA MÁQUINA: EL SEXO DEL CEREBRO

Enrique Alcalá Guerrero

Resumen

Si los cuerpos de ambos sexos son distintos se debe a que, a nivel evolutivo, cumplen con tareas distintas. Si nuestro cerebro no es un órgano aparte, separado del resto del organismo, entonces tiene que recoger necesariamente parte de esta distinción. En este trabajo veremos el desarrollo del cerebro y cuán diferentes son los cerebros de los hombres y las mujeres, cómo generan diferencias en la conducta y qué relación tiene con la «identidad de género» y la transexualidad. Igualmente, veremos cómo el activismo científico ha pasado por alto cuestiones metodológicas para ofrecer una narrativa ideológica, y cómo podemos detectar estos sesgos. Finalmente, presentamos argumentos contra la separación artificial que los académicos quieren hacer, en neurociencia, del «yo» y su sustrato.

Palabras clave: dimorfismo sexual; neuroimagen; identidad de género; cerebro

Introducción

En el anterior número de *Historia de las Ideas* vimos cómo el binarismo sexual ha sido atacado por el activismo científico¹. Lo que más ha calado es la idea de un rígido binarismo que no permite desviación del valor «correcto» en lo que respecta a caracteres sexuales. Este hombre de paja es muy fácil de atacar, principalmente porque las evidencias científicas apuntan en la dirección contraria. Pero no nos dejemos engañar. Cuando se afirma que «la complejidad refuta las falsas dicotomías»², en realidad no se ataca ninguna idea vigente. ¿A qué falsas dicotomías se refieren? A que las hormonas sexuales son propiedad exclusiva de uno u otro sexo, o que no hay cierto grado de solapamiento en la segregación hormonal, o que las hormonas producen la conducta de forma unidireccional, y no como una interacción en dos direcciones. Esto ha sido superado gracias al estudio del sexo biológico.

El dilema «andrógeno = machos, estrógeno = hembras» es inexacto porque ambos sexos son sensibles a ambos tipos de hormonas. Los andrógenos son más elevados que los estrógenos en los hombres, y al revés en las mujeres. Pero nada más. Cuando, de forma natural, la testosterona se convierte en estradiol en el cuerpo masculino, la persona no está sufriendo un cambio de sexo. Las hormonas fluctúan a lo largo de la vida, un efecto más acusado en las mujeres durante el ciclo menstrual. Y los trastornos de desarrollo sexual, los microplásticos o la paternidad tienden a desplazar los niveles hormonales hasta el punto de que puedan solapar puntualmente para ambos sexos. Pero esto no refuta, en absoluto, que los efectos de los esteroides sexuales produzcan dos sexos diferenciados para jugar un papel determinado en la historia reproductiva de su especie. Estos trabajos venden una narrativa más que un argumento científico contra el binarismo sexual.

Ambos sexos presentan rasgos distintos, y cada morfología obedece a una función distinta porque, generalmente, los organismos se ordenan en torno a la reproducción. ¿Podría ser el cerebro una

¹ Enrique Alcalá Guerrero, «¿Qué es el sexo?», *Historia de las Ideas* 1 (2024): 24-25.

² Jennifer Williams, et al. «Considering hormones as sex- and gender-related factors in biomedical research: Challenging false dichotomies and embracing complexity», *Hormones and Behavior* 156 (2023): 1.

excepción a este dimorfismo? El cerebro es producto de los genes que se aportan en la concepción, de las hormonas, pero también de las experiencias. Su aparente plasticidad chocaría con la idea de unas estructuras biológicas deterministas. El debate *Nature versus Nurture* (naturaleza contra crianza) parece estar más vigente que nunca, y el cerebro es el campo de batalla más frecuentado. Los límites de la plasticidad y el grado de conformación del cerebro humano antes de la vida en sociedad pueden ayudarnos a enfrentar este dilema.

Normalmente se ha justificado la variabilidad de la personalidad en la plasticidad cerebral. La tendencia a separar el «yo» de su sustrato predata a Descartes y se trata de una de las cuestiones filosóficas más intrigantes. Recientemente se viene empleando la neurociencia para tratar de darle una respuesta. Buscando al «fantasma en la máquina» de Gilbert Ryle, los neurocientíficos han encontrado algo sorprendente: el «yo», antes que una identidad «sobre la máquina», es más «parte de la máquina» de lo que podríamos pensar. Pero ¿cómo es esa máquina? ¿Existen cerebros de colores? ¿Se pueden intercambiar? ¿Podría un fantasma «nacer» en la máquina equivocada?

Acrónimos: CC = cuerpo calloso, MB = materia blanca, MG = materia gris, MtF = transexual hombre-a-mujer, FtM = transexual mujer-a-hombre.

El desarrollo

a. Organización y activación

El cerebro se desarrolla «a trompicones», al menos, en los primeros años. Desde la concepción hasta pasada la pubertad, nuestro cerebro se va organizando según la impronta genética, la acción de las hormonas, y la influencia del entorno. Las hormonas –esteroides sexuales, generalmente– son grandes protagonistas en esculpir el cerebro.

En 1959, Charles Phoenix demostró la existencia de periodos críticos de sensibilidad a estas hormonas, momentos en los que las hormonas sí eran escuchadas por los tejidos en desarrollo, algunos durante el embarazo. En estos períodos críticos, los esteroides sexuales producidos por las gónadas organizan el cerebro y producen cambios irreversibles. Más allá de estos periodos, las hormonas tienen un efecto de activación, reversible, por lo que ciertas diferencias en el cerebro están sujetas a las hormonas circulantes, y no a estructuras permanentes³.

¿De qué depende que haya efectos permanentes o reversibles? En los periodos cuando el cerebro se desarrolla en el útero, el sustrato cerebral se encuentra en una configuración más sensible que posteriormente, en la adultez. Los esteroides sexuales afectan la neurogénesis, crecimiento o atrofia de dendritas y axones, la muerte celular y las sinapsis⁴. Los primeros periodos críticos son tan precoces que, para cuando el recién nacido tiene ya dos meses, la mayor parte de su cerebro –morfologías, conexiones– ha sido conformada de acuerdo con estos efectos organizadores. La ortodoxia, por tanto, dicta que las hormonas «esculpen» el cerebro desde la segunda mitad del embarazo.

³ Charles H. Phoenix, «Organizing action of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig», *Endocrinology* 65 (1959): 380-381.

⁴ Arthur P. Arnold, «The organizational-activational hypothesis as the foundation for a unified theory of sexual differentiation of all mammalian tissues», *Hormones and Behavior* 55 (2009): 572-573.

La pubertad también juega un rol fundamental en la madurez sexual del cerebro. En este periodo crítico se activa el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, mediante el cual el cerebro se comunica con los testículos y los ovarios para producir el entorno hormonal que da lugar a los caracteres sexuales secundarios, pero también una reorganización del cerebro.

De forma análoga, el cerebro se comunica con las glándulas suprarrenales para igualmente elevar los niveles de esteroides sexuales⁵. En la pubertad, estas hormonas participan en la reorganización de la amígdala, el hipocampo y partes del córtex cerebral, la materia gris (MG), y «podan» el árbol de conexiones neuronales.

b. La aportación de los genes

Hace 20 años se descubrió que los genes de los cromosomas sexuales en las células del cerebro se expresan de forma distinta en ambos sexos antes de la segunda mitad del periodo gestacional, cuando las hormonas actúan sobre el cerebro^{6,7}. Si en los periodos organizadores, distintas hormonas –andrógenos, estrógenos– «hablan» a unas zonas del cerebro y no a otras, el sustrato cerebral debía estar de alguna forma predispuesto a «escucharlas». Este hallazgo indica que el cerebro, en lugar de desarrollar un dimorfismo sexual después de las gónadas, lo hace a la vez que estas, y ambos al dictado de los genes. Los receptores cerebrales de estrógenos y andrógenos pueden modificar la estructura del ADN de forma epigenética, de forma que la testosterona *in utero* tendría un efecto masculinizante, con consecuencias en la neurogénesis y formación de sinapsis, diferenciación y migración celular⁸.

En resumen, las diferencias sexuales en la estructura del cerebro están presentes desde que nacemos y permanecen relativamente estables durante el desarrollo más inmediato al parto⁹.

c. Otros jugadores en el terreno

Los esteroides sexuales y los genes de las células en el cerebro, por sí mismos, no son los únicos en modificar el sustrato cerebral. El cerebro es parte de todo un organismo, que es su primer y más inmediato entorno. Se ha descubierto que la microbiota intestinal afecta a zonas del cerebro, como el hipocampo o la amígdala. Por lo que, si el «yo» está en el cerebro, en este caso realmente «somos lo que comemos», o al menos, regula la memoria, la motivación y el aprendizaje. El ritmo cardíaco, la respiración e incluso la meditación también tienen un efecto remodelador del cerebro, inhibiendo ciertos estímulos, potenciando otros y alterando nuestra percepción¹⁰.

⁵ Sarah-Jayne Blakemore, Stephanie Burnett y Ronald E. Dahl, «The role of puberty in the developing adolescent brain», *Human Brain Mapping* 31, no. 6 (2010): 2.

⁶ Phoebe Dewing, et al., «Direct Regulation of Adult Brain Function by the Male-Specific Factor SRY», *Current Biology* 16, no. 4 (2006): 3-4.

⁷ Lei Shi, Zhe Zhang y Bing Su. «Sex biased gene expression profiling of human brains at major developmental stages», *Sci Rep* 6 (2016): 2-3.

⁸ Houn-Wei Tsai, Patrick A. Grant y Emilie F. Rissman. «Sex differences in histone modifications in the neonatal mouse brain», *Epigenetics* 4, no. 1 (2009): 50.

⁹ Yumnah T. Khan, et al., «Sex differences in human brain structure at birth», *Biol Sex Differ* 15 (2024): 88.

¹⁰ Nazareth Castellanos, *La neurociencia del cuerpo: Cómo el organismo esculpe el cerebro* (Barcelona: Kairós, 2024) 109.

El embarazo y el posparto también afectan al cerebro. Son procesos de maduración cerebral bidireccional, tanto para el niño como para la madre¹¹. Esto se suma a la variación hormonal generada por el ciclo menstrual¹², donde las fluctuaciones de cortisol y otras hormonas afectan a la MG (los cuerpos y dendritas de las neuronas), MB (materia blanca, los axones o «colas» de la neuronas) y la memoria¹³. Esto es especialmente importante a la hora de buscar diferencias entre o intra grupos con técnicas de neuroimagen. Además, la gestación permite el microquimerismo, el intercambio genético entre la madre y el niño, habiéndose descubierto células con cromosomas XY en cerebros XX¹⁴.

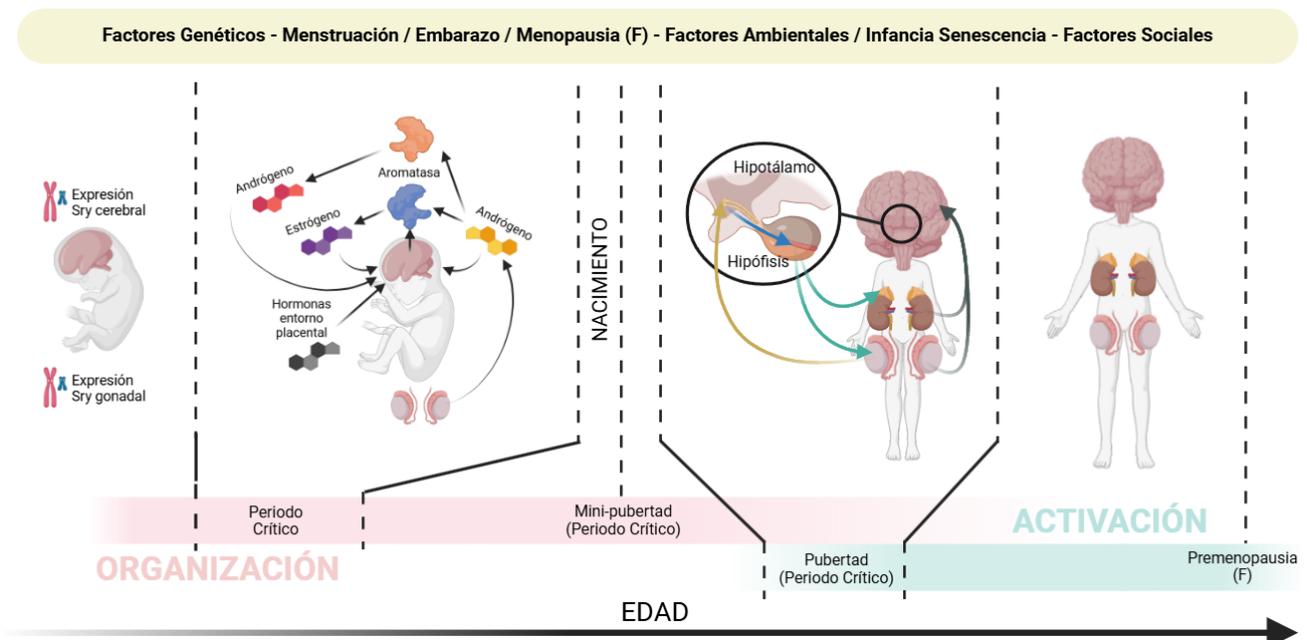


Figura 1. Desarrollo del cerebro según la hipótesis de organización-activación hormonal y la influencia genética y del entorno desde la concepción hasta la senescencia. Creado con BioRender.

El segundo entorno se encuentra más allá del cuerpo, y está conformado por el ambiente ecológico, los hábitos y la cultura. Los microplásticos, por ejemplo, afectan a la secreción de esteroides sexuales especialmente en los hombres. La paternidad también actuaría como un inhibidor principal de la testosterona. Ambos fenómenos tienen efecto sobre las hormonas circulantes y, por tanto, en las diferencias generadas por estas en el cerebro. Y luego están la cultura y la tecnología.

Según Emiliano Bruner, paleoneurólogo, la tecnología lítica nos permitió, con la piedra en la mano, «pensar con ella y generar con ella una ecología, una cultura y unas capacidades cognitivas que dependían de esta relación y se sostenían solo gracias a ella»¹⁵. La tecnología es una extensión de nuestro cuerpo. Nuestros cerebros nos permiten hacer esa proyección y dominarla para nuestros intereses. La

¹¹ René Écochard, *Hombres y mujeres: ¿Qué nos dice la neurociencia?* (Vizcaya: Deusto, 2023): 78.

¹² Dubol, «Neuroimaging the menstrual cycle: A multimodal systematic review», *Frontiers in Neuroendocrinology* 60 (2021): 13-15.

¹³ Cahill, «Sex differences in human brain structure and function: relevance to learning and memory». *Hormones, Brain and Behavior, Second Edition*. Editado por D. W. Pfaff, et al. Elsevier Academic Press (2009): 2314.

¹⁴ William F.N. Chan, et al. «Male microchimerism in the human female brain». *PLOS ONE* 7, no. 9 (2012): e45592, 3-4.

¹⁵ Emiliano Bruner, *La evolución del cerebro: Un viaje entre fósiles y primates*, (Barcelona: Shackleton 2023): 161-162.

cultura tiene efectos conformantes de la psicología afectando directamente al sustrato cerebral¹⁶. A mi forma de ver, aprender y enseñar tiene un efecto epigenético de segundo orden sobre nuestro cerebro. Esto no significa, sin embargo, que todo el cerebro se pueda reconfigurar socialmente. Como hemos visto, hay estructuras que vienen conformadas por los períodos críticos y ayudan a dar una base funcional de propósito general al individuo. El cerebro no es un lienzo en blanco, pero esto no significa que la cultura no tenga nada que decir.

Cerebros rosas y azules

En la cuestión del cerebro sexuado encontramos dos frentes. Por un lado, quienes afirman que las diferencias entre sexos son despreciables e invitan a desprenderse de la idea del dimorfismo¹⁷. La afirmación de las diferencias despreciables no ha aguantado la crítica, por varios motivos. En primer lugar, el hecho de que una diferencia sea sutil no implica que su impacto sea despreciable¹⁸. En segundo lugar, este análisis incurre en un error metodológico, al agrupar estudios con criterios distintos y métricas diferentes como si de un único estudio homogéneo se tratara, confundiendo hallazgos de distinta naturaleza como contradictorios¹⁹. Coloquialmente, estaban mezclando churras con merinas.

A consecuencia de las críticas, en la presente década esta trinchera ha defendido que es el género, y no el sexo, el que está recogido en el cerebro. Esta correlación es interesante y resucita la metáfora del fantasma en la máquina, donde nuestra mente, el «yo», pilota un almacén de carne y hueso, y dejaría una impronta en éste. Si el género emerge de la socialización, como sostiene la ortodoxia posmoderna, y este es quien correlaciona con la impronta biológica del cerebro, entonces debemos aceptar también la metáfora de la *tabula rasa*: que el cerebro es sustrato virgen a libre disposición de la vida social, y que el yo es algo que se va conformando exclusivamente posparto. Pero hemos visto que esto no es así. Sin embargo, Eliot²⁰ insiste en que las medidas de «masculinidad» y «feminidad» conductual guardan mayor relación con las estructuras sexualmente diferenciadas del cerebro. Lo que la autora refiere con estas nuevas medidas son las conductas o «normas de género»²¹. Aquí nos topamos con un problema del que hablaremos más tarde.

En la trinchera opuesta se encuentran aquellos que buscan la explicación para la conducta, la identidad sexual y la orientación sexual en el sustrato biológico. Si bien estos toman una vía más rigurosa al desprenderse de conceptos cartesianos como la «identidad de género que habita la máquina», algunos autores en esta trinchera disparan hacia el mismo lado que la trinchera opuesta. Ambos tratan de socavar la idea de que el cerebro, en tanto que órgano sexualmente diferenciable, guarda una estrecha relación y

¹⁶ Hugo Liaño, *Cerebro de hombre, cerebro de mujer*, (Madrid: deBolsillo, (2000): 239.

¹⁷ Lise Eliot, et al. «Dump the ‘dimorphism’: Comprehensive synthesis of human brain studies reveals few male-female differences beyond size». *Neurosci Behav Rev* 125 (2021): 667-668.

¹⁸ Camille M. Williams, et al., «Sex differences in the brain are not reduced to differences in body size». *Neurosci Behav Rev* 130 (2021): 509.

¹⁹ DeCasien, «Sex differences in the human brain: a roadmap for more careful analysis and interpretation of a biological reality». *Biology of Sex Differences* 13 (2022): 45.

²⁰ Julia M. Rauch y Lise Eliot, «Breaking the binary: Gender versus sex analysis in human brain imaging». *NeuroImage* 264 (2022): 119732, 2-3.

²¹ Lise Eliot, «Why and how to account for sex and gender in brain and behavioral research», *J Neurosci* 43, no. 37 (2023): 6348-6350.

armonía con el resto del organismo. De esta escuela son estudios que respaldan que un cerebro morfológica y funcionalmente dimórfico puede existir en un organismo del sexo opuesto, una versión empíricamente romantizada del «fantasma en la máquina».

Entre ambas trincheras, aunque más próximos a esta última, están trabajos como el de Daphna Joel de 2011, que asegura que el cerebro es un órgano intersexual²², existiendo un continuo entre lo masculino y lo femenino y los cerebros tomando partes de uno y de otro para conformar un mosaico. Joel no se priva del hombre de paja de los «cerebros con dos formas», confundiendo un binarismo estático, simple y rígido con un dimorfismo complejo pero medible. Si bien hay elementos del desarrollo cerebral que pueden presentar una mayor variabilidad y pueden ser modificados a lo largo de la vida (todos los efectos activacionales de los esteroides sexuales, por ejemplo, o la influencia del entorno y las costumbres en la expresión genética), los efectos organizativos de los periodos críticos están presentes y no pueden ser sobrescritos por la experiencia.

¿Qué diferencias sexuales podemos observar en el cerebro? Según el neurólogo Hugo Liaño, no es lo mismo dimorfismo cerebral en centros «hormonales, extensiones de los genitales en el cerebro», que en la corteza cerebral, que es muy plástica y se puede ver afectada por el uso y la vida en sociedad²³. Las revisiones bibliográficas de Melissa Hines recogen muchas de las diferencias apreciables, atribuibles a los efectos genéticos de los cromosomas sexuales, los efectos de los esteroides sexuales, pero también a la socialización, en las estructuras cerebrales y desarrollo neuroconductual²⁴. Estas diferencias se miden poblacionalmente, pues la variabilidad de las estructuras y la ausencia de uniformidad de sexo no arroja diferencias individuales estadísticamente significativas. Si bien hay estructuras «sexualmente diferenciadas», no es necesaria su acentuación y la concurrencia de varias de estas estructuras en todos los cerebros de un mismo sexo²⁵.

Generalmente se ha aceptado que los cerebros tienen cierto grado de lateralidad y asimetría en el uso de los hemisferios, y que el sexo sería una variable relacionada con esta lateralidad. Estas evidencias proceden de morfometría sobre tomografía computarizada, resonancia magnética (RM) y RM funcional, e incluso de la electroencefalografía. Con todo, existen muchas diferencias entre sexos, algunas más focalizadas y otras más generalizadas, interactuando todas entre ellas. La conducta es un producto de la interacción de estas regiones y otras no sexuadas²⁶.

a. Hormonas y genes de colores

Hoy se sabe que los estrógenos y los andrógenos influyen en los neurotransmisores, protegen las neuronas, modulan la sinapsis y el ciclo de vida de las neuronas con mecanismos epigenéticos^{27,28}. La

²² Joel, «Male or female? Brains are intersex», *Front Integr Neurosci* 5 (2011): 58.

²³ Liaño, *Cerebro de hombre*, 104.

²⁴ Hines, «Gender Development and the Human Brain», *Annu Rev Neurosci* 34 (2011): 71.

²⁵ *Ibidem*, 80-81.

²⁶ Cahill, «Sex differences in human brain», 2309.

²⁷ Carlos Romá Mateo, *La epigenética*, (Madrid: Los Libros de la Catarata, 2016): 224.

²⁸ Morris, Jordan y Breedlove, «Sexual differentiation of the vertebrate nervous system», *Nature Neuroscience* 7, no. 10 (2004): 1038.

materia MB y MG del cerebro se ven afectados de una forma y de otra por la testosterona (andrógeno) y el estradiol (estrógeno) en chicos y chicas.

En el cerebro existen regiones con una mayor concentración de receptores de esteroides sexuales, partes del cerebro que «escuchan» a las hormonas. En 2001 se encontró una elevada correlación entre estas regiones y dimorfismos sexuales en el cerebro²⁹. Es decir, las partes del cerebro que mejor se comunican con las hormonas tienden a ser diferentes entre sexos, según revelaron en sus estudios en los periodos críticos, de organización cerebral.

No todos los dimorfismos surgen exclusivamente de los periodos críticos organizativos. Algunos dimorfismos son de activación y dependen de la hormona que haya circulando en el organismo³⁰, por lo que pueden ser reversibles. Pero las hormonas producidas por el individuo no son las únicas que modifican el cerebro. Algunas mujeres toman progestinas como ayuda para quedarse embarazadas. Estas hormonas pueden ser androgénicas o antiandrogénicas, y tendrían efectos importantes en la formación del cerebro en el útero³¹. Por ello, el entorno hormonal generado por la madre durante la gestación es un importante factor que determina la organización cerebral.

Algunas diferencias se encuentran a nivel de célula. Experimentos con cultivos de neuronas encefálicas mostraron que las neuronas de la dopamina y las de la prolactina se desarrollan según el sexo, es decir, según los cromosomas presentes en esas células³². En el estudio de la conducta reproductiva y agresividad, experimentos con ratones mostraron que la expresión genética, además del ambiente hormonal, es un factor importante que modula el comportamiento³³.

Epigenéticamente, el hipotálamo y la hipófisis presentan diferencias sexo-dependientes en la expresión genética como resultado de la interacción de esteroides sexuales con receptores endocrinos específicos³⁴. Hoy sabemos que el ambiente puede silenciar la traducción del ADN que codifica la aromatasasa, una enzima que convierte los andrógenos en estrógenos³⁵.

b. Cerebros de colores

La diferencia que más salta a la vista es el tamaño del cerebro. Este no solo depende del tamaño del cuerpo, sino que presenta diferencias incluso tras normalizar los datos con el tamaño corporal³⁶. Pero

²⁹ Goldstein, et al. «Normal Sexual Dimorphism of the Adult Human Brain Assessed by In Vivo Magnetic Resonance Imaging», *Cerebral Cortex* 11 (2001): 494.

³⁰ Liaño, *Cerebro de hombre*, 103.

³¹ Hines, «Gender Development», 73.

³² Arthur P. Arnold y Paul S. Burgoyne, «Are XX and XY brain cells intrinsically different?» *Trends in Endocrinology & Metabolism* 15, no. 1 (2004): 7.

³³ Andrew Canastar, Stephen C. Maxson y Colin E. Bishop, «Aggressive and Mating Behaviors in Two Types of Sex Reversed Mice: XY Females and XX Males», *Arch Sex Behav* 37 (2008): 7.

³⁴ Yuichiro Nishida, Mayumi Yoshioka, y Jonny St-Amand, «Sexually dimorphic gene expression in the hypothalamus, pituitary gland, and cortex», *Genomics* 85, no. 6 (2005): 680.

³⁵ Romá Mateo, «La epigenética» 66.

³⁶ Julia Sacher, et al., «Sexual dimorphism in the human brain: evidence from neuroimaging». *Magnetic Resonance Imaging* 31 (2013): 366-367.

este dimorfismo no se mantiene siempre. Las niñas alcanzan un máximo de volumen cerebral una media de 4 años antes que los niños, en la pubertad³⁷.

En general, las mujeres tienen mayor porcentaje de MG, y los hombres, de MB³⁸. La MB de los hombres presenta una menor densidad de axones, pero más gruesos. Estas diferencias se observan desde la adolescencia, con el engrosamiento de los axones de los chicos, y un mayor recubrimiento con mielina de los axones de las chicas, a la vez que una mayor compactación, resultando en una MB más densa en las mujeres³⁹. La textura y «homogeneidad» (isotropía) de la MB también muestra diferencias entre hombres y mujeres, con una textura es «más regular» en mujeres⁴⁰. En las mujeres, una MG más gruesa permitiría «compactar» una misma capacidad computacional en un espacio más reducido⁴¹, aunque el grosor y densidad de MG de la mujer no es superior en todo el cerebro⁴².

El cuerpo calloso (CC), el «puente» que conecta los hemisferios cerebrales, también es sexualmente dimórfico, y es proporcionalmente más grande en las mujeres⁴³. En cerebros más lateralizados y asimétricos, como los de los hombres, cabría esperar una menor densidad de «cableado» que conecta unas neuronas con otras. Si bien algunas regiones del CC son mayores en mujeres, respaldando esta hipótesis⁴⁴, la interconexión hemisférica masculina es más alta para zonas que relacionan los lóbulos frontales⁴⁵.

La hipófisis, una glándula del cerebro que regula innumerables procesos del organismo, aumenta rápidamente de tamaño en las mujeres entre los 14 y los 17 años, y luego gradualmente con la edad, con un volumen superior a la hipófisis masculina⁴⁶. Esta glándula tiene su funcionamiento condicionado por el efecto de las hormonas sexuales. Otras regiones del cerebro estrechamente relacionadas con las vías endocrinas, como la amígdala y el hipocampo, también presentan dimorfismo, siendo la primera densamente poblada en receptores androgénicos, y el último en receptores estrogénicos. En consecuencia, la amígdala se desarrolla más rápido en los hombres, y el hipocampo en las mujeres. Otras diferencias morfológicas entre sexos se recogen en varias zonas de la corteza cerebral. Una lista detallada se ofrece en la Figura 2.

37 Hines, «Gender Development», 80,

38 Ruben C. Gur, et al., «Sex Differences in Brain Gray and White Matter in Healthy Young Adults: Correlations with Cognitive Performance», *J Neurosci* 19, no. 10 (1999): 4069.

39 Jennifer S. Perrin, et al. «Sex differences in the growth of white matter during adolescence», *NeuroImage* 45 (2009): 1056.

40 Vassili Kovalev y Frithjof Kruggel, «Texture Anisotropy of the Brain's White Matter as Revealed by Anatomical MRI», *IEEE Trans Medical Imaging* 26, no. 5 (2007): 682-683.

41 Eileen Luders, et al., «Gender effects on cortical thickness and the influence of scaling», *Hum. Brain Mapp* 27, no. 4 (2006): 316.

42 Julia Sacher, et al., «Sexual dimorphism in the human brain: evidence from neuroimaging». *Magnetic Resonance Imaging* 31 (2013): 367.

43 Eileen Luders, et al., «Relationships Between Sulcal Asymmetries and Corpus Callosum Size: Gender and Handedness Effects», *Cerebral Cortex* 13, no 10 (2003): 1090.

44 Lutz Jäncke, et al., «The relationship between Corpus Callosum Size and Forebrain Volume», *Cerebral Cortex* 7, no. 1 (1997): 48.

45 René Westerhausen, et al., «A critical re-examination of sexual dimorphism in the corpus callosum microstructure», *NeuroImage* 56, no. 3 (2011): 879.

46 Frank P. MacMaster, et al., «Development and sexual dimorphism of the pituitary gland», *Life Sciences* 80, no. 10 (2007): 943.

Un reciente artículo en *Nature Communications* sugiere que las diferencias morfológicas ya encontradas pueden esconder también diferencias topológicas, de cómo «se conecta el cableado». Esto apoya la idea de que la diferenciación cerebral produce una «cascada sináptica» de conexiones que dependen del sexo del individuo⁴⁷.

c. Matemáticos y lingüistas

Según Liaño, las diferencias conductuales sexuales serían más sutiles que las morfológicas, dado que los efectos prenatales de las hormonas pueden arrojar un abanico de conductas sexuales en los machos⁴⁸. Sin embargo, Kimura afirma que los perfiles cognitivos varían de forma consistente de un sexo a otro, pese al potencial grado de solapamiento en varias tareas o habilidades⁴⁹. Somos «más similares que diferentes» en una inmensa mayoría de tareas, pero las diferencias son remarcables.

Históricamente se ha reconocido que los hombres gozan de una mayor habilidad visoespacial y mejor razonamiento matemático, y las mujeres, habilidades verbales y comunicativas más desarrolladas⁵⁰. Las niñas comienzan a hablar antes, y entre los 16 y 24 meses ya poseen un vocabulario más amplio que los niños, una diferencia que se va difuminando con la edad. Esto revela una mayor predisposición a desarrollar con facilidad las habilidades comunicativas. Estas diferencias estarían de acuerdo con la «región» del cerebro encargada de unas y otras tareas, y el grado de lateralización entre hombres y mujeres⁵¹. En los hombres, las tareas verbales son «del hemisferio izquierdo» y las espaciales, bilaterales, mientras que en las mujeres ocurre lo opuesto (bilaterales en lenguaje, «del hemisferio derecho» en las espaciales)⁵². Las diferencias también aparecen en la forma de obtener resultados. Estudios de imagen molecular mostraron que en hombres y mujeres se activan distintas zonas del cerebro en tests de habilidad matemática y tareas lingüísticas donde obtuvieron resultados similares⁵³. No solo es el qué, sino también el cómo.

Hace una década, se probó que los andrógenos prenatales tienen un efecto en el desarrollo de conductas que varían según el sexo. La exposición a testosterona *in utero* reduciría la empatía y aumentaría la tendencia a la agresión física⁵⁴. Estudios de neuroimagen revelan que la activación de la amígdala masculina y el hipotálamo están directamente conectadas con la respuesta agresiva ante estímulos⁵⁵, y se sabe que estas regiones son centros neuroendocrinos con diferencias entre sexos.

⁴⁷ Bianca Serio, et al., «Sex differences in functional cortical organization reflect differences in network topology rather than cortical morphometry», *Nat Commun* 15, no. 1 (2024): 7714, 7.

⁴⁸ Liaño, *Cerebro de hombre*, 25-26,

⁴⁹ Doreen Kimura, «Sex, sexual orientation and sex hormones influence human cognitive function», *Current Opinion in Neurobiology* 6, no. 2 (1996): 262.

⁵⁰ Hines, «Gonadal Hormones and sexual differentiation of human brain and behavior», *Hormones, Brain and Behavior, Second Edition*. Editado por D. W. Pfaff, et al. (Elsevier Academic Press, 2009): 1879-1880.

⁵¹ Liaño, *Cerebro de hombre*, 289.

⁵² Amy M. Clements, et al., «Sex differences in cerebral laterality of language and visuospatial processing», *Brain and language* 98 (2006): 151.

⁵³ Hines, «Gonadal Hormones», 1895.

⁵⁴ Hines, «Gender Development», 75.

⁵⁵ Sacher, et al., «Sexual dimorphism», 369.

La testosterona prenatal afecta al cerebro en formación hasta tal punto que las habilidades cognitivas espaciales de mujeres con síndrome adrenogenital, un trastorno del desarrollo sexual (TDS) que produce altos niveles de testosterona en las mujeres, se asemejarían a las de hombres sanos⁵⁶. Incluso los trastornos neuropsiquiátricos están marcadamente separados por sexo, algunos de ellos siendo exclusivos de los hombres y otros, de las mujeres.

Algunos autores concluyen que hay demasiados resultados contradictorios para marcar diferencias claras entre sexos⁵⁷. Sin embargo, este metaanálisis vuelve a mezclar, de nuevo, estudios de distinta índole y les atribuye un sistema de votación arbitrario. Los propios estudios en los que se basa a veces consideran un mismo valor de la «d de Cohen» como significativo y no significativo a la vez.

Grandes controversias sobre las diferencias cerebrales nacen de una imposibilidad de comparar y contrastar datos por emplear técnicas distintas a la hora de valorarlas. Una forma de sobreponerse a esto, relacionada con las diferencias morfológicas, es usar técnicas estadísticas donde se enfatizan las zonas en las que se han reportado un mayor número de convergencias de forma consistente y se mitigan aquellas en las que no, con metodologías comparables. Esta es la técnica empleada por Sacher⁵⁸, cuyos resultados se han recogido en la Figura 2.

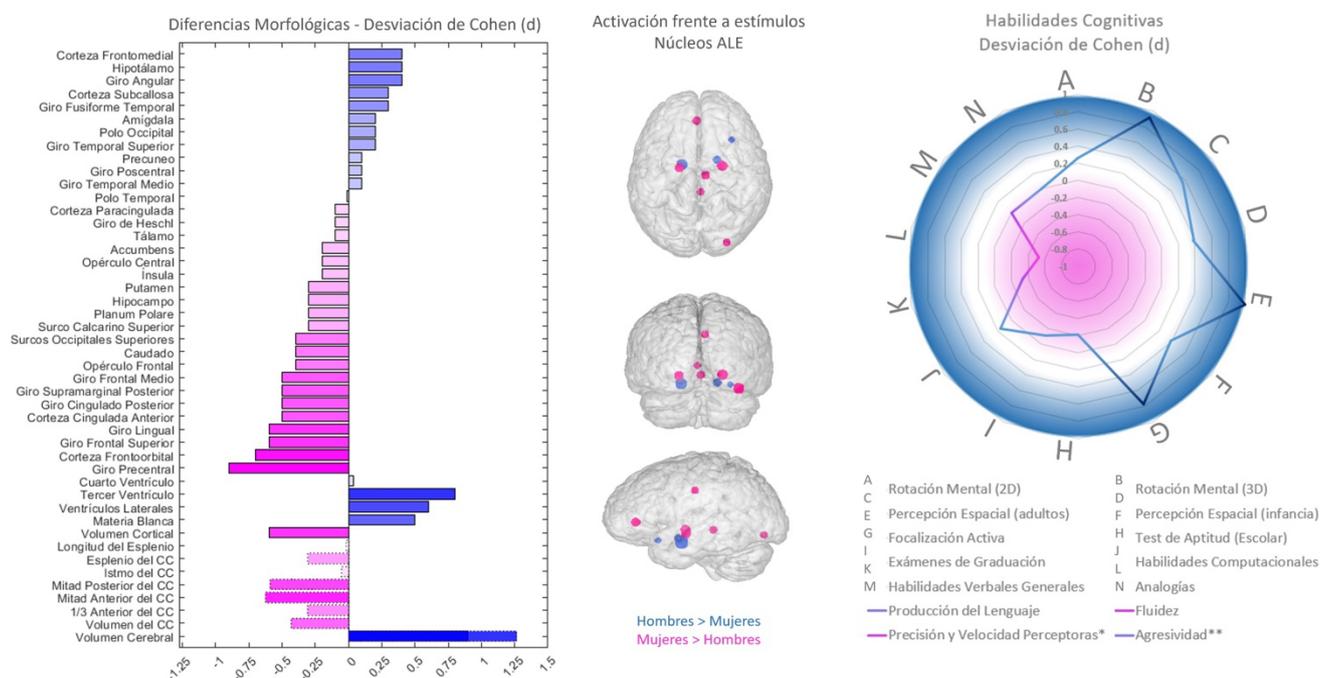


Figura 2. Izquierda: Diferencias morfológicas. La «d de Cohen⁵⁹» se ha computado a partir de la información estadística, tras corregir por volumen cerebral en Luders, 2003. En el trabajo de Goldstein se representa el índice de diferencia como el negativo de «d». Adaptado de Luders, et al., 2003; Goldstein, et al., 2001. Centro: Diferencias funcionales en la activación frente a estímulos visuales y emocionales con metodología ALE, (representado con Mango). Adaptado de Sacher, et al., 2013. Derecha: Habilidades cognitivas. *Esta diferencia se ha reducido con los años. **Más elevado en la infancia que en la adultez. Adaptado de Hines, 2009. Elaborado con Matlab, Mango y Microsoft Excel.

⁵⁶ Sven C. Mueller, et al., «Early androgen exposure modulates spatial cognition in congenital adrenal hyperplasia (CAH)», *Psychoneuroendocrinology* 33, no. 7 (2008): 974.

⁵⁷ Iris E. C. Sommer, et al., «Do women really have more bilateral language representation than men? A meta-analysis of functional imaging studies». *Brain* 127 (2004): 1850.

⁵⁸ Sacher, et al., «Sexual dimorphism», 371-372.

⁵⁹ Una estadística para cuantificar diferencias es la desviación de Cohen, «d», resta de las medias de los grupos, dividida entre la desviación estándar grupal. Generalmente, diferencias: pequeñas (>0.2), moderadas (>0.5) y grandes (>0.8).

Nacer en el cuerpo equivocado

Como los cerebros no son unidades aisladas, debemos considerar la comunicación con el cuerpo y con el exterior. La crianza no siempre puede sobrescribir a la naturaleza. Así, una educación «de niña» derivada de un error en la observación del sexo al nacer no puede reescribir la biología, y muchas veces esta se acaba imponiendo⁶⁰.

Como hemos visto, cuerpo y cerebro son un todo complejo. Si hay cerebros rosas y azules, debe ser porque el resto del organismo así está condicionado.

a. Este cuerpo no es mío

En los estudios sobre neurociencia, tener en cuenta los trastornos de desarrollo sexual (TDS) es de una importancia fundamental⁶¹.

En estos casos, se podrían encontrar diferencias morfológicas y funcionales propias de un sexo en personas aparentemente «del sexo opuesto». TDS como la deficiencia de $\alpha 5$ -reductasa, el síndrome adrenogenital o la insensibilidad parcial a los andrógenos distorsionan la correlación natural entre el sexo del individuo y algunas estructuras de su cerebro, dando lugar a la disforia de género⁶².

En ocasiones se trata de pintar esta situación con la brocha de la «identidad de género», llamando así al sexo «que está entre las orejas» no correspondido con el sexo del resto del cuerpo. La «identidad de género», definida como la sensación interna de ser hombre, mujer, o alguna alternativa, se ve modificada por los esteroides sexuales, factores genéticos, etc⁶³. Encontrar qué estructuras son afectadas, y qué nos dice esto sobre la «identidad de género», es importante para explicar estos casos.

Un estudio sobre la autopercepción en personas con disforia de género reveló la activación de ciertas redes neuronales al verse reflejado en cuerpos que representan un sexo distinto al del participante. Lo que falta en el estudio es comprender si la estructura de la red neuronal estudiada es la que da lugar a la búsqueda de la percepción, o si es al revés⁶⁴. Además, afloran todo tipo de preguntas, empezando por la terapia hormonal a la que se ven sometidas, sobre todo cuando las redes neuronales implicadas en la autopercepción se ven influidas por ella⁶⁵.

⁶⁰ Ramesh Babu y Utsav Shah, «Gender Identity Disorder (GID) in adolescents and adults with differences of sex development (DSD): A systematic review and meta-analysis». *Journal of Pediatric Urology* 17, no. 1 (2021): 42.

⁶¹ Alessandra D. Fisher, et al., «Gender identity, gender assignment and reassignment in individuals with disorders of sex development: a major of dilemma». *J Endocrinol Invest* 39 (2016): 1207.

⁶² Babu y Shah, «Gender Identity Disorder», 43.

⁶³ Ristori, et al., «Brain sex differences related to gender identity disorder: genes or hormones? ». *Int J Mol Sci* 21, no. 6 (2020): 2123-2124.

⁶⁴ Jamie D. Feusner, et al., «Intrinsic network connectivity and own body perception in gender dysphoria». *Brain Imaging Behav* 11, no. 4 (2017): 973.

⁶⁵ Murray B. Reed, et al., «The influence of sexsteroid treatment on insular connectivity in gender dysphoria». *Psychoneuroendocrinology* 155 (2023): 106336, 7.

b. El fantasma de género

¿Qué es «sentirse de un género determinado»? ¿Los roles de género más primitivos –los cuidados, la protección– tienen su origen en el cerebro? ¿Qué diferencia medible y categórica hay entre identidad de género y roles de género, sabiendo que estos últimos están sujetos a un contexto histórico y geográfico determinado? La biología nos predispone a ciertas conductas, y esto llevaría al predominio de unos roles determinados para cada sexo. Pero pese a las diferencias culturales en nuestra especie, afirma René Écochard, «los elementos fundamentales de la estructura familiar, históricamente y en todas partes, son los mismos pues emergen de los cromosomas⁶⁶».

El género sería la aceptación de esos roles respaldados en la biología en cada momento histórico y lugar determinado. Sociedades más avanzadas tienen roles menos vinculados a la biología primitiva y por eso se dan el lujo de presentar el género como algo desconectado del sustrato material. Francisco J. Rubia afirma que, probablemente, nuestros cerebros sexuados sean el resultado de la división del trabajo entre hombres y mujeres en la Prehistoria, de hace millones de años para acá, y que conductas y roles distintos habrían dado lugar a dimorfismos de otro corte⁶⁷. Este razonamiento puede parecer circular: si los cerebros explican las conductas, estaríamos perdidos si, para explicar el dimorfismo de los cerebros, tenemos que recurrir a las conductas que los esculpieron. Aquí es donde introducimos la evolución. El grado de «variación» en este dimorfismo, sin embargo, tiene restricciones que están basadas en mecanismos que no han cambiado en millones de años.

Se ha probado que otros primates muestran preferencias por juguetes que reproducen las diferencias entre sexos de los niños. Los machos elegirían juguetes «de chicos» y las hembras, juguetes «de chicas» pese a la falta de una presión social coercitiva⁶⁸. Lo que estos primates estarían reconociendo no sería unos colores o unas profesiones impuestas por una sociedad con motivaciones ideológicas. Estimo que reducen esos juguetes a su expresión más fundamental: cosas que promueven la interacción sujeto-objeto («de chicos») y sujeto-entorno, y cosas que promueven la interacción sujeto-sujeto («de chicas»). Muy probablemente, reemplazar el coche de juguete por un canto rodado tendría el mismo efecto. Al igual que ocurre con los primates, niños y niñas prefieren jugar con otros de su mismo sexo, y los niños pasan más tiempo jugando a las escaramuzas⁶⁹. La educación parental tiene un impacto en el desarrollo de los hijos, pero el alcance de la crianza es limitado. Un ejemplo curioso son las chicas con síndrome adrenogenital, que, siendo criadas como niñas, muestran conductas y preferencias «masculinas» fruto del efecto escultor de los andrógenos.

En este sentido, la cultura deja de ser el vector director de la conducta de los individuos y pasa a tener un papel potenciador-supresor de la conducta y de la selección de unos rasgos biológicos –de conducta– sobre otros. Algunos autores afirman que las diferencias entre sexos son biológicas, y entre géneros, culturales. Sin embargo, hemos visto que esto no es así, y que en ambos casos, biología y cultura tienen algo que decir.

⁶⁶ Écochard, *Hombres y mujeres*, 75.

⁶⁷ Francisco J. Rubia, *El sexo del cerebro: La diferencia fundamental entre hombres y mujeres*, (Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 2007) 115.

⁶⁸ Gerianne M. Alexander y Melissa Hines, «Sex differences in response to children's toys in nonhuman primates (*Cercopithecus aethiops sabaeus*)». *Evolution and Human Behavior* 23 (2002): 472-473.

⁶⁹ Hines, «Gender Development», 71.

c. La máquina equivocada

La Asociación Americana de Psiquiatría definía el trastorno de identidad de género (desde el DSM-5, «disforia de género») como una fuerte y persistente identificación con el sexo opuesto, con la convicción de que se tienen los sentimientos y reacciones del otro sexo⁷⁰. El psicólogo José Errasti pone en duda esta afirmación, cuestionando cómo se puede conocer una experiencia ajena que no se ha vivido para reconocerse en ella, y qué experimenta alguien cuando dice tener los sentimientos del sexo opuesto⁷¹. Nazareth Castellanos apunta en *La neurociencia del cuerpo* una idea muy clarificadora:

La capacidad de saborear o enunciar un «yo» requiere de la existencia de una base biológica que permita definir el organismo como una entidad. Yo soy todo mi cuerpo. Sin mi cuerpo no soy.⁷²

No podemos, por tanto, separar la «cosa pensante» de la «cosa material», por muy diversa que se muestre cada una de ellas. Esta diversidad en cuerpos y personalidades, afirma Écochard, no destruye la coherencia entre ambos, pues son fruto del mismo desarrollo biológico y social⁷³. Castellanos lo afirma según la teoría del marco subjetivo neuronal:

La representación interna que cada uno hace de la «realidad» se basa en la relación constante entre el cerebro y el organismo. [...] La identidad no es ya una idea abstracta que se disemina en el cerebro, ni un alma independiente del cuerpo, sino que el cerebro la recoge del cuerpo entero.⁷⁴

La concepción de «nacer en un cuerpo equivocado», que no es sino otra forma de presentar el dualismo cartesiano, nace precisamente de concebir un error entre lo que el devenir del cuerpo y el de la mente, como si la mente fuera independiente de los procesos que le ocurren al resto del organismo, y como si viniera por defecto separado del sustrato material que le da lugar. Hemos visto que no es así.

Mala praxis

a. Los «cerebros trans»

¿Qué lugar ocupa la transexualidad y el transgenerismo en todo esto? Los estudios que incluyen grupos de personas trans (transexuales, que se hayan sometido a terapia, o transgénero que solo manifiesten su deseo de ser del sexo opuesto) suelen compararlos con grupos de hombres y mujeres. Al parecer, los «cerebros trans» presentan algunas singularidades.

Ya en 1995, se encontró una estructura del cerebro que, en las personas transexuales, asemejaba a las del sexo de su aspiración. El núcleo cerebral BSTc, que en los hombres es de mayor tamaño, sería más «femenino» en transexuales MtF⁷⁵. Esto dio origen a la hipótesis del cerebro sexual, que atribuye el

⁷⁰ Peggy T. Cohen-Kettenis, y Friedemann Pfäfflin, «The DSM diagnostic criteria for gender identity disorder in adolescents and adults». *Arch Sex Behav* 39, no. 2 (2010): 499.

⁷¹ José Errasti y Marino Pérez Álvarez, *Nadie nace en un cuerpo equivocado*, 2ª Ed. (Vizcaya: Deusto, 2022): 118.

⁷² Castellanos, *La neurociencia del cuerpo*, 191.

⁷³ Écochard, *Hombres y mujeres*, 165.

⁷⁴ Castellanos, *La neurociencia del cuerpo*, 208.

⁷⁵ Jiang-Ning Zhou, et al., «A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality». *Nature* 378 (1995): 69.

origen de la disforia de género a hechos como este. Otras estructuras del cerebro, como el núcleo del hipotálamo INAH, también sería «más femenino» en transexuales MtF⁷⁶.

Quizá el estudio más interesante sobre los «cerebros trans» sea el de Florian Kurth de 2022, en el que se afirma que los cerebros de las personas trans están sesgados hacia el género (sexo) con el que se identifican⁷⁷. Encontraron que el índice de sexo cerebral (centrado en 1 para los hombres, y centrado en 0 para las mujeres) era de 0.75 en transexuales MtF. Este índice se derivó de regiones del cerebro analizadas con un clasificador matemático. Estos trabajos han sido celebrados como la constatación de que «las mujeres trans son mujeres». Pero no vayamos tan rápido.

Cabe preguntarse qué fue antes, si la gallina o el huevo: si las estructuras que se han mencionado, especialmente las que recoge el estudio de Kurth, son diferentes y esto causa la disforia, o si la disforia, producida por la interacción social, o de otra manera, es la que modifica estas estructuras. En el cerebro confluyen una serie de factores que pueden decirnos algo más sobre esto.

En primer lugar, está la cuestión de la homosexualidad. En 1991, LeVay demostró que el tercer núcleo del INAH está estrechamente relacionado con la orientación sexual⁷⁸. En sujetos atraídos por mujeres sería mayor que en sujetos atraídos por hombres, diferencias que pueden tener su origen en el entorno hormonal del embarazo⁷⁹. Estudios con resonancia magnética y tomografía PET mostraron que en personas homosexuales se observan conexiones y asimetrías propias del sexo opuesto⁸⁰, arrojando la hipótesis de que la preferencia de las personas homosexuales, siendo similar a las del sexo opuesto, codifique en diferencias funcionales y morfológicas del cerebro. La existencia de dimorfismos dependientes de orientación sexual levanta sospechas sobre la validez de los estudios en los que la cohorte trans presenta dimorfismo cerebral propio del sexo con el que se identifican. Esto se debe a la alta incidencia de preferencia sexual homosexual entre personas transgénero⁸¹. Los estudios que trabajen esta cuestión deberán usar la orientación sexual como variable de corrección estadística.

En segundo lugar, está el núcleo BSTc, que no guarda relación con la orientación sexual, pero presenta otros problemas. Este núcleo solo es sexualmente dimórfico en tras la pubertad⁸², en la adultez, o como resultado de la experiencia de «vivir como el sexo opuesto»⁸³. Dado que, generalmente, las personas trans suelen atribuir que tienen esos sentimientos y deseos de ser del sexo opuesto desde la infancia, su «origen» no puede estar en una estructura como el BTSc que, en la infancia, aún no ha

⁷⁶ Dick F. Swaab, Louis J. G. Gooren y Michel A. Hofman, «Brain Research, Gender and Sexual Orientation». *Journal of Homosexuality* 28, no 3–4 (1995): 297.

⁷⁷ Florian Kurth, et al., «Brain sex in transgender women is shifted towards gender identity». *J Clin Med* 11, no. 6 (2022): 1582, 5.

⁷⁸ Simon LeVay, «A difference in hypothalamic structure between heterosexual and homosexual men». *Science* 253, no. 5023 (1991): 1036.

⁷⁹ Morris, Jordan y Breedlove, «Sexual differentiation», 1037.

⁸⁰ Ivanka Savic y Per Lindström, «PET and MRI show differences in cerebral asymmetry and functional connectivity between homo- and heterosexual subjects». *PNAS* 105, no. 27 (2008): 9405.

⁸¹ Swaab, Gooren y Hofman, «Brain Research», 295.

⁸² Wilson C. J. Chung, Geert J. De Vries y Dick F. Swaab, «Sexual differentiation of the bed nucleus of the stria terminalis in humans may extend into adulthood». *J Neurosci* 22, no. 3 (2002): 1031.

⁸³ Hines, «Gonadal Hormones», 1896.

adquirido la forma propia del sexo al que se quieren aproximar. Además, la maduración del BTSc en personas transexuales también podría depender de la terapia hormonal⁸⁴.

Esto nos lleva a la tercera cuestión, y es que los participantes del estudio de Zhou estaban sometidos a una terapia hormonal con antiandrogénicos, por lo que los efectos medidos sobre estructuras sexualmente distintas y sensibles a esteroides de activación no han sido tenidos en cuenta⁸⁵. La manipulación hormonal puede revertir completamente ciertos dimorfismos sexuales propios⁸⁶. Se han recogido cambios en el tamaño del hipocampo, los ventrículos, y la MG en transexuales MtF que recibieron estradiol y anti-andrógenos, alterando las estructuras para hacerse «más femeninas». El uso de hormonas «de afirmación de género» altera incluso cómo funcionan los neurotransmisores y la comunicación entre neuronas, arrojando diferencias no solo morfológicas sino también funcionales⁸⁷. Como vemos, tener los efectos de la terapia hormonal en cuenta a la hora de buscar dimorfismos sexuales en el cerebro es fundamental.

Finalmente, están los trastornos del desarrollo sexual (TDS). Condiciones hormonales y genéticas anómalas darán lugar a estructuras cerebrales anómalas. Estas condiciones son interesantes porque no todas las personas con TDS sufren disforia, pero presentarían estas peculiaridades en el cerebro. En cambio, hay condiciones entre las TDS que sí tienen una alta incidencia de disforia, como la deficiencia de $\alpha 5$ -reductasa o la insensibilidad parcial a los andrógenos. Lo que estas TDS harían sería negar, al llegar la pubertad, la identidad con la que la persona se ha criado, generando un fuerte sentimiento de alienación en su propio cuerpo. Controlar en los estudios la presencia de TDS y su impacto es otra forma de obtener resultados más rigurosos.

b. Ciencia «a la carta»

Varios estudios han clasificado los cerebros de hombres, mujeres y transexuales con técnicas matemáticas. Aquellos algoritmos entrenados sobre grupos de hombres y mujeres tendían a clasificar erróneamente los «cerebros trans»⁸⁸, pasando de una tasa de acierto de más del 90 % en hombres y mujeres al 61% en transexuales. En este grupo, antes del inicio de la terapia hormonal, la tasa de acierto era del 87.5 %, pero tras la terapia cae al 50 %. Estos clasificadores buscan entre las diferencias morfológicas en el cerebro entre sexos para hacer su clasificación, y prueban que las personas trans, antes de la terapia hormonal, tienen cerebros «propios de su sexo», y que la terapia hormonal transforma parcialmente algunas regiones del cerebro. Si se tiene en cuenta la variación del volumen intracraneal antes y después de las hormonas, los valores se asemejan a los de los demás grupos, aunque con diferencias fruto de la terapia hormonal.

⁸⁴ Antonio Guillamon, Carme Junque y Esther Gómez-Gil, «A review of the status of brain structure research in transsexualism». *Arch Sex Behav* 45 (2016): 1638.

⁸⁵ Hines, «Gender Development», 78.

⁸⁶ Bradley M. Cooke, Golnaz Tabibinia y S. Marc Breedlove, «A brain sexual dimorphism controlled by adult circulating androgens». *PNAS* 96 (1999): 7539.

⁸⁷ Benjamin Spurny-Dworak, et al., «Effects of sex hormones on brain GABA and glutamate levels in a cis- and transgender cohort». *Psychoneuroendocrinology* 138 (2022): 8.

⁸⁸ Claas Flint, et al., «Biological sex classification with structural MRI data shows increased misclassification in transgender women». *Neuropsychopharmacology* 45 (2020): 1761.

Volvamos al trabajo de Florian Kurth, donde los cerebros de transexuales MtF eran «un 25 % femeninos». Sorprende en primer lugar la gran dispersión que hay en todos los grupos: el índice masculino, centrado en 1, bajaría hasta 0.59. El índice femenino, centrado en 0, subiría hasta 0.41. Y en los transexuales MtF encontramos valores desde 0.36 hasta 1.14, la mayor dispersión de todos los grupos. Kurth no contempla la posible presencia de TDS, y no realiza un examen endocrinológico a los participantes para corroborar que no se someten a una terapia hormonal. La representación de la cohorte MtF, además de una gran dispersión, muestra dos máximos en la distribución, lo que indica que posiblemente se hayan agrupado dos poblaciones estadísticas distintas en una sola. Esto, sumado a que el 25 % de los participantes transexuales era homosexual, nos explica qué está sucediendo: 1) el «índice de sexo cerebral» emplea en su cálculo regiones del cerebro dependientes de la orientación sexual; 2) los transexuales homosexuales, el 25 % se clasifican «con valores femeninos», reduciendo el índice total del grupo al 75 % del «valor masculino». Estas problemáticas no frenaron la publicación y amplísima difusión del estudio.

Algunos autores buscan explicar la disforia como el resultado de un cerebro que ha madurado sexualmente de forma independiente del resto del organismo⁸⁹. En apartados anteriores vimos que este argumento fue descartado al descubrir la expresión genética sexualmente distinta en el cerebro previa a la diferenciación hormonal natural.

Otro estudio ya mencionado, esta vez sobre aspectos funcionales y emocionales del cerebro, adolece de males similares⁹⁰. Al buscar cambios en los resultados de test de depresión, alexitimia y autismo (predominantemente masculinos), no tener en cuenta los valores hormonales de antes y después de la terapia hormonal puede arrojar resultados que, más que demostrar que «las personas trans tengan cerebros del sexo con el que se identifican», corroboran que la manipulación hormonal del organismo altera cómo funciona nuestro cerebro. Es una profecía autocumplida.

Cuando se tiene en cuenta la variable de la orientación sexual y se controlan los casos en los que ha habido terapia hormonal, los resultados son muy distintos. Savic⁹¹ reveló ya en 2011 que personas transexuales con orientación sexual no homosexual, y que no toman hormonas, no presentan «cerebros del sexo opuesto». Los autores controlaron el entorno hormonal con tests antes de realizar las mediciones, y descartaron participantes que presentaran TDS. Este estudio no ha tenido el alcance de los otros ya comentados aquí, pese a incluir muchos de los parámetros de control que los otros rechazan, ya sea deliberadamente o por ignorancia.

c. El género, no el sexo

En el apartado de *Cerebros rosas y azules*, hemos mencionado que las últimas tendencias sobre los «cerebros trans» se alejan de la hipótesis del «sexo en el cerebro» y se refugian en tratar de relacionar las diferencias cerebrales con el género, pero fracasan al tratar de justificar en qué medida la identidad de género no es más que la interiorización de roles y conductas. Estas conductas, como hemos visto,

⁸⁹ Ai-Min Bao y Dick F. Swaab, «Sexual differentiation of the human brain: Relation to gender identity, sexual orientation and neuropsychiatric disorders». *Frontiers in Neuroendocrinology* 32, no. 2 (2011): 223.

⁹⁰ Reed, et al., «The influence of sex», 4.

⁹¹ Ivanka Savic, et al., «Sexual dimorphism of the brain in male-to-female transsexuals». *Cerebral Cortex* 21, no. 11 (2011): 2531.

vendrían socialmente determinadas, pero también emergen de la biología. Y cuanto más primitivas son las interacciones sociales, más difuminadas están las fronteras entre lo instintivo y lo cultural.

Swaab afirma que la «identidad de género» debe tener su germen en el sustrato biológico. Esta sería innata y no hay evidencias de que pueda verse afectada por la experiencia y el entorno⁹², lo que contradice el concepto de «fluidez del género» que habita algunas revistas científicas. Comparto con Swaab que la disforia puede emanar de un sustrato biológico que no va en consonancia con ciertas expectativas, sin olvidar que la inmensa mayoría de las personas no experimentan un trastorno disfórico de este tipo. Los sexos tienen roles y estos han tenido un valor para cada momento y lugar, sin entrar en su valor moral. Este pulso entre la biología del individuo –innata, codificada en preferencias y predisposición a conductas– y su entorno, la crianza, puede generar malestar si el sustrato biológico latente no se ve reflejado en lo que se espera de él. Pero esto no se debe a que haya nacido en un cuerpo equivocado, sino que el entorno no ha sabido reconocer una biología ambigua o inconclusa, o adaptarse a ella cuando emerge en la pubertad. Esto es lo que hay que abordar, y no despreciar décadas de evidencias sobre la neurociencia del cuerpo y su relación con los sexos.

Conclusiones

En las últimas décadas hemos asistido al nacimiento de un corpus científico creado exclusivamente para imponer nuevos términos de debate, aunque vagamente fundamentado. En ciencia, la refutación es un pilar fundamental, pero este se debe sustentar en evidencias y metodologías sólidas, algo que en muchos de estos estudios escasea. Lo que sí abunda son los títulos y las reivindicaciones grandilocuentes, artículos creados solo para poder publicar que «la neurociencia desmiente» alguna cuestión que, aun estando plagados de imprecisiones, tenga eco en redes sociales y asiente una narrativa institucional.

En la cuestión del sexo del cerebro encontramos las dos vertientes: los que quieren separar lo social de lo biológico, para permitir que el fantasma habite en la máquina equivocada, y los que quieren encontrar exclusivamente en la biología la explicación de la transexualidad. Aunque parten de puntos diametralmente opuestos, desde ambas trincheras lo hacen con el objetivo de asentar los mantras contra el binarismo sexual, también en el cerebro.

El constructivismo desproporcionado lleva a los académicos a alejarnos de nuestros orígenes. Para los constructivistas, la idea del cerebro plástico e infinitamente reconfigurable es una condición a priori, y de aquí se explica el desprecio por la biología, que se considera una prisión innata, no un folio en blanco en el que todo cabe. La negación de nuestras diferencias sexuales no es sino un resultado de la falacia moralista, que en los roles de género ve valores morales y confunde lo que «es» con lo que «debe ser». Las diferencias sexuales entre hombres y mujeres, también en el cerebro, no son juicios morales sobre la validez de los individuos. Son realidades constatadas que nos recuerdan que el cerebro es parte del organismo, y que «yo» soy eso, y mi entorno.

Finalmente, algo que muchos de estos estudios revelan sin querer es la posibilidad de un diagnóstico de disforia con neuroimagen. Algunos trabajos revisados, como el de la Revista *Iraní* de

⁹² Dick F. Swaab, Samantha E. C. Wolff, y Ai-Min Bao, «Sexual differentiation of the human hypothalamus: Relationship to gender identity and sexual orientation». *Handbook of Clinical Neurology* 181 (2021): 438.

Medicina Forense, parecen apuntar en esta dirección⁹³. Quizá debamos sopesar las consecuencias de introducir este nuevo criterio diagnóstico, pues si podemos medir el «fantasma en la máquina», los habrá que no se contenten sino con exorcizarlo.

Referencias

- Alcalá Guerrero, E. «¿Qué es el sexo?». *Historia de las Ideas* 1 (2024): 19-33.
- Alexander, G.M., y Hines, M. «Sex differences in response to children's toys in nonhuman primates (*Cercopithecus aetiops sabaueus*)». *Evolution and Human Behavior* 23 (2002): 467-479.
[https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(02\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(02)00107-1)
- Arnold, Arthur P., y Burgoyne, Paul S. «Are XX and XY brain cells intrinsically different?». *Trends in Endocrinology & Metabolism* 15, no. 1 (2004): 6-11 <https://doi.org/10.1016/j.tem.2003.11.001>
- Arnold, Arthur P. «The organizational-activational hypothesis as the foundation for a unified theory of sexual differentiation of all mammalian tissues». *Hormones and Behavior* 55 (2009): 570-578
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.03.011>
- Babu, R., y Shah, U. «Gender identity disorder (GID) in adolescents and adults with differences of sex development (DSD): A systematic review and meta-analysis». *Journal of Pediatric Urology* 17, no. 1 (2021): 39-47 <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2020.11.017>
- Bao, A.M., y Swaab, D.F. «Sexual differentiation of the human brain: Relation to gender identity, sexual orientation and neuropsychiatric disorders». *Frontiers in Neuroendocrinology* 32, no. 2 (2011): 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2011.02.007>
- Blakemore, Sarah-Jayne, Burnett, Stephanie y Dahl, Ronald E. «The role of puberty in the developing adolescent brain». *Human Brain Mapping* 31, no. 6 (2010): 926-933.
<https://doi.org/10.1002/hbm.21052>
- Bruner, Emiliano. *La evolución del cerebro: Un viaje entre fósiles y primates*. 1ª Ed. (Barcelona: Shackleton Books, 2023),
- Cahill L. 2009. «Sex differences in human brain structure and function: relevance to learning and memory». *Hormones, Brain and Behavior, Second Edition*. Editado por D. W. Pfaff, et al. Elsevier Academic Press, 2009, pp. 2307–15 <https://doi.org/10.1016/B978-008088783-8.00072-3>
- Canastar, A., Maxson, S.C., y Bishop, C.E. «Aggressive and Mating Behaviors in Two Types of Sex Reversed Mice: XY Females and XX Males». *Arch Sex Behav* 37 (2008): 2–8
<https://doi.org/10.1007/s10508-007-9257-1>
- Castellanos, Nazareth. *La neurociencia del cuerpo: Cómo el organismo esculpe el cerebro*. 17ª Ed. (Barcelona: Kairós, 2024).
- Chan, William F.N., et al. «Male microchimerism in the human female brain». *PLOS ONE* 7, no. 9 (2012): e45592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045592>

⁹³ Reza Hajmanoucheheri y Azar Tabesh, «A Review of Brain MRI findings in gender identity disorder individuals». *Iranian Journal of Forensic Medicine* 29, no. 4 (2024): 198.

- Chung, W.C.J., De Vries, G.J., y Swaab, D.F. «Sexual differentiation of the bed nucleus of the stria terminalis in humans may extend into adulthood». *J Neurosci* 22, no. 3 (2002): 1027-1033. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.22-03-01027.2002>
- Clements, A.M., et al. «Sex differences in cerebral laterality of language and visuospatial processing». *Brain and language* 98 (2006): 150-158 <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.04.007>
- Cohen-Kettenis, P.T., y Pfäfflin, F. «The DSM diagnostic criteria for gender identity disorder in adolescents and adults». *Arch Sex Behav* 39, no. 2 (2010): 499-513. <https://doi.org/10.1007/s10508-009-9562-y>
- Cooke, B.M., Tabibnia, G., y Breedlove, S.M. «A brain sexual dimorphism controlled by adult circulating androgens». *PNAS* 96 (1999): 7538-7540 <https://doi.org/10.1073/pnas.96.13.7538>
- DeCasien, A.R., et al. «Sex differences in the human brain: a roadmap for more careful analysis and interpretation of a biological reality». *Biology of Sex Differences* 13 (2022): 43. <https://doi.org/10.1186/s13293-022-00448-w>
- Dewing, Phoebe, et al. «Direct Regulation of Adult Brain Function by the Male-Specific Factor SRY». *Current Biology* 16, no. 4 (2006): 415-420. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.01.017>
- Dubol, M., et al. «Neuroimaging the menstrual cycle: A multimodal systematic review». *Frontiers in Neuroendocrinology* 60 (2021): 100878. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100878>
- Ecochard, René. *Hombres y mujeres: ¿Qué nos dice la neurociencia?* 1ª Ed. (Vizcaya: Deusto, 2023).
- Eliot, L., et al. «Dump the ‘dimorphism’: Comprehensive synthesis of human brain studies reveals few male-female differences beyond size». *Neurosci Behav Rev* 125 (2021): 667-697. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.02.026>
- Eliot, L., et al. «Why and how to account for sex and gender in brain and behavioral research». *J Neurosci* 43, no. 37 (2023): 6344-6356. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0020-23.2023>
- Errasti, J. y Pérez Álvarez, M. *Nadie nace en un cuerpo equivocado*. 2ª Ed, (Vizcaya: Deusto, 2022).
- Feusner, J.D., et al. «Intrinsic network connectivity and own body perception in gender dysphoria». *Brain Imaging Behav* 11, no. 4 (2017): 964-976. <https://doi.org/10.1007/s11682-016-9578-6>
- Fisher, A.D., et al. «Gender identity, gender assignment and reassignment in individuals with disorders of sex development: a major of dilemma». *J Endocrinol Invest* 39 (2016): 1207-1224. <https://doi.org/10.1007/s40618-016-0482-0>
- Flint, C., et al. «Biological sex classification with structural MRI data shows increased misclassification in transgender women». *Neuropsychopharmacology* 45 (2020): 1758-1765. <https://doi.org/10.1038/s41386-020-0666-3>
- Goldstein, J.M., et al. «Normal Sexual Dimorphism of the Adult Human Brain Assessed by In Vivo Magnetic Resonance Imaging». *Cerebral Cortex* 11 (2001): 490-497. <https://doi.org/10.1093/cercor/11.6.490>
- Guillamon, A., Junque, C., y Gómez-Gil, E. «A review of the status of brain structure research in transsexualism». *Arch Sex Behav* 45 (2016): 1615-1648. <https://doi.org/10.1007/s10508-016-0768-5>
- Gur, R.C., et al. «Sex Differences in Brain Gray and White Matter in Healthy Young Adults: Correlations with Cognitive Performance». *J Neurosci* 19, no. 10 (1999): 4065-4072 <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.19-10-04065.1999>

- Hajmanoucheheri, R., y Tabesh, A. «A review of brain MRI findings in gender identity disorder individuals». *Iranian Journal of Forensic Medicine* 29, no. 4 (2024): 198-214.
<http://sjfm.ir/article-1-1478-en.html>
- Hines, M. «Gender Development and the Human Brain». *Annu Rev Neurosci* 34 (2011): 69-88.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113654>
- Hines, M. «Gonadal hormones and sexual differentiation of human brain and behavior». *Hormones, Brain and Behavior, Second Edition*. Editado por D. W. Pfaff, et al. Elsevier Academic Press, 2009, 1869–1909. <https://doi.org/10.1016/B978-008088783-8.00059-0>
- Joel, D. «Male or female? Brains are intersex». *Front Integr Neurosci* 5 (2011): 57.
<https://doi.org/10.3389/fnint.2011.00057>
- Jäncke, L., et al. «The Relationship between Corpus Callosum Size and Forebrain Volume». *Cerebral Cortex* 7, no. 1 (1997): 48-56 <https://doi.org/10.1093/cercor/7.1.48>
- Khan, Y.T., et al. «Sex differences in human brain structure at birth». *Biol Sex Differ* 15 (2024): 81.
<https://doi.org/10.1186/s13293-024-00657-5>
- Kimura, D. «Sex, sexual orientation and sex hormones influence human cognitive function». *Current Opinion in Neurobiology* 6, no. 2 (1996): 259-263. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(96\)80081-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80081-X)
- Kovalev, V., y Kruggel, F. «Texture Anisotropy of the Brain's White Matter as Revealed by Anatomical MRI». *IEEE Trans Medical Imaging* 26, no. 5 (2007): 678-685
<https://doi.org/10.1109/TMI.2007.895481>
- Kurth, F., et al. «Brain sex in transgender women is shifted towards gender identity». *J Clin Med* 11, no. 6 (2022): 1582. <https://doi.org/10.3390/jcm11061582>
- LeVay, S. «A difference in hypothalamic structure between heterosexual and homosexual men». *Science* 253, no. 5023 (1991): 1034-1037. <https://doi.org/10.1126/science.1887219>
- Liaño, Hugo. *Cerebro de hombre, cerebro de mujer*. 1ª Ed, (Madrid: deBolsillo, 2000).
- Luders, E., et al. «Relationships Between Sulcal Asymmetries and Corpus Callosum Size: Gender and Handedness Effects». *Cerebral Cortex* 13, no 10 (2003): 1084–1093.
<https://doi.org/10.1093/cercor/13.10.1084>
- Luders E, et al. «Gender effects on cortical thickness and the influence of scaling». *Hum. Brain Mapp.* 27, no. 4 (2006): 314–24. <https://doi.org/10.1002/hbm.20187>
- MacMaster, F.P., et al. «Development and sexual dimorphism of the pituitary gland». *Life Sciences* 80, no. 10 (2007): 940-944. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2006.11.040>
- Morris, J.A., Jordan, C.L., y Breedlove, S.M. «Sexual differentiation of the vertebrate nervous system». *Nature Neuroscience* 7, no. 10 (2004): 1034-1039 <https://doi.org/10.1038/nn1325>
- Mueller, S.C., et al. «Early androgen exposure modulates spatial cognition in congenital adrenal hyperplasia (CAH) ». *Psychoneuroendocrinology* 33, no. 7 (2008): 973-980.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.04.005>
- Nishida, Y., Yoshioka, M., y St-Amand, J. «Sexually dimorphic gene expression in the hypothalamus, pituitary gland, and cortex». *Genomics* 85, no. 6 (2005): 679-687
<https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2005.02.013>
- Perrin, J.S., et al. «Sex differences in the growth of white matter during adolescence». *NeuroImage* 45 (2009): 1055-1066. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.01.023>

- Phoenix, Charles H., et al. «Organizing action of prenatally administered testosterone propionate on the tissues mediating mating behavior in the female guinea pig». *Endocrinology* 65 (1959): 368-382. <https://doi.org/10.1210/endo-65-3-369>
- Rauch, J.M., y Eliot, L. «Breaking the binary: Gender versus sex analysis in human brain imaging». *NeuroImage* 264 (2022): 119732. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119732>
- Reed, M.B., et al. «The influence of sex steroid treatment on insular connectivity in gender dysphoria». *Psychoneuroendocrinol.* 155 (2023): 106336. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2023.106336>
- Ristori, J., et al. «Brain sex differences related to gender identity disorder: genes or hormones? ». *Int J Mol Sci* 21, no. 6 (2020): 2123. <https://doi.org/10.3390/ijms21062123>
- Romá Mateo, Carlos. *La epigenética*. 1ª Ed. (Madrid: Los Libros de La Catarata, 2016).
- Rubia, Francisco J. *El sexo del cerebro: La diferencia fundamental entre hombres y mujeres*. 1ª Ed. (Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 2007).
- Sacher, J., et al. «Sexual dimorphism in the human brain: evidence from neuroimaging». *Magnetic Resonance Imaging* 31 (2013): 366-375 <http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2012.06.007>
- Savic, I., et al. «Sex dimorphism of the brain in male-to-female transsexuals». *Cerebral Cortex* 21, no. 11 (2011): 2525-2533. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr032>
- Savic, I., y Lindström, P. «PET and MRI show differences in cerebral asymmetry and functional connectivity between homo- and heterosexual subjects». *PNAS* 105, no. 27 (2008): 9403-9408. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801566105>
- Serio, B., et al. «Sex differences in functional cortical organization reflect differences in network topology rather than cortical morphometry». *Nat Commun* 15, no. 1 (2024): 7714. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51942-1>
- Shi, L., Zhang, Z., y Su, B. «Sex biased gene expression profiling of human brains at major developmental stages». *Sci Rep* 6 (2016): 21181. <https://doi.org/10.1038/srep21181>
- Sommer, I.E., et al. «Do women really have more bilateral language representation than men? A meta-analysis of functional imaging studies». *Brain* 127 (2004): 1845-1852. <https://doi.org/10.1093/brain/awh207>
- Spurny-Dworak, B., et al. «Effects of sex hormones on brain GABA and glutamate levels in a cis- and transgender cohort». *Psychoneuroendocrinology* 138 (2022): 105683. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105683>
- Swaab, D.F., Gooren, L.J.G., and Hofman, M.A. «Brain Research, Gender and Sexual Orientation». *Journal of Homosexuality* 28, no 3–4 (1995): 283–301. https://doi.org/10.1300/J082v28n03_07.
- Swaab, D.F., Wolff, S.E.C., y Bao, A-M. «Sexual differentiation of the human hypothalamus: Relationship to gender identity and sexual orientation». *Handbook of Clinical Neurology* 181 (2021): 427-443. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820683-6.00031-2>
- Tsai, H.-W., Grant, P. A., y Rissman, E.F. «Sex differences in histone modifications in the neonatal mouse brain». *Epigenetics* 4, no. 1 (2009): 47-53. <https://doi.org/10.4161/epi.4.1.7288>
- Westerhausen, R., et al. «A critical re-examination of sexual dimorphism in the corpus callosum microstructure». *NeuroImage* 56, no. 3 (2011): 874-880. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.013>
- Williams, C.M., et al. «Sex differences in the brain are not reduced to differences in body size». *Neurosci Behav Rev* 130 (2021): 509-511. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.015>

- Williams, Jennifer S., et al. «Considering hormones as sex- and gender-related factors in biomedical research: Challenging false dichotomies and embracing complexity». *Hormones and Behavior* 156 (2023): 105442. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2023.105442>
- Zhou, J.N., et al. «A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality». *Nature* 378 (1995): 68-70. <https://doi.org/10.1038/378068a0>