

BRAINS THROUGH TIME

A natural history of vertebrates

Por George F. Striedter
y R. Glenn Northcutt

Oxford University Press, Oxford, 2020
540 págs.

La escala de los vertebrados

Evolución convergente

Uno de los campos más apasionantes de la ciencia contemporánea es el estudio de la evolución y conducta del cerebro de los vertebrados, entre los que se cuenta el ser humano, único capaz de hacerse cargo de su propio destino. Aunque esa inquietud académica ya se hizo patente en el antiguo Egipto. Desde entonces, no hubo figura en la historia de la ciencia y del pensamiento que no se sintiera atraído por ese órgano singular, de errática centralidad en la vida de los humanos. Pero hubo que esperar a la publicación de *El origen de las especies*, de Charles Darwin, en 1859, para ahormarlo de manera sistemática y acometer el estudio de su evolución a través de la encefalización de los vertebrados, es decir, la investigación sobre su variación en tamaño y complejidad. Con el avance de las técnicas histológicas y la profundización del conocimiento de distintas ramas de la biología —de la genética a la paleontología, de la embriología a la neuroanatomía comparada y la sistemática—, se fue asentando la perspectiva evolutiva como clave de interpretación. El estudio de su filogenia revela una larga serie de acontecimientos y cambios significativos, a través de los cuales la ciencia discierne pautas, tendencias y principios generales.

Desde hace tiempo se da por superada la teoría de Ernst Haeckel sobre la recapitulación, tesis biogenética que declara que la ontogenia de un ser vivo recapitula su filogenia. En ese marco, los organismos atravesaban, en su desarrollo, los estadios adultos de sus antepasados, sucesión de fotogramas que permitían resolver los parentescos en el árbol de la vida. Hoy, el aforismo reza que la ontogenia crea la filogenia, para indicar que hemos de comparar no solo las formas adultas, sino, de preferencia, la constitución génica y el desarrollo embrionario a la hora de describir la parábola seguida por unos linajes incoados hace más de 550 millones de años, durante el Periodo Ediacárico, para experimentar luego múltiples transiciones y diversificaciones. Transiciones que quedaron reflejadas en los sistemas sensorial, motor y nervioso central.

Los cambios no se produjeron de forma aislada y repentina, sino de manera gradual en el curso de millones

de años y en concierto con otras modificaciones del cuerpo. Los primeros vertebrados fueron organismos anodinos, en suspensión, que sufrieron la extinción de finales del Ediacárico. Luego, durante el Cámbrico, desarrollaron los músculos de la faringe, que les permitían bombear agua. Se incrementó la velocidad a la que podían obtener alimento. Acompañado por la evolución de las branquias vascularizadas, el mayor flujo de agua facilitaba también el intercambio gaseoso, permitiendo que los primeros vertebrados adquirieran un cuerpo mayor y se convirtieran en potentes nadadores. A esos cambios acompañaron notables transformaciones en los órganos de los sentidos. Resulta particularmente llamativa la operada en un pequeño órgano fotorreceptor, único, que se convirtió en un par de ojos grandes y formadores de imágenes. Podían otear el horizonte y ver a los depredadores. Conformaron un aparato vestibular complejo y se dotaron de líneas laterales mecanosensoriales y electro-sensoriales, papilas gustativas y un sistema olfativo acabado. Al mismo tiempo, el cerebro inició su crecimiento en tamaño y en número de neuronas, con la presencia novedosa del mesencéfalo y telencéfalo.

La mayoría de las transformaciones enumeradas se hallaban vinculadas a dos tejidos embrionarios nuevos: las placodas y la cresta neural. Se produjeron también cambios drásticos a nivel genético. Merced a ese conjunto de innovaciones, algunos sobrevivieron a la gran extinción en masa de finales del período Cámbrico, provocada por un enfriamiento global. Hace entre 450 y 500 millones de años, los vertebrados desarrollaron mandíbulas móviles. No ocurrió de la noche a la mañana, si no a través de tanteos con diversos diseños estructurales. Incorporaron pares de aletas. A la mayor fiereza en la depredación añadieron mayor eficiencia en la natación. Hubo grupos que se hicieron con una coraza para defenderse de los depredadores. La adición de un cerebelo propio ayudó a procesar la información vestibular y, de manera más general, a mejorar la coordinación sensoriomotora.

Además, los primeros vertebrados mandibulados adquirieron una clase novedosa de receptores quimio-sensoriales, los receptores vomeronasales, y expandieron su repertorio de receptores olfativos. Comenzaron a diversificarse en el periodo Ordovícico y florecieron en el Devónico, razón por la cual al segundo se le llama la «edad de los peces». A finales del Devónico, los vertebrados mandibulados se abrieron en tres radiaciones importantes que han sobrevivido hasta nuestros días: peces cartilaginosos, actinopterigios y sarcopterigios. Los primeros vertebrados terrestres aparecieron cuando los niveles de oxígeno en agua fueron muy bajos, a finales del Devónico, y muchos vertebrados acuáticos tragaban aire, con una concentración de oxígeno mayor que el agua. Algunos de estos vertebrados de respiración aérea

se adentraron en tierra firme, valiéndose de aletas pectorales modificadas. En el transcurso de millones de años, las aletas pectorales y la pelviana de los sarcopterigios se transformaron en cuatro potentes extremidades. Consolidaron la columna vertebral. Aunque esos cambios facultaban a los primeros tetrápodos a desenvolverse en tierra firme, seguían necesitando mantenerse cerca del agua, para la reproducción y para evitar la desecación de los adultos.

Con la invasión de tierra firme llegaron cambios sustantivos en los sistemas motores y sensoriales. Así, los primeros tetrápodos adquirieron un repertorio completo de músculos de extremidades que requerían mecanismos novedosos de control neural. Los ojos adaptados a la visión en el agua no sirven en el medio aéreo. Pero, una vez modificados, la visión en el aire abarca distancias largas. Modificaron también su sistema olfativo para detectar una gama extensa de olores transportados por el aire. Con los sistemas mecanosensoriales y electrosensoriales de la línea lateral ocurrió el fenómeno opuesto. Al ser menos útiles en tierra firme, los primeros tetrápodos los perdieron o los cubrieron bajo el epitelio. El cerebro de aquellos tetrápodos iniciales no ganó en tamaño ni en complejidad con la invasión del continente. Si hubo cambio, fue a mayor simplicidad. Un linaje de los primitivos tetrápodos dio probablemente origen a todos los anfibios modernos, que luego se ramificaron en urodolos, cecilias y anuros.

De los primitivos tetrápodos se desgajó la línea originaria de los amniotas, que se independizó enteramente del agua y llegó a dominar el hábitat terrestre. El huevo amniota resistía la deshidratación, sin dejar limitar los niveles de intercambio gaseoso. Aumentaron el volumen y complejidad de los pulmones y se procuraron un esqueleto más ligero y extremidades más ágiles. Su cuello, ahora flexible, les facilitaba la depredación. Más importante incluso fue la adquisición de un cráneo cinético en los precursores de los lagartos y serpientes. Con un cráneo así se abren muy bien las mandíbulas y puede el animal cobrar presas mayores. Avances que fueron a la par con husos musculares más complejos y conjuntos de neuronas motoras topográficamente organizadas. Se produjo una expansión importante de las vías sensoriales del cerebro. En particular se extendieron el mesencéfalo dorsal, el diencéfalo dorsal y el palio telencefálico. En particular, el palio central experimentó una drástica dilatación en el linaje que condujo a los reptiles y a las aves (saurópsidos), mientras que el palio dorsal hizo lo propio en el linaje precursor de los mamíferos (sinápsidos). El palio dorsal sinápsido evolucionó hacia una organización única en seis estratos, la neocorteza. En líneas generales, el telencefalo no solo creció, sino que además experimentó una profunda reestructuración.

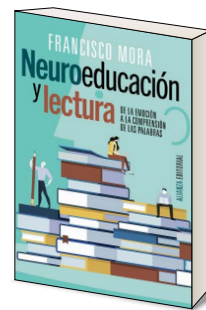
Aves y mamíferos desarrollaron la capacidad de generar calor interno, que independiza al cuerpo del medio externo. Este hito implicó la irrupción de innovaciones

relacionadas, como cornetes respiratorios y pelo o plumas para frenar la pérdida de calor. Incrementaron su tasa metabólica basal y formaron un diafragma para impulsar su volumen respiratorio, pero fueron cambios que sucedieron independientemente y, por consiguiente, de una manera convergente en mamíferos y aves. Hubo múltiples convergencias adicionales. Unas y otros alargaron la cóclea, permitiendo la audición de alta frecuencia y una mejorada discriminación de frecuencias; y de no menor importancia, adquirieron un cerebro mayor con respecto a su talla corporal.

No solo convergieron. También divergieron. Los primeros mamíferos fueron de hábitos nocturnos, mien-

Novedades

Una selección de los editores de MENTE Y CEREBRO



NEUROEDUCACIÓN Y LECTURA

Francisco Mora

Alianza Editorial, 2020
ISBN: 9788491819400
216 págs. (15 €)

LA FÁBRICA DE CRETINOS DIGITALES

Los peligros de las pantallas para nuestros hijos

Michel Desmurget

Editorial Península, 2020
ISBN: 9788499429380
144 págs. (21,90 €)



CÓMO NO PERDER A TUS HIJOS TRAS EL DIVORCIO

Chon Molina Bartomeus

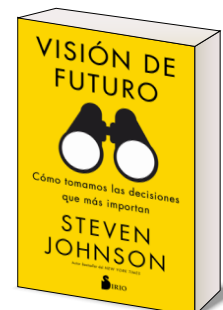
Létrame Editorial, 2020
ISBN: 9788418344985
96 págs. (13 €)

VISIÓN DE FUTURO

Cómo tomamos las decisiones que más importan

Steven Johnson

Editorial Sirio, 2020
ISBN: 9788418000133
272 págs. (13,50 €)



tras que las aves ocupaban nichos diurnos. En relación a esa diferencia, los primeros mamíferos adquirieron retinas sensibles a la luz, con predominio de bastoncillos y pérdida de una o varias opsinas de los conos. Los mamíferos incrementaron su repertorio de receptores olfativos y vomeronasales. Por el contrario, las aves gozaron de un sistema olfativo relativamente sencillo y perdieron su órgano vomeronasal. Las aves se hicieron con un tectum óptico grande; los mamíferos redujeron el colículo superior, estructura homóloga de la anterior. Ambos grupos retuvieron el palio medial, el hipocampo. Con un éxito redoblado a lo largo de los últimos 50 millones de años, dan cuenta de la mitad de todas las especies de vertebrados, correspondiendo a los teoleósteos buena parte del resto.

La construcción de un cerebro y unos órganos de los sentidos y su mantenimiento requiere un suministro importante de energía metabólica. Ello significa que aves y mamíferos deben consumir una gran cantidad de calorías. La posesión de un cerebro grande requiere una elevada tasa metabólica, que exige a su vez una tasa alta de ingesta calórica. Importa, asimismo, la velocidad de crecimiento del número de neuronas. Si consideramos que las neuronas son las unidades de información o computación, la capacidad cognitiva correrá pareja con el número de neuronas y no con el tamaño cerebral absoluto. Eso explicaría por qué los chimpancés son más inteligentes que las vacas: aunque sus cerebros vienen a ser de igual tamaño absoluto, el del chimpancé tiene proporcionalmente muchas más neuronas. No existen estadísticas, sin embargo, que muestren inequívocamente que el número de neuronas guarda correlación con la habilidad cognitiva. Para llegar a esa visión de conjunto,

los autores han partido de investigaciones parciales. Striedter ha ahondado en el cerebro embrionario de las aves. Glenn, su maestro, estudió, entre otros, la citoarquitectura del telencéfalo del celacanto, *Latimeria chalumnae*. Desde un enfoque anatómico, la estructura se divide en bulbos olfativos pedunculados, hemisferios emparejados y un telencéfalo impar.

En resumen, los sistemas nerviosos de los vertebrados conocieron no solo la emergencia de regiones cerebrales novedosas, como el cerebelo o la neocorteza, sino también cambios sustanciales en la circuitería neuronal y en la organización funcional. Muchas de las semejanzas que apreciamos resultaron de una evolución convergente, no de una herencia a partir de un antepasado común. Una investigación que no cesa en un campo en frenética actividad. En el dominio de la consciencia incluido. La capacidad de percibir y reconocerse en una imagen especular se considera un hito en la evolución del conocimiento a través de las especies. Se ha informado de la existencia de esa propiedad en mamíferos y aves. Pero en ningún otro taxón. Entre las limitaciones de los ensayos para corroborar la presencia de consciencia de sí mismo está el sesgo de interpretación de los animales hacia la lateralidad requerida. En el reino animal la consciencia de sí mismo es una propiedad muy rara. Solo hay tres especies de las que se tenga conocimiento cierto de que poseen consciencia de sí mismo ante el espejo: chimpancés, orangutanes y humanos. Se ha demostrado en fecha reciente que el pez *Labroides dimidiatus* recorre todas las fases del test: reacciones sociales en el reflejo, conductas idiosincráticas repetidas ante el espejo y observación frecuente de su reflejo.

—Luis Alonso



THE GREAT PRETENDER

Susannah Cahalan

Grand Central Publishing, 2019
389 págs.

La psiquiatría en tela de juicio

El experimento de Rosenhan

David Rosenhan (1929-2012), profesor de psicología de la Universidad Stanford, que revolucionó el sistema psiquiátrico estadounidense con un solo trabajo, fue un embaucador, así resume Susannah Cahalan su obra y talante en *The New York Times*. La

explicación, vivaz y pormenorizada, la detalla en un libro trepidante (se le ha comparado a un *thriller*) de título *The great pretender*. La autora, periodista laureada, nos descubre los entresijos de un experimento que, realizado hace 50 años, transformó el curso de la medicina moderna.

Durante siglos, los médicos habían venido pugnando por develar el misterio de los trastornos mentales, su diagnóstico, su terapia, el desentrañamiento de su naturaleza, empezando por el mismo Hipócrates y su interpretación del mal sagrado y la relación con el estado de normalidad. La historia de la medicina psiquiátrica es el relato de la búsqueda de una razón de la sinrazón, del desequilibrio mental, amasada con páginas de especial crueldad y abandono de los llamados inocentes y sus lazaretos. Instituciones religiosas primero, y civiles luego, se sucedieron para paliar un problema que se resistía a la ciencia. Se ignoraba, sin embargo, que el fallo se escondía en el método. En la acotación del trastorno.

Así fue hasta finales de los años sesenta y primeros setenta de la centuria pasada, cuando Rosenhan y otras siete personas —sanas, lúcidas y plenamente integradas en la sociedad— se introdujeron en frenopáticos norteamericanos para calibrar la legitimidad de las prácticas en esos centros realizadas en nombre de la psiquiatría. Obligados a permanecer en su recinto hasta que se demostrara «su curación», los ocho protagonistas fueron dados de alta con unos diagnósticos alarmantes y una experiencia personal espeluznante. El ensayo sacudió los cimientos del sistema psiquiátrico, clausurando instituciones y cambiando el diagnóstico clínico para siempre [véase «Contra la psiquiatría», por Theodor Schaarschmidt; MENTE Y CEREBRO, n.º 91, 2018].

Publicado en 1973 en la revista *Science* con el título «On being sane in insane places», el estudio ponía en cuestión la validez del diagnóstico psiquiátrico. Robert Spitzer y otros cuestionaron, a su vez, la validez del trabajo, aunque concedían que la consistencia del diagnóstico psiquiátrico necesitaba ser reformado. Con los años aparecieron otras aproximaciones, que por lo común ratificaban las conclusiones de Rosenhan y evidenciaban la arbitrariedad de los diagnósticos psiquiátricos y la tendencia injustificada a prescribir.

Rosenhan diseñó su experimento con una finalidad clara: determinar si podía diagnosticarse una enfermedad mental con certeza absoluta. Era manifiesto que los criterios empleados por la psiquiatría de su tiempo no se basaba en datos científicos concluyentes. El primer acierto de Rosenhan fue pergeñar un experimento sencillo y de una eficacia extraordinaria. Reunió a un grupo de ocho personas: tres psicólogos, un pediatra, un psiquiatra, un pintor, un ama de casa y él mismo. Debían atenerse a un protocolo riguroso, cuyo primer paso era solicitar una plaza en un hospital psiquiátrico alegando que sufrían alucinaciones acústicas. Como cabe suponer, ninguno de ellos padecía ese trastorno, ni ninguna otra patología mental. Todos estaban cabalmente sanos. Se escogieron atendiendo a varios criterios (nivel de educación, edad y profesión). Y todos seguirían escrupulosamente el plan preparado por Rosenhan.

Llegado el día de la cita, se sometían al diagnóstico de los psiquiatras del centro. El grupo recorrió en total 12 instituciones psiquiátricas, desde frenopáticos comarciales hasta un hospital universitario, pues interesaba también valorar la calidad de la institución. En cada caso, los pseudopacientes cambiaban nombre y profesión y alegaban alucinaciones acústicas. También las alucinaciones fueron objeto de selección. Rosenhan escogió el trío de términos *empty*, *hollow* y *thud*, que, en inglés, suena como signos de una crisis existencial (del tipo «mi vida está vacía y hueca»).

En el ingreso, siete de los pseudopacientes recibieron el diagnóstico de esquizofrenia. Al octavo se le atribuyó una psicosis maníaco-depresiva. Una vez internados, comenzaron a actuar como personas normales y decla-

raron a los médicos y al equipo directivo que se encontraban bien y habían dejado de oír las voces inquietantes. En doblegar a la gerencia del hospital tardaron un promedio de 19 días, con un mínimo de una semana y un máximo de 52 días. Renuentes a darles finalmente el alta, los responsables de los centros les diagnosticaron, para salir, «pacientes de esquizofrenia en remisión». No se les consideraba sanos, sino una mejoría. Un comportamiento que le permitió a Rosenhan hurgar en la herida: el paciente de una enfermedad orgánica puede curarse, el que sufre una enfermedad mental (alucinaciones acústicas) seguirá enfermo toda la vida de acuerdo con la psiquiatría de su tiempo.

Tan profundo era el dardo, que la reacción de los profesionales no podía tardar. Muchos psiquiatras replicaron que nunca habrían caído en la trampa y que ellos distinguirían sin dudar entre farsantes y enfermos genuinos. Y hasta se le retó. Cierto hospital le propuso un desafío. Invitaba a Rosenhan a que le enviara pseudopacientes sin previo aviso, que en seguida distinguiría al impostor. Aceptado el envite, pasados tres meses la administración del hospital sospechó de 41 de los 193 nuevos ingresados para concluir que 19 se hallaban en cabal normalidad. El golpe de Rosenhan alcanzó el clímax de la teatralidad para descrédito de la psiquiatría: no les había enviado ningún paciente.

Estaba más que probado, concluyó, que la psiquiatría no puede discriminar entre persona «normal» y persona con trastornos mentales. No hay diagnóstico fiable. Para sorpresa del experimentador, quienes sí sabían discernir eran los propios enfermos reales. Una treinta larga, entre casi dos centenares de internos, sospechó de los pseudopacientes, suspicacia que expresaron de forma gráfica e inteligente: «Usted no está enfermo; usted debe ser periodista o profesor». En cambio, médicos y responsables, que observarían el comportamiento normal de los pseudopacientes, se obstinaban en sus supuestos fundamentos científicos y siguieron empeñados en considerarlos enfermos. Obcecación que se plasmaría en la interpretación de algunos hechos. Rosenhan había indicado a los pseudopacientes que tomaran nota de sus experiencias. Según uno de ellos, una enfermera anotó: «El paciente se compromete en el comportamiento de escribir». Una interpretación que aplicaba la doctrina psiquiátrica oficial: puesto que la persona está en el hospital, debe estar psicológicamente perturbada. Y considerando que está perturbada, su impulso de escritura debe ser una manifestación conductual de ese trastorno, quizás un subconjunto de conductas compulsivas que guardan a veces correlación con la esquizofrenia.

No parece, sin embargo, que el experimento de Rosenhan estuviera exento de sesgos y arbitrariedades. Cahalan lo coloca ante el espejo de sus propias contradicciones.

—Luis Alonso