

**ON THE WING
INSECTS, PTEROSAURS, BIRDS, BATS
AND THE EVOLUTION OF ANIMAL FLIGHT**

David E. Alexander
Oxford University Press, 2015

Alas

Adquisición del vuelo en el mundo animal

Las alas tienen interés ecológico. El éxito de la chicharrita parda (*Nilaparvata lugens*), plaga de los arrozales, depende de su capacidad para desarrollarse en dos formas diferentes en respuesta a claves ambientales. La chicharrita de alas largas huye de entornos hostiles en busca de alimentación; la de alas cortas, perdida su capacidad de volar, se refugia en una elevada tasa de reproducción. Que desarrollen un tipo u otro de alas depende de dos receptores de insulina.

Las alas, y en particular su mimetismo, se presentaron también como la prueba más hermosa de la teoría de la selección natural. Así lo declaró el descubridor del fenómeno, Walter Bates, y como tal fue recibida por el propio Charles Darwin y sus primeros seguidores.

De los aeroplanos a las aves, el vuelo ha despertado la admiración del ser humano, interés que ha experimentado un especial renacimiento en el curso de los últimos diez años. Alexander ha ahondado en su evolución en cada uno de los cuatro grupos animales —los cuatro grandes— que adquirieron dicha capacidad: insectos, pterosaurios, aves y murciélagos. Se trata de la primera obra que ofrece una visión de conjunto; con un estilo llano y riguroso, resalta el nexo entre un tisanóptero diminuto y el poderoso albatros, profundiza en el registro fósil y criba la teoría del origen de las alas. A propósito de estas, se pregunta si las aves volaron desde la copa de los árboles al suelo o si se alzaron en rápida carrera. Aborda las anomalías del mundo de los seres voladores, desde el aleteo frenético del colibrí hasta el planeo de las ardillas. Para la exposición científica se apoya en modelos biomecánicos recientes conjugados con enfoques anatómicos, ecológicos

y filogenéticos tradicionales. Conocer de qué modo afecta el tamaño a la fisiología y aerodinámica de los voladores modernos nos permite comprender el vuelo de animales antiguos.

La capacidad de vuelo se adquirió, de forma independiente, en cuatro ocasiones, las correspondientes a cada uno de los cuatro grandes grupos. Con ese fin, la selección natural debió de actuar sobre alguna estructura que tendría al menos propiedades ligeramente alares, quizás una superficie más extensa que se prolongara a ambos lados del cuerpo. Las aves emplearon brazos y plumas modificadas; los murciélagos, los huesos de manos y dedos; las alas de los pterosaurios estaban asentadas sobre dedos enormes con membranas rígidas; las de los insectos, en cambio, no son extremidades modificadas.

Abundan los insectos fósiles. Hace 300 millones de años había insectos bastante mayores que los actuales; se han hallado efímeras fósiles que desplegaban una envergadura alar de 45 centímetros. El mayor insecto conocido era un odonatóptero cuya envergadura alar era de 66-70 centímetros. No obstante, los insectos alados fósiles irrumpen con tal brusquedad que no ayudan a comprender el origen del vuelo. Los neópteros han adquirido una bisagra alar que les permite plegar las alas. Ciertos grupos perdieron más tarde la capacidad de volar y algunos redujeron los dos pares originales de alas a uno. A dos se reducen las teorías prevalentes sobre su origen anatómico: derivan de las branquias larvarias o proceden de lóbulos parantales, placas llanas que se extienden desde la parte anterior del tórax. Los precursores directos de los insectos voladores serían

organismos parecidos a lepismas, de un centímetro de longitud o mayores. Se alimentarían de la parte superior de los tallos de las plantas y saltarían al suelo para huir de los depredadores o acelerar su huida. Poseerían probablemente una buena vista y capacidad para orientarse durante el salto o la caída [véase «El vuelo de los insectos», por Michael Dickinson; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, agosto de 2001, y «Los insectos: un éxito de la evolución», por André Nel; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, febrero de 2003].

En torno al origen del vuelo de las aves, el debate se polariza entre quienes sostienen la teoría arbórea, o planeo desde la copa, y los partidarios de la teoría corredora, de ascensión tras la carrera. No parece un paso fácil, de acuerdo con los principios de la biomecánica, remontar el vuelo batiendo las alas para superar una pendiente. Una evolución a partir del planeo de los dinosaurios maniraptoros sería una hipótesis menos compleja. El arquetipo fósil de la protoave voladora sería *Archaeopteryx*. Al cumplirse el sesquicentenario del descubrimiento en Baviera de ese fósil con plumas, el equipo dirigido por Xing Shu desenterró el terópodo *Xiaotingia zhengi*, que ha obligado a replantearse el origen de las aves, las cuales serían dinosaurios con adaptaciones fisiológicas para el vuelo. Si los primeros pterosaurios caminaron a cuatro patas y no fueron corredores bípedos, no sería verosímil un origen del vuelo desde el suelo. El precursor arbóreo entraña conexiones con la percepción, modificaciones del sistema nervioso y diversidad estructural [véase «El origen de las aves y su vuelo», por Kevin Padian y Luis M. Chiappe; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, abril de 1998, y «El origen de las aves modernas», por Gareth Dyke; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA; septiembre de 2010].

Menos duda cabe de que los murciélagos evolucionaron a partir de antepasados arbóreos planeadores. La genética ha resuelto la polémica en torno a una posible adquisición del vuelo por los micromurciélagos distinta de la seguida por los megamurciélagos: hubo un solo origen. Se presume que el vuelo y la ecolocación, unidos por la nocturnidad y por una vinculación física literal entre el aleteo y la producción de la llamada (que requiere una notable fuerza muscular), evolucionarían a la par [véase «Origen y evolución de los murciélagos», por Nancy B. Simmons; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA,

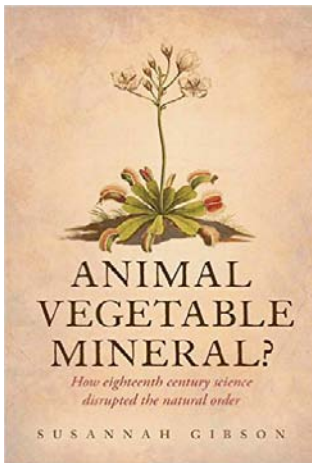
marzo de 2009]. Algunas aves e insectos han perdido su capacidad de vuelo, pero no ocurrió así con los murciélagos o los pterosaurios. En estos dos últimos grupos, debido al uso de sus extremidades en el vuelo. Las aves han perdido su capacidad de vuelo en las islas; los insectos, al convertirse en ectoparásitos o en entornos insólitos.

Otros animales llevaron el planeo muy lejos. Pensemos en las ardillas y los peces voladores. Otros excelentes planeadores

son las ranas voladoras, de dedos largos y unidos por una membrana interdígital que les permite planear entre ramas. Existen también lagartos dragón cuyos pliegues móviles se extienden a modo de alas para planear de un árbol a otro. Quizá los animales más fascinantes de todos sean las serpientes planeadoras, que saltan desde la rama donde estén, aplanan su cuerpo y vuelan planeando, en forma de ese, de árbol en árbol o hacia el suelo, con un ángulo de 30 grados.

Todo indica que, con excepción del pterosaurio, la capacidad de volar pudiera resultar clave para el predominio de insectos, aves y murciélagos en el reino animal. Hay más especies de insectos que del resto de los animales considerados en conjunto, y un 98 por ciento de ellos poseen alas. De los cuatro grupos, los tres que siguen medrando constituyen ejemplos de particular éxito. Ahí radica el interés del estudio del vuelo.

—Luis Alonso



**ANIMAL, VEGETABLE, MINERAL?
HOW EIGHTEENTH-CENTURY SCIENCE
DISRUPTED THE NATURAL ORDER**

Susannah Gibson
Oxford University Press, 2015

Historia natural

Drástica renovación en el Siglo de las Luces

A finales del siglo XVIII, la vieja doctrina aristotélica sobre la división del mundo natural en tres reinos estancos e infranqueables (mineral, vegetal y animal), que perduró a lo largo de más de dos milenios, había quedado desautorizada. Nuevas ideas que definían a los animales por su mecánica o su química merecían mayor respetabilidad; conceptos que se consolidaron a lo largo del siglo XIX, sistematizados en el marco de nuevas disciplinas (teoría celular, fisiología, embriología, bioquímica, microbiología y teoría evolutiva), y con sus métodos e instrumentos respectivos, transformaron de raíz la consideración del organismo y el parentesco entre especies. E incluso las previsiones de futuro. En una carta a Thomas H. Huxley fechada el 26 de septiembre de 1857, Charles Darwin imaginaba un tiempo que describía así: «Aunque yo no viviré para verlo, tendremos árboles genealógicos de cada uno de los grandes reinos de la naturaleza».

Las características distintivas del organismo animal y vegetal habían sido debatidas a lo largo de los siglos. En su

Historia de los animales, Aristóteles establece los cuatro criterios que definen a un animal: nutrición, reproducción, sensación y fisiología. El animal necesitaba un aparato digestivo y un sistema reproductor, experimentar sensaciones y contar con sangre y vasos. El estagirita escribió además un tratado *Sobre el movimiento de los animales*, propiedad arquetípica de estos seres. No era necesario que los cinco factores se dieran simultáneamente; a menudo bastaba con la presencia de uno o dos para incluir a un individuo en el reino animal.

Durante la Ilustración, los imperios europeos se hallaban en expansión y miles de nuevas especies fueron conocidas por la ciencia occidental. A medida que los naturalistas estudiaban nuevas especies procedentes de los cuatro puntos cardinales, se fueron percatando de que no todas encajaban con facilidad en las categorías aceptadas. Para ahondar en su conocimiento, se llevaron a cabo experimentos sobre corales, esponjas, venus atrapamoscas, estrellas o erizos de mar. Muchos naturalistas los consi-

deraban mezcla de animal y planta, para otros eran vegetales con rasgos animales, y otros los calificaron como plantas que a veces se comportaban como animales. Los zoófitos planteaban un reto para demarcar una definición tajante de animal y de planta, así como para la relación consiguiente entre ambos reinos. Hasta el siglo XVIII, y pese al interés de Aristóteles y otros naturalistas clásicos y modernos, los zoófitos no pasaron de representar un apéndice irrelevante.

El asunto cambió a raíz de los descubrimientos de Abraham Trembley (1710-1784), quien se aprestó a encontrar la identidad de los zoófitos. Tras la poda, las plantas se regeneraban, no así los animales; por tanto, los pólipos amputados y regenerados se comportaban a ese respecto como plantas. Otras propiedades, sin embargo, los incardinaban en el reino animal; en particular, el movimiento de los tentáculos. También su sensibilidad al tacto y su nutrición, aspecto este último que ya había sido subrayado por Hermann Boerhaave. Las fronteras parecían borrosas. Pero la confusión no solo se debió a los zoófitos: merced al microscopio, se había descubierto en el siglo XVII la presencia de seres minúsculos en el interior de vegetales y animales. Con todo, hubo que esperar hasta el siglo XIX para descubrir el núcleo celular y armar una teoría de la célula.

En uno de los experimentos más singulares para investigar la generación espontánea, Lazzaro Spallanzani (1729-1799) creó una suerte de calzas para ranas y demostró que macho y hembra participaban en la reproducción. Antes de esa observación, se debatía la función real del semen del macho, y muchos opinaban que solo la hembra era imprescindible para la concepción. Esos y otros experimentos arruinaron muchas teorías predominan-

tes en el siglo XVIII sobre la reproducción, incluida la teoría de la preformación. Esta establecía que las personas, los animales y las plantas existentes y por existir habían sido creados por Dios en el comienzo del mundo, para luego desplazarse en una serie ordenada y anidada en el progenitor.

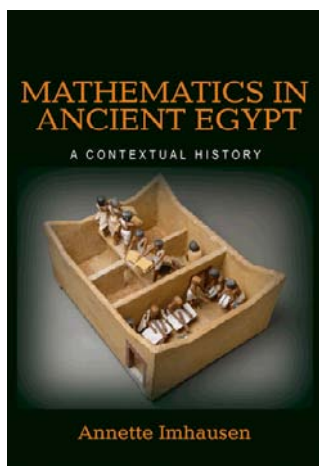
No dejaban de desenterrarse fósiles, supuestos caprichos de la naturaleza que podían adquirir cualquier forma. Y también se consideraron otras curiosidades: plantas que sienten e incluso que piensan, plantas carnívoras y plantas irritables. La venus atrapamoscas fue observada

por los europeos a mediados de los años 1760; criada en sus jardines, las alimentaban con moscas para estudiar su funcionamiento. Sobre todo gracias a Carlos Linneo, se investigó también la reproducción sexual de los vegetales.

España, según la tesis canónica, perdía pujanza en su rivalidad con Inglaterra y Francia. Pero si atendiéramos a las imágenes botánicas aparecidas entre 1759 y 1808, no deberíamos hablar de declive. Con la entronización de Carlos III se produjeron unas 60 expediciones científicas. El estudio de la naturaleza se convirtió

en una herramienta de competición entre las potencias coloniales del mundo atlántico. La Corona fue el catalizador de las exploraciones y del descubrimiento de nuevas fuentes de ingreso para las arcas del Estado. Si hasta entonces la riqueza se había asentado en el beneficio de los minerales, en el siglo XVIII se cambió el foco de atención: las riquezas vegetales de la América española superaban a las minerales, con la ventaja añadida de que podían propagarse y multiplicarse *ad infinitum* una vez aclimatadas.

—Luis Alonso



**MATHEMATICS IN ANCIENT EGYPT
A CONTEXTUAL HISTORY**

Annette Imhausen
Princeton University Press, 2016

Matemática egipcia

Momentos cumbre

Desde hace más de dos siglos, Egipto viene ejerciendo una poderosa fascinación sobre el mundo de las artes y las letras. Menos conocida es la pasión que despierta entre los científicos, por ejemplo, el estudio de las momias y su interés en genética humana. Hace un año, el equipo dirigido por Frank Rühli, de la Universidad de Zúrich, se anotaba un éxito importante al corroborar la sospechada endogamia de los faraones.

Egipto y Mesopotamia fueron las culturas iniciadoras de refinados sistemas matemáticos. La aritmética mesopotámica se basaba en el sistema numérico sexagesimal. El egipcio constituía un sistema decimal sin notación posicional, que utilizaba símbolos propios para cada potencia de 10. Las primeras publicaciones sobre la matemática del Egipto faraónico surgieron en la segunda mitad del siglo XIX, a raíz de la adquisición por el Museo Británico del papiro de Rhind y su posterior estudio. Tras la publicación en 1877 del papiro de Rhind (tuvo otras dos

ediciones, en 1923 y 1927), se editaron en 1898 importantes textos matemáticos de los papiros de Lahun; en 1900 y 1902, fragmentos del papiro de Berlín 6619; y, en 1930, el papiro de Moscú. Debemos a Otto Neugebauer y Kurt Vogel monografías notables sobre el cálculo de fracciones egipcio. Han despertado también el interés de los matemáticos el cálculo del área del círculo, el del volumen de una pirámide truncada y el método de solución de un grupo de problemas (similar a nuestras ecuaciones algebraicas).

Basándose en textos, proyectos y dibujos de arquitectura, documentos administrativos y otras fuentes, Imhausen pasa revista a tres mil años de historia egipcia y ofrece un cuadro integrado de la matemática teórica y de su aplicación a la vida diaria. El libro se escalona en períodos sucesivos: prehistórico y protodinástico, Reino Antiguo, Reino Medio, Reino Nuevo y período greco-romano.

El período prehistórico y protodinástico abarca el tiempo de transición

desde una sociedad disgregada en múltiples asentamientos hacia un estado unificado, con un gobierno central y bajo la administración de un rey. Sus sedes principales estuvieron en Maadi y Buto, en el Bajo Egipto, y en Badari y Naqada, en el Alto Egipto. La cultura meridional dominó sobre la septentrional y encabezó la unificación del nuevo Estado; las primeras fuentes escritas surgieron en ese tiempo. Las pruebas de la invención de la escritura —y de la notación numérica— se vinculan a Abydos y a su cementerio de Umm al-Qaab, unos 500 kilómetros al sur de El Cairo. Entre las tumbas de las élites predinásticas, la tumba U-j (asignada al rey Escorpión, en torno al 3200 a.C.) ocupa un lugar significativo: en su interior se descubrió la prueba más antigua de escritura jeroglífica [véase «El nacimiento de la escritura en Egipto», por Gwenola Graff; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo de 2014]. Se utilizaron marcas simbólicas y sellos reales para identificar bienes y, con ello, agilizar la administración. La utilidad de un sistema numérico en ese contexto era obvia.

Durante el Reino Antiguo (entre 2686 y 2160 a.C.), Egipto disfrutó de su primera época de esplendor. Arte, arquitectura y creación literaria brillaron apuntaladas por la estabilidad económica y política. Destaca de ese tiempo la imponente pirámide del rey Djoser (2667-2648 a.C.). No han sobrevivido textos. La metrología facilitaba el control cuantitativo de los recursos. Algunas unidades de medida permanecieron a lo largo de toda la historia de Egipto, otras cambiaron o desaparecieron. Las había vinculadas a un tipo específico de objetos, lo que suponía, por ejemplo, la existencia de

diversas medidas de volumen según el contenido fuera grano, líquido o material de construcción. En el Reino Antiguo, la unidad de longitud básica era el codo, que venía a valer unos 52,5 centímetros; la unidad de capacidad, *hq3.t*, equivalía a unos 4,8 litros; y la de peso, *dbn*, equivalía a unos 13,6 gramos.

Hasta el Reino Medio (2055-1650 a.C.) no aparecen textos matemáticos, y aun entonces no llegan a la decena. Carecemos de información escrita sobre cómo llevaban a cabo las operaciones de adición y sustracción; las multiplicaciones y divisiones se disponían en dos columnas. Recurrían a varias técnicas para multiplicar y dividir. Si intervenían fracciones, el cálculo se hacía más complicado, precisando a menudo el uso de tablas, algunas de las cuales se han conservado. El papiro de Rhind consta de dos piezas, contiene 64 problemas y varias tablas. Merecen reseñarse también los fragmentos matemáticos de Lahun, el papiro matemático de Berlín, las tablillas de El Cairo, el Rollo de Cuero Matemático y el papiro matemático de Moscú. Este último contiene 38 columnas de texto y nueve pequeños fragmentos, presenta 25 problemas e incluye los dos problemas más intrigantes de la matemática egipcia: el cálculo del volumen de una pirámide truncada y lo que parece ser el cálculo de la superficie de una semiesfera o de la superficie de un semicilindro.

Del Reino Nuevo (1550-1069) no han sobrevivido apenas textos matemáticos, pese a que la mayoría de los faraones famosos gobernaron durante ese intervalo. Las inscripciones monumentales, en cambio, permiten pintar un cuadro bastante preciso de la situación. Con la expansión del uso de los *óstraka* como soporte económico de escritura, descubrimos el día a día de la población. El país, unido, alcanza su tercera época de esplendor cultural, merced sobre todo al impulso dado por Akhenatón, promotor del culto al dios Atón y que trasladó la capitalidad de Tebas a Tel el-Amarna. Pero, salvo dos *óstraka* fragmentarios, no nos han llegado textos matemáticos.

Pervive, en cambio, una importante remesa de textos matemáticos del período greco-romano (332 a.C-395 d.C). Por la lengua empleada se conocen como textos matemáticos demóticos, y constituyen los textos matemáticos finales disponibles del Egipto clásico. El papiro de El Cairo, el más extenso, consta de 11 piezas y contiene 40 problemas. Le sigue en extensión

el papiro BM 10399, cuya parte publicada contiene 12 problemas, cuatro de ellos relativos al volumen de una estructura en forma de cono y seis a la resolución de fracciones.

De las cuestiones pasadas por alto en el libro de Imhausen, algunas parecen apremiantes: por ejemplo, si el comer-

cio egipcio ejerció alguna influencia en el desarrollo de la matemática; cuál es la geometría que se esconde tras sus diques y canales; y la posibilidad de que los antiguos egipcios usasen de técnicas de «cálculo de sombras» en astronomía y agrimensura.

—Luis Alonso

NOVEDADES



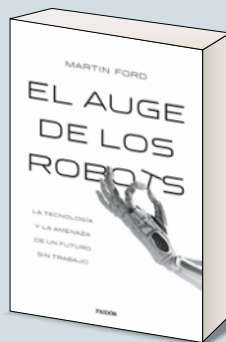
SOÑADORES CUATRO GENIOS QUE CAMBIARON LA HISTORIA

Cédric Villani y Edmond Baudoin
Astiberri, 2016
ISBN: 978-84-16251-58-2
192 págs. (19 €)



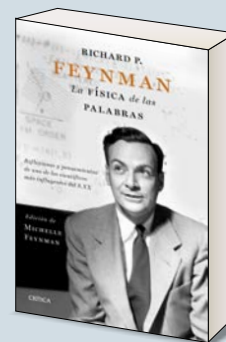
LA SAVIESA COMBINADA REFLEXIONS SOBRE ECOLOGIA I ALTRES CIÈNCIES

Joandomènec Ros
Edicions Universitat de Barcelona, 2016
ISBN: 978-84-475-3933-8
312 págs. (24 €)



EL AUGE DE LOS ROBOTS LA TECNOLOGÍA Y LA AMENAZA DE UN FUTURO SIN EMPLEO

Martin Ford
Paidós, 2016
ISBN 978-84-493-3230-2
304 págs. (21 €)



RICHARD P. FEYNMAN: LA FÍSICA DE LAS PALABRAS REFLEXIONES Y PENSAMIENTOS DE UNO DE LOS CIENTÍFICOS MÁS INFLUYENTES DEL S. XX

Dirigido por Michelle Feynman
Crítica, 2016
ISBN: 978-84-9892-968-3
408 págs. (21,90 €)