

Adrian Desmond

LOS
DINOSAURIOS
DE SANGRE
CALIENTE



se

El paleontólogo británico Adrian Desmond presenta en esta obra una profusa recopilación de los argumentos en favor de que los dinosaurios eran de sangre caliente y, al mismo tiempo, recrea de forma amena la aventura vital de la especie que domino la Tierra durante más de 140 millones de años. Después de leer este libro, que Isaac Asimov consideraba como el mejor que se ha escrito sobre este tema, se entiende por qué los científicos consideran ahora a los dinosaurios como animales activos, inteligentes, especializados y con estructuras sociales desarrolladas, más cercanos a los mamíferos y las aves que a los reptiles y lagartos.



Adrian Desmond

Los dinosaurios de sangre caliente

ePub r1.0
Readman 07.05.15

Título original: *The Hot-Blooded Dinosaurs*

Adrian Desmond, 1976

Traducción: Rosana Tulla Attman

Dirección científica: Jaume josa Llorca

Autores de la biografía y la presentación: Pilar Zueras y Néstor Navarrete

Diseño de cubierta: Readman

Editor digital: Readman

ePub base r1.2



Los dinosaurios de sangre caliente

Aun cuando los primeros restos fósiles de dinosaurios se descubrieron en el siglo XVIII, pasaron casi cien años antes de que los paleontólogos tuvieran una idea aproximada de la clase de animales a que pertenecían tan colosales restos. A medida que el monumental rompecabezas empezaba a tomar forma, surgían nuevos interrogantes cuyas respuestas provisionales chocaban unas veces contra las ideas de la ciencia establecida y otras contra las nuevas teorías científicas que se abrían paso con fuerza, como el evolucionismo darwinista. Ya desde un principio quedó claro que se habían requerido dilatadísimos períodos de tiempo para que los dinosaurios se desarrollaran y extinguieran sin que el hombre hubiera tenido posibilidad alguna de conocerlos directamente. Por otra parte, el enorme tamaño de muchas especies y su súbita desaparición sin dejar aparentemente continuadores planteaban serios problemas desde el punto de vista de la evolución. La acumulación de hallazgos, las sucesivas mejoras en los sistemas de datación de los yacimientos en los que se encontraban los fósiles y el espectacular avance de la Anatomía comparada hicieron posible que hacia finales del siglo XIX ya se pudieran hacer reconstrucciones aceptables y se tuviera una idea de la enorme antigüedad de los restos, así como de su parentesco con los reptiles modernos.

Esta última cuestión, que se tuvo como irrefutable durante varias décadas, presentaba, por cierto, no pocos problemas a los investigadores más rigurosos. Los reptiles son animales de metabolismo exotérmico, es decir, dependen del calor externo para calentar su propio cuerpo, por lo que habitan generalmente en las zonas tropicales o templadas del planeta y no pueden exceder cierta masa corporal, que se considera crítica. ¿Cómo se las arreglaban, pues, ciertas especies de dinosaurios, que sobrepasaban las diez, veinte y hasta treinta toneladas, para calentar al sol una masa tan enorme?

Las medias verdades

De haber llevado una existencia semejante a la de los reptiles, los grandes dinosaurios no solamente habrían tenido que habitar exclusivamente en las partes más tórridas del planeta, sino que, aun en ese caso, les habría sido necesario pasar más del 90% de su tiempo reposando al sol con el fin de adquirir la energía que les era imprescindible; cualquier esfuerzo violento y continuado les habría quedado vedado por carecer de la suficiente energía para realizarlo, y muchas especies habrían tenido que habitar en zonas cálidas y pantanosas, las

únicas capaces de producir nutrientes en la cantidad suficiente para ellas. Sin embargo,

muchos hechos no concordaban con este esquema: se encontraron fósiles de grandes dinosaurios en lugares del planeta que tenían clima frío en la época en que aquéllos las habitaron, y la realización de avanzados estudios anatómicos vino a demostrar que muchos dinosaurios eran animales veloces y ágiles, con grados de actividad impensables en un reptil.

La respuesta

Adrián Desmond recoge las dudas manifestadas por diferentes investigadores a lo largo del tiempo en lo que concierne a la fisiología de los dinosaurios para construir una hipótesis rigurosa, y a un tiempo extraordinariamente amena: la de que los dinosaurios tuvieron que ser, necesariamente, animales de metabolismo endotérmico —de sangre caliente—, más cercanos a las aves y a los mamíferos que a los reptiles y lagartos. A partir de la década de los sesenta, el número de paleontólogos que defendía la hipótesis de los dinosaurios de sangre caliente se fue haciendo cada vez mayor y las pruebas acumuladas en su favor aumentaron hasta hacerse prácticamente irrefutables veinte años después. Hoy en día, a pesar de que las ideas populares sobre estos extraordinarios seres no se han desprendido aún de conceptos ya anticuados, son muchos los expertos que están de acuerdo en considerar a los dinosaurios como animales de sangre caliente, con especialidades complejas y con niveles avanzados de organización social.

El largo adiós

Si la vida de los dinosaurios se ha prestado a inacabables interpretaciones y controversias, las hipótesis sobre su desaparición no han sido menos polémicas. Adrian Desmond recoge algunas de ellas, como por ejemplo la que sostiene que la extinción de los dinosaurios fue producto de un envejecimiento genético. Otra explicación, mucho más pintoresca, se apoya en una pretendida «agresión química» originada tras la ingestión de alcaloides tóxicos aparecidos en las primeras plantas con flores, y todavía hay especialistas que mantienen la teoría catastrofista, basada en un supuesto cataclismo de proporciones cósmicas. Aunque resulta mucho más plausible la hipótesis que contempla como gradual la extinción de esos animales fabulosos que se enseñorearon de la Tierra en el Jurásico.

Otros libros de la colección relacionados con el tema

El enigma de los dinosaurios de John N. Wilford

Fósiles y hombre de Eric Buffetaut

Adrian Desmond

1947 - Nace el 6 de octubre en Guilford, en el condado británico de Surrey.

1969 - Se gradúa en Ciencia y Tecnología por el Chelsea College de la Universidad de Londres.

1971 - Cursa estudios sobre Historia y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Londres.

1973 - Se especializa en Paleontología de los vertebrados por la Universidad de Londres y realiza estudios complementarios en la norteamericana Universidad de Harvard.

1974 - En *Natural History*, publica «Central Park's fragile dinosaurs»; se trata de un trabajo en el que el autor, combinando de modo característico el rigor de la investigación histórica con la amenidad literaria, reconstruye el insólito proyecto de fundación de un museo paleontológico en el gran parque neoyorquino, acometido en el pasado siglo; el museo debía albergar fantásticas reproducciones de dinosaurios, pero éstas fueron demolidas a martillazos en un acto de caciquismo municipal.

1975 - Publica en *The Times* el artículo titulado «The puzzle over the pterosaur: how did the world's biggest bird (!) ever manage to fly?».

1976 - Publica *The hot-blooded dinosaurs: A revolution in Paleontology*, obra traducida a numerosos idiomas y que no tarda en convertirse en un bestseller mundial de la literatura de divulgación científica.

1979 - En *Ape's reflexion*, trata de los experimentos efectuados en torno al lenguaje de los signos que emplean los chimpancés.

1982 - En el marco de sus investigaciones sobre la historia de la ciencia, publica *Archetypes and ancestors*, un estudio sobre la situación de la Paleontología en el Londres Victoriano.

1989 - Publica *The politics of evolution*, una aproximación a las ideas del evolucionismo predarwiniano.

1991 - En colaboración con James R. Moore, publica *Darwin*.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar las gracias a John H. Ostrom que leyó el manuscrito completo y añadió numerosos comentarios y críticas valiosas. Frances Musset corrigió los capítulos 4 y 7, y R. B. Freeman y Dale A. Rissell, revisaron los capítulos 1 y 8 respectivamente. Las siguientes personas también contribuyeron a la creación de esta obra ya sea por la vía de la conversión o por la de la correspondencia: Donald Baird, Heinrich K. Erben, Kenneth A. Sellers y Tony Swian. Barbara Desmond y J. A. Cowie leyeron algunos capítulos. Es un placer para mí darle las gracias a Pamela Gilí que no solamente revisó los numerosos borradores del manuscrito sino que también contribuyó de manera inmensurable al texto con ideas y sugerencias.

Jack Saxon, Leo Desmond y Geraldine Stanley ayudaron con las traducciones al ruso, italiano y alemán. Jessica Gwynne fue la responsable de las restauraciones del pteranodón y Keith Penny hizo las fotografías de las reconstrucciones del Crystal Palace. Eva Crawley fotografió las ilustraciones de los textos.

La investigación se efectuó en la biblioteca de ciencias naturales D. M. S. Watson del University College de Londres usando las extensas colecciones de reimpresión de los difuntos D. M. S. Watson y Arthur Smith Woodward. Se reunió material adicional en las bibliotecas del British Museum (historia natural), Senate House (Universidad de Londres) y del Museo de Zoología Comparada de la Harvard University. Le estoy muy agradecido a los bibliotecarios del University College de Londres por tolerar mis incesantes peticiones. Doy las gracias a Anthony Blond y Desmond Briggs y a James O'Shea Wade por infundirme constantemente ánimo. Finalmente quisiera expresar mi gratitud a Everett Mendelson, Stephen Jay Gould y a la Facultad del Departamento de Historia de la Ciencia, Harvard University, por concederme un período de excedencia en 1974-75, durante el cual concebí y escribí gran parte de este libro.

I. LA CUMBRE DE LA CREACIÓN

En el tercer año de la República Francesa, el general Pichegru se hallaba serenamente cerca de las puertas de Maastricht, preparado para sitiarla. El ejército revolucionario, en su marcha hacia el norte para liberar a Holanda en 1795, fue frenado por la fortaleza situada en la colina de San Pedro cerca de la pequeña ciudad holandesa. Próximo a la plaza fuerte se hallaba un pequeño castillo, la residencia de un eclesiástico local, el canónigo Godin, y como tal era un objetivo digno de las hostilidades republicanas. La artillería francesa bombardeó la guarnición pero curiosamente dejó intacta la residencia. El edificio también era el santuario donde se guardaba una inapreciable reliquia y las órdenes de Pichegru eran de preservarla a toda costa. Después de la capitulación, el general ordenó a sus tropas que registraran la casa y se apoderaran de la reliquia para la República. Sin embargo, llegó tarde ya que durante la noche de la batalla el astuto canónigo se había llevado esta valiosa antigüedad a la seguridad de la ciudad.

El tesoro que detuvo el avance de los franceses era una pareja de maxilares fosilizados de aspecto impresionante que constituían los restos de una bestia enorme que había cazado en el mundo preadánico. Las noticias del cráneo, con colmillos como dagas en sus maxilares de doce metros de longitud, se habían difundido rápidamente por toda Europa, alcanzando el fósil cierta notoriedad por las extraordinarias controversias que lo rodeaban allá donde fuera. Nadie era capaz de afirmar con certeza de qué tipo de monstruo antediluviano se trataba. La aparición de la criatura había estado precedida por una amarga disputa y una costosa querrela legal para determinar al legítimo propietario. Por lo tanto no era ninguna sorpresa que su presencia le fuera conocida al general francés. La importancia del cráneo fosilizado, sin embargo, no residía en su dramática entrada en una Europa revolucionaria sino en la profunda influencia que ejerció sobre los paleontólogos durante el siguiente medio siglo. También ayudaría a efectuar una revolución en el pensamiento del hombre acerca de la vida primitiva de su planeta: haría verosímil la idea de la extinción. Por otro lado, durante muchas décadas llevaría a conclusiones erróneas a los científicos que intentaban comprender la naturaleza de los enormes saurios que vivieron en la época mesozoica.

Durante el siglo XVIII, las canteras calizas de Maastricht fueron famosas por su riqueza en conchas fósiles, particularmente en curiosidades tales como amonitas, belemnitas y erizos de mar fosilizados. La colina de San Pedro era una zona de prospección especialmente rica; se habían labrado una serie de canteras calizas directamente en el corazón de la montaña y posteriormente ampliado creando vastas galerías con techos sostenidos por grandes pilares a modo de las criptas románicas. Con la apertura de nuevas cámaras y la ampliación de las antiguas, toda la montaña quedó surcada por cavernas subterráneas. La extracción de tal cantidad de creta provocó inevitablemente el desenterramiento de muchos fósiles inusuales y por las galerías subterráneas se pasearon los coleccionistas con antorchas en busca de estos restos antediluvianos. Fue en 1770 cuando la montaña ofreció su posesión más espectacular: los trabajadores que se hallaban a gran profundidad de la cantera encontraron a 455 metros de distancia de la entrada principal los maxilares de un animal verdaderamente monstruoso incrustado en roca sólida. Uno de los coleccionistas locales, el Dr. Hoffmann, un cirujano militar alemán retirado, que había trabajado

durante muchos años en la región para suministrar material al Museo Teylor de Haarlem, fue convidado apresuradamente para que diera su opinión como experto. Deseando adquirir los impresionantes maxilares para sí mismo, Hoffmann recompensó generosamente a los trabajadores que servicialmente extrajeron el resto de este valioso trofeo. El bloque fue excavado intacto y Hoffmann volvió a casa con él. El anatomista holandés Pieter Camper fue requerido para la identificación de los enigmáticos maxilares. Éste supuso que eran los restos de una vieja ballena, una suposición natural teniendo en cuenta el tamaño de los maxilares y las conchas marinas encontradas en las rocas circundantes. Su hijo, Adrien Camper, sin embargo, declaró sorprendentemente que la bestia no era un mamífero sino un lagarto marino monstruoso. Sin embargo, debido a que el mundo actual no es habitado por lagartos de este tamaño, otros científicos pensaron que era más probable que los maxilares pertenecieran a un cocodrilo prehistórico.

Mientras tanto, la controversia que rodeaba a este inmenso cráneo se había convertido en el tema principal de discusión en la ciudad y finalmente llegó a oídos del canónigo Godin, que era el propietario de los prados situados por encima de la cantera. Habiéndose dado cuenta de que poseía una valiosa ventaja, solicitó el prestigioso fósil invocando sus derechos feudales en un intento de reclamar la reliquia preadánita.

Godin llevó a Hoffmann ante los tribunales y ganó el juicio, entrando así en posesión de los maxilares fosilizados, mientras que Hoffmann tuvo que pagar las costas judiciales. El canónigo Godin colocó la reliquia en una urna de cristal y la expuso en su casa de campo, cerca de la montaña, para que pudieran venir a verla los curiosos.

Tuvieron que pasar varios años hasta que finalmente se hizo justicia y cuando esto sucedió, Hoffmann ya había muerto. Cuando Maestricht cayó en manos de los republicanos, el canónigo escondió su tesoro en la ciudad. Pichegru se tomó la revancha a la mañana siguiente ofreciendo 6000 botellas del mejor vino a la persona que le trajera el fósil. Las tropas registraron la ciudad y una docena de granaderos llevaron triunfalmente los maxilares fosilizados al general. Desde aquí, la bestia antediluviana fue llevada como botín a París donde se instaló en el Jardin des Plantes^[1]. Aquí, el anatomista francés más importante del momento, Georges Cuvier, estableció definitivamente su valor científico.

En la época durante la cual se había apoderado de la capital el reino del Terror, el joven Cuvier se hallaba en el campo, en Normandía, coleccionando moluscos y estudiando la fauna local, mientras se ganaba la vida con un trabajo menor como oficinista. Cuvier era, sobre todo, un excelente administrador. Su talento y sus investigaciones no pasaron inadvertidos y en 1795, cuando sólo contaba 26 años de edad, fue llamado a París para trabajar junto al evolucionista Jean-Baptiste Lamarck en el Jardin des Plantes. En París inmediatamente se hizo patente el don de Cuvier para la organización. El trabajo de su vida estuvo dominado por el deseo de poner todo en orden. La zoología encontró así a un sistematizador de fósiles y Napoleón a su vicepresidente del Ministerio del Interior, cuya función fue la reinstauración de un estricto orden social. Las reglas de la ley eran un imperativo político bajo el nuevo régimen, al igual que el poderoso orden natural era un imperativo zoológico, siendo ambos perfectamente compatibles bajo la competencia de Cuvier. Como resultado de su exhaustivo estudio sobre los fósiles y animales vivos, especialmente

de los grandes cuadrúpedos, Cuvier finalmente estuvo convencido de que habían desaparecido razas enteras de animales de la superficie de la Tierra. La extinción era un viejo dilema. Existían razones metafísicas profundamente enraizadas para descartarla y siempre había faltado la prueba concluyente para la demostración inequívoca. A finales del siglo xvii, el naturalista inglés John Ray había jugado con la idea de la extinción pero, al final, había vuelto a la opinión convencional de que, criaturas como las amonitas de concha en espiral, podían estar viviendo en lugares remotos del planeta. (El descubrimiento del emparentado nautilo en el sur del Pacífico justificó parcialmente este enfoque; el nautilo es el único superviviente de una raza de moluscos con tentáculos, parecidos a los calamares, que viven en conchas de espiral compartimentadas y frecuentemente hermosas). El predecesor de Cuvier en el siglo xviii, el conde de Euffon, pensó en un principio que los restos de mastodonte hallados en los bancos de arena del río Ohio podrían haber pertenecido a una especie extinguida. Él también volvió a la explicación más tradicional, sugiriendo que el cráneo del mastodonte americano no era otra cosa que una mezcla de colmillos de elefante y dientes de hipopótamo. Así, la cuestión siguió estando inconclusa hasta la época de Cuvier, y resulta irónico que el derrumbamiento de una de las ideas más mimadas desde la época de Aristóteles se debiera a un incondicional y, según todas las informaciones, bastante pomposo defensor de la ley y del orden.

Fue solamente cuestión de meses después de la llegada como trofeo de guerra a París de los maxilares fosilizados de Godin, que Cuvier finalizara su trabajo sobre fósiles y elefantes aún vivos y anunciara, de forma bastante categórica, que algunos tipos de elefantes en efecto se habían extinguido^[2]. La extinción se hizo realidad. El instrumento de Cuvier para demostrar su teoría era el riguroso estudio comparativo de todos los especímenes disponibles. Su técnica consistía en comparar las correspondientes estructuras de diferentes animales y correlacionar funciones y, en último término, con los diferentes modos de vida. Declaró que el mastodonte americano y el mamut siberiano no eran idénticos a los elefantes que aún vivían y que, debido a que era improbable que éstos siguieran viviendo en la Tierra, sólo se podía concluir que se habían extinguido. La simplicidad del razonamiento es engañosa ya que existía un poderoso, aunque rara vez explícitamente formulado, argumento contrario a éste, basado en gran medida en la fe. Esta idea inhibitoria era el concepto del *plenum*: es decir, que un Dios generoso sólo podía haber poblado el mundo con cualquier tipo imaginable de organismo como señal de su omnipotencia. Estos organismos podían ser ordenados en una cadena de infinitas graduaciones, que abarcarían desde la criatura microscópica más pequeña hasta el hombre. La extinción rompería la cadena debido a la introducción de saltos, situación considerada por los devotos como reflejo adverso de la fuerza del creador.

La prueba objetiva y detallada de Cuvier, que apoyaba la extinción de los mamuts, destruyó finalmente la fe del hombre en el *plenum* y eliminó el primer eslabón de la cadena. También preparó el terreno para la aceptación de otros monstruos prehistóricos que no habían logrado sobrevivir. Mientras que el mamut había vivido en un pasado reciente, el «gran animal de Maestricht», tal como era llamado, había vivido en épocas muy remotas y se parecía aún menos a las criaturas de nuestros días. Cuvier concluyó que cuanto más hacia el pasado se miraba, menos se parecían las criaturas a las existentes en la actualidad. El reconocimiento de esta teoría se

produjo forzosamente debido al descubrimiento en Baviera de un pterodáctilo, del tamaño de un pichón, en 1784, identificado por Cuvier como bestia con alas pero también como reptil. Durante la época mesozoica, la Tierra estaba poblada por seres exóticos y extraños que hoy en día resultarían bastante desconocidos. Cuvier razonó que fuera cual fuera el tipo de catástrofe que había exterminado a los mamuts en un reciente pasado, ésta también debía de haber causado estragos en épocas más remotas de la historia de la Tierra, teniendo como víctimas a los extraños reptiles mesozoicos.

Cuvier examinó el cráneo de Maestricht y confirmó que era, tal como había sugerido Adrien Camper, un lagarto emparentado con los monitores que aún vivían en los trópicos, si bien se trataba de un ejemplar de proporciones asombrosas. Mientras tanto, en Inglaterra, el reverendo William Conybeare, en ausencia de otras sugerencias, había bautizado a la criatura: la llamó *Mosasaurus* o «lagarto del Mosa» de acuerdo con la región de donde procedía^[3]. Cuvier hizo una interpretación completamente correcta. Pero a diferencia de los monitores aún vivos, el mosasaurio había sufrido modificaciones destinadas a una existencia marina, se alimentaba de peces, sus miembros se habían convertido en aletas y presentaba una fuerte cola para desplazarse. El reverendo William Buckland especuló que, en base a la longitud del cráneo, «este monitor monstruoso de las remotas profundidades mediría entre 1,5 y 6 metros de longitud^[4]», aun cuando el más grande de sus parientes entre los lagartos aún vivos apenas alcanzaba la mitad de este tamaño.

Cuando se desenterraron los primeros huesos de lo que hoy en día conocemos como dinosaurios, comprensiblemente se supuso que éstos procedían de los lagartos gigantes similares. «Puede parecer extraño —dijo Buckland acerca del mosasaurio de Maestricht— observar que sus dimensiones superan a las de cualquier lagarto aún vivo, o encontrar géneros marinos en el orden de los saurios, ya que actualmente no existe ninguna especie en este orden capaz de vivir en el mar. Sin embargo, resulta apenas menos extraño que las desviaciones análogas encontradas en el *Megalosaurus* e *Iguanodon*, que proporcionan ejemplos de una expansión aún mayor, como las del monitor o de la iguana, hacia formas colosales adaptadas para desplazarse hacia tierra^[5]». Fue el propio Buckland quien, en 1824, describió el primero de estos gigantes terrestres. Buckland era profesor de mineralogía y geología en la Universidad de Oxford por lo que el descubrimiento de grandes huesos en las canteras de pizarra de Stonesfield, a sólo unos pocos kilómetros de distancia, atrajo naturalmente su atención y los fósiles rápidamente encontraron el camino hacia el Museo de Oxford.

Aunque ninguno de los huesos fue desenterrado en contacto con otros, a excepción de algunas vértebras, Buckland se mostró bastante firme con respecto a la posición de la criatura en el esquema zoológico de las cosas, tal como sugiere el título de su artículo «Notice on the *Megalosaurus* or great Fossil Lizard of Stonesfield^[6]». (Nota sobre el megalosaurio o gran lagarto fosilizado de Stonesfield). Influenciado por la convincente demostración de Cuvier, de que los grandes maxilares de Maestricht habían pertenecido en otros tiempos a un monitor mesozoico, Buckland supuso naturalmente lo mismo para las enormes vértebras y huesos de los miembros que se hallaban en su museo. De hecho, el nombre que se inventaron él y su cómplice en la causa catastrofista, el reverendo William Conybeare, delata las supuestas afinidades del monstruo:

Megalosaurus significa «lagarto gigante». Su tamaño superaba incluso las estimaciones de Buckland para el mosasaurio. El fémur más grande del museo medía escasamente 91 centímetros de longitud y tenía una circunferencia de 20 centímetros en su punto más estrecho. Cuando se le informó sobre la existencia de este hueso, el barón Cuvier estimó que «si la criatura tenía las proporciones de un lagarto», probablemente habría tenido una longitud superior a los 12 metros y el volumen de un elefante.

Al igual que Cuvier, Buckland se basó en estos restos de reptil como prueba de que la Tierra había sido devastada por una catástrofe. Sin embargo, Buckland añadió una nueva controversia teológica. Cuvier, aun siendo un devoto cristiano, había sido prudente al no mezclar la Biblia y la geología y había evitado hacer especulaciones acerca de la naturaleza del agente desencadenante de las revoluciones terrenales. (Nunca puso en duda de que éstas tuvieran una explicación natural). También cuestionó la extensión global de las revoluciones; la inundación de algunos continentes aislados habría sido suficiente. Pero cuando su *Preliminary Discourse*, que trataba sobre estas revoluciones (publicado por primera vez en 1812), cayó en manos de los traductores ingleses en 1813, su tono fue alterado subrepticamente y el Diluvio Universal sustituyó a la última revolución (proporcionándole así a la Biblia cierta respetabilidad científica). El lector inglés tenía la impresión como si el propio Cuvier estuviera criticando el diluvio. Buckland fue un heredero de esta tradición inglesa. El reverendo Buckland, que más tarde se convertiría en el Deán de Westminster, era un teólogo, que no compartía las reticencias de Cuvier de utilizar a la ciencia para apoyar a la Revelación Divina, modificó drásticamente el sistema cuveriano y, por lo tanto, lo que para Cuvier había sido una reciente incursión marina local se convirtió en una gran oleada enviada por el Todopoderoso para ahogar el mundo. Buckland buscó en todos los lugares del mundo —entre los trofeos de antiguas expediciones al Himalaya y en las cuevas de Yorkshire— pruebas que confirmaran que la inundación había sido universal y catastrófica. Además, como las extinciones más recientes se habían producido después de una inundación de inimaginable fuerza, los reptiles gigantes debían de haber encontrado su fin en una inundación anterior. El Todopoderoso, en un caprichoso acto de «interferencia creativa», había anulado el antiguo orden; los huesos fósiles de Stonesfield eran el testimonio de la periodicidad de los diluvios universales enviado por Dios.

Gideon Mantell, un médico y coleccionista de fósiles que vivía en Lewes, no lejos de Brighton en la costa sur de Inglaterra, había encontrado huesos gigantes similares en el bosque de Tilgate. Mantell también poseía el fémur de un *Megalosaurus*, si bien éste tenía una circunferencia de 50 centímetros. Una vez más, tomando como base la analogía de los lagartos, se pensó que este fósil procedía de una criatura de unos 18 o 21 metros de longitud. El bosque de Tilgate era una buena zona de prospección para saurios gigantes y ya había proporcionado a Mantell restos de cocodrilos gigantes y plesiosaurios. También se habían encontrado dientes enormes, diferentes a todos los observados hasta entonces. La corona de cada diente estaba desgastada formando una superficie oblicua y suave y la forma del diente revelaba que su propietario se había alimentado de plantas. La cuestión de si los dientes podían proceder de un gran reptil era dudosa, debido a que actualmente existen muy pocos reptiles que sean capaces de masticar materia vegetal. Debido a que Charles Lyell estaba a punto de visitar París, Mantell le dio un diente para que se lo mostrara

al barón Cuvier. Éste inmediatamente lo catalogó como el incisivo superior de un rinoceronte. Mantell no pudo aceptar que los rinocerontes hubieran vivido junto a reptiles gigantes ni que los dientes procedieran de estratos superiores de la tierra, tal como había sugerido Cuvier, de forma que llevó los fósiles al Museo Hunterian del Colegio Real de Cirujanos de Londres. Fue allí donde vio los dientes de las iguanas de Sudamérica; el parecido era obvio e inequívoco. Los pequeños dientes de las iguanas se parecían tanto a los dientes gigantes encontrados en las rocas mesozoicas, que Mantell incluso jugó con la idea de darles a ambos el mismo nombre. Sin embargo, a propuesta de Conybeare, decidió darle a este precursor mesozoico el comprometido nombre de *Iguanodon* o «diente de iguana^[7]». Ésta era la prueba independiente, en caso de ser necesaria, de que los saurios mesozoicos gigantes eran simplemente lagartos glorificados. Mantell pensó que si una iguana poseía dientes de este tamaño, la criatura completa debía de medir más de 16 metros.

Cuvier, Buckland y Mantell habían utilizado a los monitores o a las iguanas como modelos para estimar el tamaño de los supuestos antepasados de los lagartos en el mundo antiguo. Éstos aumentaban el lagarto a escala, de forma que su fémur, diente o cualquier parte del esqueleto tuviera el mismo tamaño que el del fósil y, a continuación, calculaban el tamaño global del animal fosilizado. Los huesos fosilizados, especialmente los fémures, tenían frecuentemente una longitud quince o veinte veces superior a la de un lagarto, lo cual llevaba a la estimación de dimensiones fantásticas para los saurios extinguidos. La descripción que hizo Buckland del dedo de 15,24 centímetros de longitud de una de estas primitivas bestias hallada en la isla de Wight, no deja lugar a dudas respecto al temor que estos monstruos inspiraban. «Éste es —dijo— el hueso metacarpiano más largo descubierto hasta el momento; y si nos referimos al animal extinguido del cual procedía, la escala según la cual las personas de la antigüedad medían a Hércules..., debemos concluir que el sujeto, de cuyo cuerpo formaba parte, era el cuadrúpedo más enorme que jamás haya pisado la superficie de nuestro planeta^[8]». El mosasaurio de Cuvier, el primero de los leviatanes mesozoicos en ser desenterrado, difícilmente podría haber ejercido más influencia sobre los primeros paleontólogos. Muchos de los coleccionistas de fósiles del siglo XIX eran aficionados y sin sus incansables trabajos de excavación, los geólogos-clérigos profesionales como Buckland habrían sufrido en gran medida una escasez de materia prima con la cual trabajar. Fueron los aficionados entregados y perseverantes como Thomas Hawkins, Gideon Mantell y Mary Anning, que vivían cerca de los acantilados mesozoicos ricos en fósiles de la costa sur de Inglaterra, los que por primera vez desenterraron muchos de los imponentes saurios gigantes que en otros tiempos habían dominado la Tierra. Fueron estos mismos visionarios los que trabajando la piedra caliza olítica inglesa (que data del período jurásico medio) y las arenas y arcillas del cretáceo inferior (de los condados boscosos de Kent y Sussex) estimularon la imaginación pública con cuentos acerca de monstruos marinos, dragones voladores y enormes lagartos terrestres que habitaban la Tierra en las épocas anteriores a Noé. Muchos de los primeros pioneros eran hombres y mujeres devotos, y algunos parecían ser eclesiásticos fanáticos, incluso para los niveles de aquella época. De esta forma, la investigación profunda sobre los habitantes arcaicos del globo terráqueo no solamente proporcionó una nueva visión sobre las obras de la Providencia, sino que también ofreció un punto de vista distinto de la versión bíblica.

Debido a que Cuvier interpretó que el primer saurio había sido como un lagarto gigante (lo que en realidad fue), el *Iguanodon* y el *Megalosaurus* recibieron un estatus similar. Cuvier siguió siendo reverenciado: la última palabra anatómica la tenía él. En consecuencia, los lagartos constituyeron el estándar según el cual se comprendían —y medían— los extinguidos saurios, procedimiento que llevó a tamaños aparentemente absurdos para estos reptiles arcaicos.

Fue Richard Owen, profesor del Colegio Real de Cirujanos de Londres, quien finalmente rompió con la tradición. El 2 de agosto de 1841, en la reunión de la Asociación Británica celebrada aquel año en Plymouth, Owen pronunció un discurso de dos horas y media de duración titulado «Informe sobre los reptiles fósiles en Gran Bretaña». Con 38 años de edad, Owen aun siendo relativamente joven, era la indiscutible estrella en ascensión de la paleontología, y era llamado por todos el Cuvier inglés. Sus amplios conocimientos sobre los reptiles fosilizados mesozoicos no eran superados por nadie.

De entre los saurios de la época mesozoica, Owen distinguió tres especies que eran algo diferentes al resto. Anunció que el *Iguanodon*, el *Megalosaurus* y el *Hylaeosaurus* (o «Lagarto de Wealden») de Mantell, un «lagarto fosilizado» enorme cubierto de un caparazón de placas escamosas, encontrado por Mantell en el bosque de Tilgate en 1832, fueran agrupados por su característica común de poseer cinco vértebras fundidas en el cinturón pélvico. A diferencia de otros saurios gigantes, éstos eran animales *terrestres* en lugar de acuáticos y sus enormes miembros y sus cortos dedos del pie les proporcionaban un parecido más que superficial con los mamíferos paquidermos pesados^[9]. Estas características, unidas al enorme tamaño de las bestias, le «ofrecían suficientes motivos para establecer una tribu o suborden distinto de reptiles saurios —proclamó Owen—, para los cuales propongo el nombre de *dinosaurios*^[10]». Dinosaurio significa literalmente «lagarto terrible», nombre evocador otorgado en reconocimiento de las dimensiones de la criatura y de su indudable ferocidad. Pero Owen tenía razones adicionales, más importantes que las meramente necesarias para el estudio formal de los restos fragmentarios, para investigar a estos reptiles gigantes.

Desafortunadamente, la historia sólo honra a aquellos que luchan al lado de los ganadores; Richard Owen fue partidario de la causa antidarwiniana en la discusión evolucionista, lo cual históricamente nunca le fue perdonado. Owen se hallaba en uno de los puntos cruciales de la historia intelectual. Era un anatomista práctico brillante, pero aun así era hijo del orden establecido y no fue capaz de aceptar los cambios que se avecinaban. Owen entró en un mundo en el cual el «progresismo» de Cuvier era científicamente respetable: la evidencia de que se habían extinguido razas enteras de animales en distintos intervalos del tiempo parecía *exigir* la existencia de catástrofes periódicas. Por otro lado, en esa época, la doctrina de la evolución era una herejía romántica, objetivamente insostenible, que carecía de cualquier mecanismo riguroso. Owen dejó un mundo, en el cual el hecho de la evolución era aceptado universalmente, en el cual las pruebas habían comenzado a desviarse a favor de ésta y donde el catastrofismo era considerado una quimera de los creacionistas. Nunca fue capaz de adaptarse a estos cambios. Cuando, después de la publicación del *Origen de las especies* de Darwin en 1859, la opinión cambió, Owen asumió el papel de principal portavoz de la fracción antidarwinista, basándose en su prestigio más que en argumentos razonados para ganar el caso.

Sufrió humillantes derrotas una y otra vez, lo cual provocó que despreciara a los evolucionistas, entre los cuales el joven e impetuoso T. H. Huxley era el más estruendoso. Owen —el Cuvier inglés— se llevó su causa a la tumba. La historia naturalmente ha sido injusta. En la época de juventud de Owen realmente *existían* razones para creer que la evolución, especialmente tal como la exponían sus exponentes predarwinistas, no podía recibir apoyo alguno en base a los estudios de los fósiles. Los dinosaurios se convertirían en un eslabón crucial en la línea de razonamiento de Owen.

Owen se mostraba escéptico respecto al método de Buckland para el cálculo de las dimensiones de los saurios usando los lagartos como estándar. Los parecidos entre el *Iguanodon* y la iguana, dijo con aire de autoridad, «han llevado a los paleontólogos que hasta ahora han publicado los resultados de sus cálculos del tamaño del *Iguanodon* a conclusiones erróneas; y por lo tanto, las dimensiones de 30 metros de longitud obtenidas en base a la comparación de los dientes y de la clavícula del *Iguanodon* con los de la *Iguana*, de 22 metros en base a una comparación similar de sus fémures y de 24 metros en base a los huesos de los dedos, tomando como modelo el espécimen más grande de Horsham en lugar del utilizado por el doctor Mantell para su comparación, obtendríamos un resultado superior a los 60 metros de longitud total para el *Iguanodon*^[11]». Estas dimensiones eran simplemente absurdas. Debido a que este procedimiento era obviamente dudoso, Owen propuso un nuevo método. Midió las vértebras y estimó su número desde la cabeza hasta la cola, llegando de esta forma a una longitud mucho más razonable de 8,5 metros para el *Iguanodon* y de 9,1 metros para el *Megalosaurus*. Estos antiguos saurios obviamente no eran tan delgados como los lagartos. Owen pensaba que, a diferencia de los ágiles y ligeros lagartos, el *Megalosaurus* era una criatura maciza, compacta y pesada, con extremidades largas que soportaban un voluminoso cuerpo.

De la forma y el tamaño de las costillas (continuó Owen) se deduce que su tronco era más ancho y grueso en sus proporciones que el de los saurios modernos y, sin duda, se alzaba del suelo apoyado en extremidades proporcionalmente más anchas y en especial más largas, de modo que el aspecto general del *Megalosaurus* en vida debía de parecerse proporcionalmente a los grandes mamíferos cuadrúpedos que ahora pueblan la Tierra, y que debieron de ocupar en la era olítica el lugar que hasta entonces tenían los grandes reptiles del extinguido orden de los dinosaurios^[12].

En 1841, cuando finalmente los dinosaurios fueron reconocidos por Owen, los otros grupos importantes de saurios extinguidos ya eran conocidos desde hacía algunas décadas. Muchos tenían un tamaño de dimensiones colosales similares, lo cual en gran medida hizo disminuir el impacto de los dinosaurios. Mary Anning y Thomas Hawkins habían rescatado esqueletos enteros de ictiosaurios («lagartos-peces», reptiles marinos aerodinámicos, con forma parecida a la de los delfines, pero que no presentaban el cerebro agrandado de los delfines) y plesiosaurios (literalmente «casi lagartos»), reptiles nadadores que para su desplazamiento usaban aletas, en los esquistos azules de los acantilados de Lyme Regis del jurásico inferior en la costa de Dorset, y Gideon Mantell había excavado los huesos de cocodrilos gigantes y mosasaurios en Sussex. Así, a

pesar de que los dinosaurios resultaban enormes en proporción con los lagartos, en opinión de Owen eran, en realidad, apenas un poco más largos que los otros leviatanes de la Tierra arcaica. Owen calculó que los dinosaurios eran apenas más grandes que los elefantes y los rinocerontes, con los que probablemente tendrían un cierto parecido físico. Eran, literalmente, lagartos elefantinos.

Si, consiguientemente, el tamaño era un criterio menor (aunque frecuentemente se refirió a éste con el fin de proporcionar a este grupo cierto grado de impacto dramático), ¿por qué creó Owen los dinosaurios? ¿Se trataba simplemente de que quería dar su reconocimiento a algunos caracteres mal definidos o existía algún otro motivo?

La comparación que hizo Owen de estos reptiles gigantes con los elefantes y rinocerontes proporciona un indicio decisivo para sus motivaciones. Owen creía que los dinosaurios eran los reptiles más evolucionados que jamás habían existido. «Los megalosaurios e iguanodones — exclamó, regocijándose de sus innegables modificaciones casi perfectas de tipo reptil—, alcanzaron su máximo volumen y seguramente desempeñaron los papeles más sobresalientes en sus respectivos caracteres como devoradores de animales y herbívoros que jamás haya presenciado la Tierra, en criaturas ovíparas (que ponen huevos) y de sangre fría^[13]». Estos animales fueron la cumbre de la creación reptil, metáfora que caracterizaba las opiniones imperantes de Owen con extraordinaria exactitud. Sus investigaciones sobre los reptiles fósiles habían proporcionado, finalmente, la prueba que haría insostenibles las especulaciones evolucionistas de Jean-Baptiste Lamarck.

Lamarck había sido el colega de Cuvier en el Museo de París, aunque estos dos eminentes hombres siempre mantuvieron opiniones diametralmente opuestas sobre la historia de la vida. Mientras que Cuvier concebía la idea de razas enteras de animales que habían sido aniquiladas por misteriosas catástrofes y de la posterior aparición de faunas completamente nuevas para sustituirlas, Lamarck creía en la sucesión gradual de la vida que avanzaba a través de cambios infinitamente pequeños. (La extinción, y no digamos las aniquilaciones en masa, no tenían espacio en el esquema de las cosas de Lamarck). Las teorías evolucionistas de Lamarck habían sido inspiradas por el aparente incremento de la complejidad de los animales en su ascenso en la escala de la Naturaleza. «Por lo tanto, se hizo importante saber —afirmó Lamarck en su *Zoological Philosophy* en 1809, explicando cómo llegó a sus teorías sobre la evolución—, cómo esta organización (de una criatura simple), a través de algún tipo de cambio, había dado lugar a otras menos simples, y de hecho, a la gradualmente creciente complejidad observada a lo largo de toda la escala animal^[14]». Postulaba que existía una tendencia innata a la complejidad, de forma que en cada generación se debía producir un incremento infinitamente pequeño; cuanto más tiempo pasaba, más complejos eran los animales que se desarrollaban a partir de otros más simples. Esta tendencia intrínseca era fomentada por el mayor uso que hacía el animal de determinadas estructuras; este uso desarrollaba la estructura en cuestión (como, por ejemplo, el cuello de la jirafa) y provocaba su crecimiento. Lamarck estaba pisando terreno peligroso y Owen emprendió la lucha para socavar el conjunto de esta teoría.

Como paleontólogo, Owen vio el punto débil en los argumentos de Lamarck: si podía demostrar que el incremento de la complejidad era una ilusión, todo el edificio se derrumbaría. El

aumento de la complejidad era un punto en el cual insistían la mayoría de los primeros evolucionistas que pensaban que era crucial para su teoría. «Debido a que al ascender en la escala animal —insistió Lamarck—, comenzando por los animales más imperfectos, la organización incrementa gradualmente su complejidad de forma extremadamente notable». Éste fue el punto débil escogido por Owen para el ataque. Los primeros evolucionistas, antes de la aparición del *Origen de las especies* en 1859 de Darwin, al exigir una tendencia de las especies al ascenso, desde las formas más bajas a las más altas, forzosamente tuvieron que encontrarse con la resistencia del lobby paleontológico. Owen preguntó si las especulaciones de los evolucionistas habían obtenido algún punto de apoyo «a partir de los hechos ya determinados en el departamento de reptiles de la paleontología^[15]». Owen arguyó que si las actuales especies de animales habían sido el resultado del progresivo desarrollo de especies más antiguas, «cada categoría debería presentar ahora sus caracteres típicos en las condiciones más organizadas de la organización». Él examen superficial de los fósiles registrados demostraba que éste no era el caso. Los lagartos y cocodrilos actuales eran, en opinión de Owen, creaciones inferiores que difícilmente podían compartir la magnificencia de los dinosaurios mesozoicos. Éstos ocupaban un lugar más bajo en la escala en una época mucho más reciente, hecho que apenas era compatible con el ascenso lineal de las especies. La superioridad de los dinosaurios que vivieron en una gloriosa «Era de los reptiles», fue un acto directo de la Creación Divina. Las especies no se transmutaban de unas a otras sino que eran colocadas sobre la Tierra por designio divino y, si parecía que formaban una sucesión, ello se debía a la planificación divina más que a la evolución.

La evidencia... no permite otra conclusión que pensar que las diferentes especies de reptiles fueron introducidas repentinamente en la superficie de la Tierra, aunque con una cierta regularidad sistemática en el orden de su aparición^[16].

A pesar de la regularidad, según la cual la era de los peces dio paso a la era de los reptiles y ésta finalmente a la de los mamíferos, no existe una ascensión infalible sino un plan de organización estática. Los reptiles no terminan hoy en día en sus representantes más evolucionados, es decir, «en el orden de los dinosaurios, de los cuales sabemos que el tipo de estructura reptil se aproximó al máximo a la de los mamíferos». Por lo tanto, el motivo de Owen para aislar a los dinosaurios fue el de expresar su inherente superioridad entre los reptiles. Al proceder de esta forma, también pudo disponer de un instrumento para atacar a los evolucionistas. Si hubiese habido algún tipo de ascenso, tal como exigían los evolucionistas predarwinistas, los dinosaurios paquidermos —la apoteosis del orden reptil de sangre fría— estarían vivos actualmente. En lugar de ello vivieron en la primitiva Tierra en el momento que el Creador consideró idóneo para ellos.

La razón, según Owen, por la cual el Creador escogió el período medio de la historia de la Tierra, época en la cual pobló abundantemente el globo terráqueo con reptiles gigantes de todo tipo, radicó en que la atmósfera era densa y con escaso oxígeno. Los reptiles son criaturas de sangre fría; necesitan el calor del Sol para calentarse como preludeo a la actividad. Su comportamiento está destinado a absorber la energía solar en lugar de generarla internamente

mediante la actividad muscular, como los mamíferos o las aves. Por consiguiente, un mamífero puede permanecer activo, independientemente de la temperatura ambiental, pero necesita un consumo mucho mayor de oxígeno para liberar la energía a fin de mantener este período prolongado de actividad. El corazón y los pulmones menos eficientes de los reptiles los obligan a sobrevivir con menos energía. Owen pensó que el extraordinario predominio de criaturas gigantes de sangre fría en la era mesozoica sólo podía significar que había una menor cantidad de oxígeno disponible. Y, debido a la existencia de reptiles como los pterodáctilos que volaban, probablemente la atmósfera era mucho más densa en aquella época, de forma que los animales seguramente flotarían en lugar de mantenerse en el aire mediante el movimiento de sus alas. (Owen dudaba seriamente si la baja fisiología de los pterodáctilos podría haber soportado los enérgicos aletazos).

El mundo mesozoico diseñado por la Providencia se adecuaba admirablemente a los reptiles de sangre fría que lo habitaban, pero era totalmente inadecuado para las criaturas pertenecientes a una organización superior. Sólo cuando el oxígeno del aire aumentó y la presión descendió pudo producirse «la bella adaptación de la estructura de las aves a un medio que de esta forma se volvió más ligero y vigorizante». El descubrimiento de huesos, aparentemente de aves, en los estratos de Wealden del cretáceo (en realidad los restos de pterosaurios), indica el inicio del proceso de «vigorización» en aquella época. Su continuación dejó al mundo inhabitable para los inmensos saurios que murieron *en masa* al final del cretáceo. Pero en los Wealden también se encontraron el *Iguanodon* y *Hylaeosaurus* de forma que, según Owen, difícilmente sorprendería que representaran la máxima aproximación de un reptil a los animales de sangre caliente. Owen supuso que, al igual que los cocodrilos, los dinosaurios poseían una buena circulación para hacer frente al clima más vigorizante en el que se encontraban. Necesitaban un buen corazón de cuatro cámaras, con una completa división entre la sangre venosa consumida y la sangre arterial rica en oxígeno. En los lagartos inferiores, la sangre venosa se mezcla con la sangre arterial en el corazón. Como consecuencia de ello, los tejidos reciben sangre sólo parcialmente renovada y tienen que realizar sus actividades con mucho menos oxígeno.

Se podía concluir que los dinosaurios, que tenían la misma estructura torácica que los cocodrilos, debieron de tener un corazón de cuatro cámaras; y que debido a su superior adaptación a la vida terrestre habían disfrutado de la función de un órgano central de la circulación altamente organizado, en un grado bastante aproximado al que ahora caracteriza a los vertebrados de sangre caliente^[17].

Así fue como Richard Owen concluyó su informe —el primer informe— sobre los dinosaurios. Estas afirmaciones eran audaces conjeturas de su parte. Fue quizás el prestigio y dominio indiscutido de Owen en este tema lo que hizo que pudiera sacar adelante estas ideas. «Un observador más precavido, tal vez se hubiera retraído ante tales especulaciones» reconoció Owen. Sin embargo, el razonamiento de Owen no resiste de ningún modo un examen. ¿Por qué un clima más «vigorizante» debería haber vuelto el mundo inhabitable para los dinosaurios? ¿Por qué sobrevivieron los lagartos? Owen evidentemente pensó que era necesario llegar a estos extremos

para contrarrestar las teorías de los evolucionistas. Debido a que éstos exigían un ascenso ininterrumpido, Owen los combatía en base a las arenas movedizas de absolutos cualitativos como «superior» e «inferior». Como consecuencia de ello, sus argumentos eran igual de frágiles que los de los evolucionistas, presentando manifiestas incongruencias.

¿Cómo debemos valorar las opiniones de Owen? No debemos confundirnos pensando que, de alguna forma, anticipó ideas modernas, basadas en estudios anatómicos y ecológicos detallados. Con el fin de combatir las especulaciones heréticas de los evolucionista, se había visto impulsado a crear un orden totalmente nuevo de reptiles a partir de sólo tres especies conocidas y, posteriormente, reconocerlas como la cumbre de la creación reptil. Los dinosaurios parece que no fueron creados por Dios sino más bien por la ingenuidad humana. Owen literalmente pobló su tierra mesozoica con dinosaurios como estrategia contra los evolucionistas. Su sucesión de teorías fue formulada como reacción. *Necesitaba* una raza de superreptiles de forma que creó una.

Aun a pesar de que los dinosaurios compartían determinadas características con los mamíferos, Owen ciertamente nunca se apartó de su teoría de que estos «gigantescos lagartos-cocodrilo» no eran, en realidad, otra cosa que animales de sangre fría. Fue este modelo de dinosaurio —un lagarto gigante—, más que sus fantásticas especulaciones (que rápidamente fueron olvidadas cuando los evolucionistas dejaron de aferrarse a la simplista idea de la progresión lineal ascendente de la vida), el que tuvo una influencia duradera sobre los paleontólogos. El dinosaurio era descrito como un lagarto monstruoso, parecido a un rinoceronte escamoso.

El legado de Owen quedó establecido en términos más concretos cuando, trece años más tarde, tuvo la oportunidad de construir modelos en tamaño natural de sus dinosaurios. La ocasión se presentó cuando el edificio central que albergaba a la Gran Exposición de 1851, el Crystal Palace de Joseph Paxton, la edificación acristalada con estructura metálica más grande jamás construida, fue trasladada de Hyde Park a un nuevo lugar en los suburbios de Sydenham. La exposición de Hyde Park se había hecho para celebrar los frutos de la industrialización y fue diseñada como una feria de comercio internacional para exhibir las obras tecnológicas. Cuando en 1852 fue cerrada, el palacio fue desmantelado pieza por pieza y vuelto a edificar en Sydenham donde debía formar un centro de exposición permanente para las artes y las ciencias.

Parece ser que fue el consorte de la reina Victoria, el príncipe Alberto, quien sugirió por primera vez que la planta baja del nuevo parque podría ser adornado con las bestias restauradas de épocas pasadas. La tarea de reconstrucción fue encomendada a un pintor y escultor de la vida salvaje, Benjamin Waterhouse Hawkins, que había actuado en función de supervisor en la Gran Exposición. Hawkins recibió *carta blanca* y escogió construir grandes mamíferos como el mastodonte. Posteriormente dio con las monografías de Owen sobre los reptiles gigantes del mesozoico y decidió devolverle a estas criaturas su antigua gloria. Para la tarea hercúlea de «revivir el mundo antiguo», Hawkins trabajó en estrecha colaboración con Owen desde la planificación hasta el mismo modelado^[18]. A partir de modelos a escala en miniatura, de sólo unos pocos centímetros de longitud, Hawkins construía moldes de arcilla de tamaño natural, de los cuales el más grande pesaba treinta toneladas y, a partir de éstos, obtenía sus figuras. Se construyeron tres islas para albergar a los monstruos en un lago de 242 áreas, creado

artificialmente en la planta baja del palacio. Una vegetación real proporcionaba a las islas un marco tropical exuberante, escenario que se veía realzado por la construcción de réplicas de un tipo de helechos del cretáceo, las cicádidas en forma de palmeras, con troncos que presentaban un dibujo en forma de hojas que les daban el aspecto de piñas petrificadas. Con el objetivo de aumentar la ilusión de una playa tropical (se suponía que las criaturas habían sido habitantes de la costa), se dispuso que el nivel de agua del lago subiera y bajara unos cuantos centímetros, como en las mareas naturales, quedando las criaturas parcialmente sumergidas a intervalos^[19]. Sigue siendo un enigma cómo se pudo lograr todo esto en un lago de 242 áreas.

Las criaturas representaban la vida reptil específica de Inglaterra en la época mesozoica, aunque también existían algunos mamíferos terciarios en el escenario como el alce gigante. Hawkins describió su vocación como una convocatoria «desde los abismos del tiempo y desde las profundidades de la Tierra, de las vastas formas y gigantescas bestias diseñadas convenientemente por el Todopoderoso Creador para poblar y precedemos en esta parte de la Tierra llamada Gran Bretaña». Los reptiles de las tres islas forman una secuencia, estando las criaturas arcaicas de la era triásica situadas en un extremo y los dinosaurios de la cumbre en el extremo cretáceo más reciente. Debido a que Hawkins sólo disponía de los cráneos de las bestias del triásico, se vio obligado a recurrir a cierto grado de ingenuidad para añadir los cuerpos. Sólo disponía de los reptiles modernos para hacer de guía de forma que, naturalmente, éstos fueron sus modelos. El *Dicynodon*, o «animal de dos colmillos», era un primo de aquellos reptiles que evolucionaron hacia los mamíferos. Debido a que su cráneo tenía un hocico escamoso, parecido al de las tortugas, Hawkins lo restauró en forma de tortuga enorme con cuerno. El *Labyrinthodon*, que recibía su nombre por los pliegues laberínticos del esmalte de sus dientes, era un anfibio primitivo acorazado, de aspecto no muy diferente al de un cocodrilo vivo. Hawkins restauró tres de estos animales dándoles el aspecto de ranas y sapos gigantes con colas cortas.

Los dinosaurios estaban representados por las tres especies de Owen (éstas eran los únicos dinosaurios reconocidos oficialmente en 1854), el *Iguanodon* e *Hylaeosaurus* cretáceos y el *Megalosaurus* jurásico más antiguo. Los animales andaban a cuatro patas, tenían el aspecto de rinocerontes (parecido que aún asombraba más por el cuerno que el *Iguanodon* llevaba en el hocico, y que en realidad eran los restos de un dedo). Owen había derrotado finalmente a los evolucionistas: estos dinosaurios eran los homólogos concretos de los mamíferos rinocerinos y difícilmente podían pertenecer al mismo grupo como insignificantes lagartos. El mosasaurio fue restaurado como si estuviese escondido en el agua, sólo la cabeza sobresalía del agua. De hecho, sólo se esculpió la cabeza ya que el cuerpo aún era desconocido a pesar de que Mantell había encontrado algunos fragmentos en la creta inglesa. Dos pterodáctilos gigantes contemplaban majestuosamente toda la escena desde un punto sobresaliente de un acantilado, mientras que en las orillas del lago los cocodrilos marinos de hocico largo, ictiosaurios y plesiosaurios tomaban el sol^[20].

Una vez finalizado el proyecto, Hawkins y Owen lo celebraron dando una cena en el *interior* del *Iguanodon* en la víspera de año nuevo en 1853. Veintiún dignatarios ocuparon el estómago del reptil cargado socialmente y el profesor Owen se sentó en la cabeza (literalmente). El grupo festejó de manera suntuosa y el jolgorio continuó hasta entrada la noche con una sucesión de

brindis de felicitación. Cuando, a primeras horas de la mañana, el banquete terminó, se pudo ver cómo el conjunto de eminentes científicos salían del dinosaurio y cruzaban el parque alabando ruidosamente los méritos de las restauraciones de Hawkins^[21]. El incrédulo *Quarterly Review* informó: «Saurios y pterodáctilos, ¿pudisteis soñar alguna vez, en vuestras antiguas fiestas, que una raza por venir que se aposentaría sobre vuestras tumbas... cenaría en honor de vuestros fantasmas, evocados de las profundidades por sus brujos^[22]?».

La reina Victoria y el príncipe Alberto volvieron a abrir el palacio el 10 de junio de 1854 en presencia de cuarenta mil espectadores. El consenso de la opinión pública era claramente que se trataba de monstruos antediluvianos, bestias que habían sido destruidas por el Diluvio Universal, aun a pesar de que esta teoría había estado fuera de boga en los círculos científicos durante muchos años. Incluso las revistas literarias, que deliberaron sobre este «mausoleo de la memoria de los mundos perdidos», tal como describía el *Quarterly Review* la colección, discutieron los diversos méritos de los logros pasados del Creador. Los espectadores acudían en tropel al palacio para contemplar los monstruos que poblaron la Tierra antes de Noé, dejando tras de sí una estela de devastación en su búsqueda de recuerdos.

El edificio del Crystal Palace fue completamente destruido por un incendio en 1936, lo cual probablemente fue la causa de que los dinosaurios cayeran en el olvido. Hoy en día, los reptiles se pueden seguir contemplando en sus islas prehistóricas, siendo el testimonio de la concepción victoriana de los dinosaurios, concepción que desde entonces ha dominado tanto las ideas del público como las de los científicos. Charles Dickens las resumió en los primeros párrafos de *Bleak House*, escritos en el año en el cual Hawkins comenzó las reconstrucciones del palacio. «Implacable tiempo de noviembre —escribió Dickens—. Tanto barro en las calles como si las aguas acabaran de retirarse momentos antes de la faz de la Tierra, ¿no hubiera sido maravilloso dar con un *Megalosaurus*, de doce metros de largo, más o menos, marchando pesadamente, como un elefante, en dirección a la colina de Holborn^[23]?».

De esta forma, los Victorianos nos legaron el dinosaurio como un lagarto monstruoso: una criatura con todas las connotaciones que se suponen en los «reptiles». Las restauraciones del Crystal Palace han sobrevivido hasta el siglo xx como singular pieza victoriana, monumentos a una creencia de que los dinosaurios eran, según palabras de Dickens, «lagartos elefantinos». Este recuerdo visual, se ha visto acompañado de la idea de que los dinosaurios eran esencialmente criaturas de sangre fría. Cuvier, al reconocer correctamente al *Mosasaurus* como lagarto, inconscientemente incluyó a los dinosaurios contemporáneos en un mismo grupo. Owen podría haber emancipado a los dinosaurios excluyéndolos de la categoría de los lagartos, pero fue incapaz (si es que alguna vez realmente quiso) de descartar que los dinosaurios tuviesen una fisiología similar a la de los lagartos. Durante más de un siglo, esta visión del dinosaurio permaneció incuestionable. La situación, tal como aún se presentaba en 1968, fue descrita por Robert T. Bakker, que por aquel entonces estaba en la Universidad de Yale:

Generalmente, los paleontólogos aceptaron que, en todos los detalles de su vida, los

dinosaurios eran simplemente cocodrilos, lagartos, o caimanes que habían crecido más de lo normal. Los cocodrilos y los lagartidos pasan gran parte de su tiempo inactivos, tomando el sol echados en la roca o el tronco más conveniente, y comparados con otros animales modernos, la mayor parte de los reptiles modernos son lentos y perezosos. De aquí viene que la reconstrucción de un dinosaurio como el *Brontosaurus*, nos lo presente como una montaña de carne flácida que se mueve a su alrededor sólo de forma lenta y poco frecuente^[24].

Sin embargo, existen profundas diferencias entre los dinosaurios y los lagartos, diferencias que nos han llevado a pensar que nuestro modelo de los dinosaurios no era del todo correcto. Incluso los «lagartos elefantinos» de sangre fría, por la naturaleza de su tamaño, serían bestias radicalmente diferentes a los pequeños lagartos existentes en la actualidad.

Hemos estado hablando sobre los lagartos, refiriéndonos a ellos como a animales de «sangre fría». Sin embargo, éste es un término inapropiado ya que su sangre no es, en absoluto, fría. Las características que distinguen a los reptiles de los mamíferos y de las aves son que los primeros no dependen del calor producido interiormente. Los músculos y órganos corporales de las criaturas de «sangre caliente» producen el suficiente calor como para mantener el cuerpo a una temperatura alta, estable, proceso que es controlado por el hipotálamo en el cerebro. Los lagartos, sin embargo, dependen del calor del Sol y del aire circundante para calentar sus cuerpos. Por esta razón es más correcto llamarlos ectotermos: dependen de fuentes de calor externas para elevar su temperatura corporal en contraste con las aves y los mamíferos endotérmicos.

Antes de que los lagartos fueran estudiados en su medio ambiente natural, se pensaba que su temperatura variaba directamente con la del aire. A finales del siglo, los fisiólogos que monitorizaban los lagartos bajo condiciones de laboratorio, naturalmente encontraron que esto en realidad era cierto. Sin embargo, los lagartos que viven en plena Naturaleza son capaces de elevar su temperatura *por encima* de la del aire y luego mantenerla dentro de unos estrictos límites, a pesar de las pequeñas fluctuaciones que se puedan producir en la temperatura ambiental. Los grandes lagartos sin orejas del sudoeste de Estados Unidos, por ejemplo, pueden mantener una temperatura media que va de los 17 a los 39° durante el 75% de su vida activa^[25]. La mayoría de lagartos, de hecho, poseen una temperatura alta, óptima, que se mantiene estrictamente durante el tiempo que están despiertos.

¿Por qué estaban tan equivocadas las observaciones del laboratorio? «Seguramente por la misma razón por la cual un hombre que tiene encadenada una pierna a una pesada bola de hierro no puede demostrar lo rápido que puede correr», reflexionó Charles M. Bogert del Museo Americano de Historia Natural^[26]. El lagarto es capaz de mantener una elevada temperatura interna mediante respuestas del comportamiento que se orientan por el sol; confinarlo a una jaula solamente sirve para inhibir su margen de actividades. A la mayoría de los lagartos les gusta «tomar el sol» y explotar al máximo los rayos solares, adoptando una serie de posturas y orientaciones apropiadas. De esta forma, el lagarto puede variar la absorción de calor con bastante precisión. Si, por ejemplo, su temperatura corporal desciende por debajo del punto óptimo, el animal se colocará en ángulo recto respecto a los rayos solares para maximizar la exposición. De

forma similar, a primeras horas de la mañana o últimas horas de la tarde, cuando el sol está bajo, el lagarto se pegará a las superficies y pendientes rocosas a fin de que su cuerpo reciba los rayos solares perpendicularmente a la longitud de su cuerpo, para recibir la máxima energía posible. Cuando el lagarto alcanza temperaturas demasiado altas mientras busca alimento durante el día, se da la vuelta y se pone de cara al sol para minimizar el área de exposición.

De esta manera, algunos lagartos son capaces de mantener una temperatura tan elevada como la del hombre. De hecho, algunos pueden estabilizarse en temperaturas mucho más altas: el lagarto americano de cola de látigo mantiene su temperatura corporal entre los 42 °C y los 45 °C. Se requiere una elevada temperatura interna para el funcionamiento óptimo de los procesos bioquímicos del cuerpo; cuando la temperatura desciende, las reacciones químicas se suceden con más lentitud y los reptiles se vuelven perezosos. Cada especie tiene su propia temperatura óptima, de forma que dos especies que vivan juntas en la Naturaleza (lagartos que estén a una misma temperatura ambiental controlada de laboratorio), pueden presentar diferencias de hasta 12 °C debido a que tienen diferentes respuestas al sol.

Teóricamente, cuanto mayor sea la masa del animal, tanto mayor será su volumen en relación al área de superficie. Consiguientemente, también necesitará un tiempo de exposición al sol más prolongado para calentarse. Esto, de todos modos, es el caso de los objetos inanimados; pero éstos nunca serán tan versátiles como los lagartos. Esta relación no es válida cuando se trata de pequeños reptiles ectotérmicos, precisamente debido a sus maravillosas reacciones heliotrópicas. Los lagartos más grandes, teóricamente deberían calentarse y enfriarse más lentamente que sus primos más pequeños, debido a que su área de superficie es relativamente más pequeña a pesar de su mayor masa. Pero, en realidad, existen pocas diferencias debido a que adoptan todo tipo de posturas para maximizar su exposición al sol, mientras que al mismo tiempo oscurecen el color de su piel para aumentar su capacidad de absorción.

Todo esto está muy bien cuando se trata de pequeñas criaturas, que necesitan sólo un corto espacio de tiempo para alcanzar su temperatura óptima. Sin embargo, *existe* un límite superior de tamaño, más allá del cual estas respuestas del comportamiento y cambios de color ya no les permiten a estas criaturas competir con sus parientes más pequeños. A un caimán le resultaría completamente imposible calentarse con la misma rapidez que a un pequeño lagarto. En un intento de conocer un poco más acerca de los dinosaurios (tanto acerca del tamaño como de la relación), Bogert unió sus fuerzas a las del experto en dinosaurios, Edwin H. Colbert, también del Museo Americano de Historia Natural, y Raymond B. Cowles de la Universidad de California y, en 1946, escogieron al caimán como animal de ensayo. En la estación biológica de Archbold, cerca de Lake Placid en Florida, el caimán americano podía ser estudiado en su medio ambiente natural, constituido por palmeras, cicádidas y coníferas que posiblemente era bastante parecido al mundo cretáceo de los dinosaurios. El equipo trabajó con trece caimanes que medían entre 30 cm y casi dos metros de longitud, y pesaban desde unos pocos gramos a 226 kg. Los animales eran atados a postes bajo el sol y se registraban las temperaturas en intervalos de diez minutos. En los experimentos iniciales —tal como se esperaba—, inmediatamente se hizo patente que, bajo la luz solar directa, el grado de incremento de la temperatura de los caimanes variaba inversamente a su tamaño. El caimán más pequeño sólo necesitaba 90 segundos para incrementar su temperatura en

1 grado, mientras que los ejemplares de 136 kg necesitaban un tiempo cinco veces superior. «Prosiguiendo con esta línea de razonamiento —dijeron Colbert, Cowles y Bogert—, podría parecer probable que en un dinosaurio adulto de diez toneladas de peso, es decir, un animal con un peso corporal de aproximadamente 9 millones de gramos, el aumento de la temperatura fuera mucho más lento que en un caimán grande. En efecto, si al dinosaurio (un animal con una masa corporal 700 veces superior a la de un caimán *grande*), se le aplicara la misma diferencia de incremento de temperatura existente entre un caimán pequeño y uno grande, se podría estimar que, para incrementar en 1 °C la temperatura corporal de los gigantes adultos extinguidos se tardarían más de 86 horas^[27]». ¡En otras palabras, si la temperatura del dinosaurio disminuyera sólo un grado por debajo de su umbral inferior de actividad, el animal tendría que tomar el sol *durante más de tres días* para volver a recuperar su temperatura normal! (Naturalmente, suponiendo que no hubiera espacios nocturnos interpuestos). Esto es absurdo. Lo que realmente significa es que, *suponiendo* que existía una temperatura medioambiental alta y constante, si la inmensa masa del dinosaurio era capaz de retener el calor durante la noche, éste comenzaría el nuevo día con apenas una disminución de sus reservas caloríficas. Si los cálculos de Colbert eran correctos, los dinosaurios podrían haber mantenido su temperatura corporal absolutamente estable (dentro de un margen de variación de unos pocos grados para la temperatura óptima) durante toda su vida adulta. Es decir, suponiendo que *realmente* hubieran vivido en regiones con temperaturas altas estables. Aunque eran animales de «sangre fría», nunca se enfriaban. Este trabajo elemental sobre los caimanes estableció que la naturaleza elefantina de los «lagartos» les otorgaba un patrón de temperatura similar al de los mamíferos o de las aves, aunque se pensaba que su fisiología y metabolismo eran totalmente distintos.

Los colaboradores en el tema hicieron numerosas objeciones a este cálculo excesivo de 86 horas para un incremento de la temperatura de un grado, de forma que, al año siguiente, Colbert, Cowles y Bogert ya habían reducido sus estimaciones a «varias horas» arguyendo que, a menos que se utilizaran cocodrilos mucho más grandes como animales de ensayo, nunca se conocería el grado exacto de calentamiento y enfriamiento de un dinosaurio^[28]. En la época en la que Colbert escribió su libro *Dinosaurs*, en 1962, había reducido las estimaciones a dos o tres horas para el incremento de 1 grado celsius en un *Brontosaurus* de treinta toneladas de peso^[29]. Bogert redujo esta cifra aún más: sostuvo que un dinosaurio de diez toneladas de peso necesitaría tomar el sol abrasador durante poco más de una hora para elevar en dos grados su temperatura corporal^[30]. La reducción de las estimaciones cambió drásticamente la situación. Si aceptamos la cifra revisada, el dinosaurio exotérmico *podría* haber perdido una notable cantidad de calor durante la noche, tal como ya previo Bogert:

Imaginemos que nuestro hipotético dinosaurio fuera activo durante el día y sometido a un enfriamiento durante la noche, tal como sucedería en cualquier región desierta en nuestros días. Si la temperatura descendiera cuatro o cinco grados por debajo de su umbral de actividad, el dinosaurio necesitaría tomar el sol durante gran parte del día siguiente a fin de volver a recuperar la temperatura umbral de actividad^[31].

Tomar el sol durante una serie ininterrumpida de horas habría tenido graves consecuencias para los dinosaurios. El estudio de Colbert sobre los caimanes previo estas consecuencias de forma bastante dramática. Colbert midió la temperatura *interna* de sus caimanes, pero cuando ésta se aproximó al grado óptimo, dos de sus animales murieron repentinamente. La razón de ello era que el sol estaba abrasando la parte externa de los cuerpos de los animales y el calor debía ser llevado a los tejidos y órganos a través de la conducción y transporte mediante la sangre. Debido a esto se había creado un gradiente, de forma que, cuando la temperatura había alcanzado sólo 38 °C, internamente la superficie escamosa se había calentado tanto que los animales perecieron. Colbert había extrapolado el tiempo requerido de calentamiento de los dinosaurios a partir de los valores determinados en los caimanes, pero se había descuidado de extrapolar el gradiente de calor existente entre la superficie interna y externa. Los dinosaurios gigantes se caracterizaban por tener una inmensa masa pero un área de superficie relativamente pequeña, y la única forma de que el sol pudiera calentar esta masa interna de carne era calentando mucho la superficie dorsal expuesta al sol. Los dinosaurios, al igual que los lagartos o los mamíferos, funcionan con una temperatura óptima (cualquiera que haya sido ésta). Para incrementar la temperatura en las zonas más profundas del cuerpo, la piel tendría que haber sufrido un calor abrasador que habría ido desapareciendo hasta que internamente se hubiera alcanzado el grado óptimo. Si en los caimanes del Mississippi de Colbert, el gradiente era considerable, en los dinosaurios de cincuenta toneladas de peso, éste debía ser sencillamente enorme. Si la sangre no había sido capaz de disipar rápidamente el calor de la superficie (transportándolo a otro lugar) en los caimanes atados, seguramente tampoco lo podría haber hecho en un dinosaurio. Por esta razón, parece muy improbable que un dinosaurio de cincuenta toneladas pudiera haber alcanzado una temperatura óptima uniforme tomando el sol como los lagartos.

Esto es simplificar un poco excesivamente el problema. Pero ilustra cómo este estudio, practicado a mediados de la década de 1940, hizo surgir muchas más preguntas de las que podía contestar. Los caimanes de Colbert fueron atados a postes bajo el sol. Si hubiesen estado descansando a orillas de un río, se habrían visto obligados a meterse en el agua o a la sombra mucho antes de alcanzar un estado crítico. De esta forma, un dinosaurio ectotérmico no atado tendría que haber estado todo el tiempo cambiando de posición, alternando entre el sol y la sombra, intentando alcanzar un equilibrio entre sus temperaturas internas y de superficie. Todo ello suponiendo que no *tenía* que mantenerse firme bajo el sol abrasador durante todo el día, a fin de recuperar el calor perdido durante la noche. Debido a que se desconocen la cantidad de calor perdido durante la noche y el tiempo de exposición necesario para recuperarlo, es difícil saber si un dinosaurio de sangre fría podría haber funcionado. Las considerables divergencias de opinión acerca de cuánto tiempo de exposición al sol era necesario para incrementar la temperatura del animal en un solo grado, ilustran el carácter especulativo de todo este ejercicio. Faltaban datos precisos de forma que, en la década de 1940, fue posible concluir que estos leviatanes reptiles eran ectotérmicos (lo cual nunca se cuestionó), pero que habían vivido en climas tropicales donde nunca se producían descensos importantes de la temperatura durante la noche. Debido a que los dinosaurios se desplazaron hacia regiones situadas más al norte y alejadas de los actuales trópicos, se dio por sentado que, en la era mesozoica, la Tierra era uniformemente cálida en una gran parte

de su superficie. No constante, resulta difícil imaginarse a una criatura de sangre fría, cuyo tonelaje superaba al de una gran familia de elefantes, manteniendo una temperatura alta estable tomando baños de sol: las contradicciones inherentes a un ectotermo de cincuenta toneladas tomando el sol parecen insuperables. Las preguntas surgidas a raíz del estudio de Colbert nunca fueron contestadas; la vasta cantidad de factores desconocidos hizo que el problema fuera insoluble. Cuando éste fue abordado de nuevo dos décadas más tarde, se hizo desde un punto de vista completamente diferente y los resultados de este nuevo enfoque mostraron por qué se habían encontrado tantas dificultades utilizando al lagarto como sustituto del dinosaurio.

II. EL TIRANO ENCUENTRA SUS PIES

Lejos del emplazamiento urbano de las festividades del Crystal Palace del príncipe Alberto, el Nuevo Mundo estaba presenciando los primeros descubrimientos de dinosaurios. Sería aquí donde el dinosaurio emergería de una curiosa manera totalmente inimaginable para Owen. En 1854, una expedición exploradora de los ingenieros topográficos de Estados Unidos se dirigió hacia el Oeste para alcanzar el río Judith cerca de su unión con el poderoso Missouri en lo que en aquel entonces era territorio de Nebraska (ahora Montana). Tratándose de una expedición de reconocimiento científico oficial, el gobierno había enviado a Ferdinand Vandiveer Hayden como geólogo del equipo, con el encargo de cartografiar la región y recoger muestras. Hayden, que sólo contaba 26 años de edad, era un veterano de una anterior expedición en busca de fósiles cuando emprendió el camino hacia el oeste desde Nueva York a las tierras de baldío del Missouri superior. Hayden estaba familiarizado con el terreno de las tierras de baldío y recorrió los afloramientos desérticos y accidentados del Judith. El terreno expuesto y desgastado por el tiempo, recorrido por profundos barrancos y cañones y carente de vegetación arbustiva, hizo fácil la recolección de muestras y Hayden volvió al Este con un alijo de grandes dientes encontrados en las arenas y arcillas cretáceas^[1]. A principios de 1858 donó estos hallazgos geológicos a la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, cuyo director era Joseph Leidy, que al mismo tiempo era también profesor de anatomía de la Universidad de Pennsylvania. La reacción inmediata de Leidy fue anunciar que Europa no había sido la única que había estado poblada de dinosaurios en el mesozoico, y que el primitivo paisaje americano seguramente también había presenciado el ascenso y la caída de estas criaturas gigantes. Algunas de las coronas nuevas de los dientes del Judith eran cónicas y ligeramente curvadas, con un borde cortante característico de las criaturas herbívoras: por lo tanto, Leidy llamó a este saurio herbívoro *Trachodon* o «diente rudo». Al igual que Mantell había descubierto que el megalosaurio, un «contemporáneo carnívoro», había sido un depredador del *Iguanodon*, en el Oeste de Norteamérica, en el cretáceo, había existido un enorme depredador que cazaba el *Trachodon*. La expedición de Hayden regresó con docenas de colmillos de este carnívoro. Los largos dientes, curvados y aserrados debían haber pertenecido a un reptil espantosamente armado, al que Leidy dio el sugestivo nombre de *Deinodon horridus* o «el más horrible de los dientes terroríficos». Leidy observó que el patrón de desgaste de los dientes daba la impresión de que «el maxilar superior e inferior se cerraban como las hojas de unas tijeras, de forma que estaban bien adaptados para penetrar, despedazar y cortar los alimentos animales^[2]». Mientras los apacibles herbívoros, el *Iguanodon* y el *Trachodon*, pastaban tranquilamente a lo largo de las orillas de los cursos de agua de las regiones interiores del cretáceo, el *Megalosaurus* y el *Deinodon* infestaban las aguas como los cocodrilos, preparados para cazar a sus contemporáneos. La lucha por la supervivencia en el remoto pasado, tan vigorosamente descrita por Leidy, con herbívoros gigantes tenidos a raya por carnívoros gigantes, era una escena tanto más notable cuanto se basaba únicamente en unos cuantos dientes rotos. Sin embargo, alrededor de 1850, Leidy pudo inspirarse también en las experiencias de los coleccionistas de fósiles ingleses. Al igual que en Inglaterra, los dientes de los dinosaurios habían aparecido antes que el esqueleto, dando una visión atormentada de la vida en el lejano mesozoico. El descubrimiento de

los restos del esqueleto de estos gigantes fue esperado con gran expectación, pero, cuando finalmente se produjo, proporcionó un duro golpe a las ideas convencionales. Cuando Leidy vio por primera vez el esqueleto de uno de sus dinosaurios americanos, éste no coincidía ni remotamente con la concepción de Richard Owen que ya se había hecho mundialmente famoso por las efigies del Crystal Palace.

Leidy no tuvo que esperar la llegada de la siguiente expedición al Oeste para obtener su esqueleto. William Parker Foulke, un miembro de la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, y colaborador habitual en temas geológicos, había pasado el verano y otoño de 1858 en Haddonfield, New Jersey. Se enteró que un granjero vecino había desenterrado unos grandes huesos mientras cavaba marga (un tipo de piedra caliza lodosa) en su granja, hacía unos veinte años aproximadamente. Estas vértebras habían llamado mucho la atención por su tamaño, y la gente se las había llevado como recuerdo. Debido a que no se habían desenterrado aún de la marga el cráneo y los miembros, Foulke se dispuso a encontrar la antigua cantera en las tierras del granjero. Haddonfield se hallaba sobre roca cretácea, por lo cual Foulke tenía la esperanza de encontrar los restos de saurios, sobre todo debido a que en la vecindad se habían encontrado fragmentos de mosasaurio. Finalmente la cantera de marga fue descubierta de nuevo por uno de los antiguos trabajadores en el fondo de un barranco, y Foulke contrató a excavadores experimentados para comenzar de nuevo las operaciones. Una vez apartadas las capas superficiales de tierra, encontraron una delgada capa de conchas de moluscos fosilizados y demenzados a una profundidad de 2,43 metros. Cuando excavaron a mayor profundidad, a unos 3 metros, dieron con una acumulación de huesos de saurio de color negro ébano. Éstos resultaron ser extremadamente friables y Foulke prodigó muchos cuidados para sacarlos individualmente, usando sólo una paleta y un cuchillo. Cuando al extraer los huesos alguno de ellos se rompía, se confeccionaba un dibujo *in situ* del hueso, de forma que más tarde pudiera ser recompuesto.

Se informó a Leidy, en la Academia de Ciencias Naturales, y éste inmediatamente fue a visitar la escena de la agitación ayudando a extraer los últimos huesos que quedaban. Tras ser informado de este tesoro en el mismo lugar del descubrimiento, Leidy visitó todas las canteras de marga de la zona buscando restos de saurios gigantes. ¡Pero a pesar de que muchos trabajadores habían visto y tocado los huesos, éstos siempre habían sido tirados y se habían perdido! Leidy se marchó con algunos fragmentos de cocodrilos y mosasaurios pero nada que pudiera competir con el impresionante esqueleto de Foulke. Foulke le presentó a la Academia de Ciencias Naturales los huesos fósiles el 14 de diciembre de 1858 y Leidy comenzó su descripción formal. Los restos pertenecían a un gran herbívoro emparentado con el *Iguanodon* inglés y Leidy les dio el nombre de *Hadrosaurus foulkii* para conmemorar al descubridor de la criatura. Buscando en la marga, Foulke había recogido además nueve dientes en forma de escudo de, aproximadamente, 5 centímetros de largo procedentes del maxilar inferior, dientes que claramente relacionaban al hadrosaurio con el *Iguanodon* y *Trachodon*. Como resultado de los laboriosos cuidados de Foulke, los frágiles huesos fueron recuperados de la roca sin sufrir daño alguno. Aparte de las vértebras, Leidy estaba también en posesión de los húmeros, radios y cúbitos de las extremidades anteriores y de los correspondientes huesos de las extremidades posteriores. Debido a que éstos fueron hallados juntos, era seguro que provenían de un solo animal.

Para sorpresa de todos existía una peculiar desproporción entre las extremidades anteriores y posteriores. El fémur estaba completo y medía 1 metro y, en cambio, el húmero del brazo superior medía sólo 58 centímetros. Leidy admitió abiertamente que si no hubiese encontrado juntos los huesos, habría compuesto dos animales bastante diferentes a partir de ellos: uno conocido solamente a partir de las extremidades posteriores y el otro a partir de las extremidades anteriores. Estimando que el número de vértebras había sido de 80 aproximadamente, Leidy supuso que la longitud total del *Hadrosaurus* había sido de 7,62 metros. Debido a que los miembros posteriores elevaban el trasero del reptil unos 1,8 metros por encima del suelo, mientras que los miembros anteriores medían menos de 1,2 metros de largo, el saurio en vida no podía haber tenido ningún parecido con el modelo de *Iguanodon* expuesto en Londres. Y, aún así, los dos estaban estrechamente emparentados. Owen había hecho más suposiciones de lo que se pensaba.

La suplantación del *Iguanodon* rinocerino de Owen trajo consigo sus propios problemas: ¿Con qué podía ser remplazado? ¿Cuál era el aspecto en vida del enigmático dinosaurio? Existen muy pocos reptiles modernos cuyas extremidades posteriores tengan un tamaño muy superior al de las anteriores. La primera impresión de Leidy fue que el *Hadrosaurus* se mantenía erecto y caminaba como un canguro, aunque éste fuera un mamífero y no un reptil. «La gran desproporción de tamaño existente entre las partes delanteras y traseras del esqueleto del *Hadrosaurus*, me llevó a sospechar que este gran lagarto herbívoro extinguido debía de tascar y ramonear manteniéndose erecto, como el canguro, sosteniéndose sobre sus extremidades posteriores y su rabo^[3]». Sin embargo, el *Hadrosaurus* era un reptil y no un mamífero, hecho que claramente inquietaba a Leidy que estaba buscando un modelo de reptil que le permitiera mantener a su hadrosaurio en una postura postrada. La solución vino dada por otra de las restauraciones de Owen del Crystal Palace, el *Labyrinthodon*. Hawkins se había encargado de restaurar el *Labyrinthodon*, dándole el aspecto de una rana de tamaño humano y Leidy se aferró a esto como la única alternativa viable al canguro en el ámbito de los animales de sangre fría. «No es improbable —concluyó cubriendo de esta manera todas las opciones posibles— que el *Hadrosaurus* adoptara normalmente una posición postrada, evolucionando posteriormente de la forma que se cree hizo el *Labyrinthodon*, un batracio extinguido (anfibia) en un período anterior^[4]». Los anfibios del triásico, de hecho, no presentaban ninguna de las especializaciones peculiares para saltar que observamos en las ranas. Cuando apareció el resto del cuerpo, el *Labyrinthodon* resultó ser una bestia con forma de cocodrilo que probablemente vivió de forma similar en los ríos y pantanos del triásico. Leidy pronto abandonó la rana y volvió a recurrir a la analogía del canguro.

La sospecha de Leidy, de que el voluminoso hadrosaurio había tenido una locomoción similar a la del canguro, fue respaldada totalmente cuando en las canteras de marga de New Jersey apareció otro saurio, encontrado por uno de sus antiguos estudiantes, Edward Dunker Cope. Cope había sido un niño precoz cuyo interés permanente había estado dedicado a los reptiles; a la edad de diez años hacía unos dibujos a escala exactos de los complejos huesos craneales de los ictiosaurios expuestos en la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia. No obstante, su conducta en la escuela era considerablemente peor de la esperada en un cuáquero. Su tendencia penderciera, tanto física como intelectual resurgiría años más tarde con consecuencias dramáticas cuando se vio involucrado en su infame lucha contra el paleontólogo de Yale, O. C. Marsh. Cope

resultaría ser la fuerza impulsora para la búsqueda de saurios mesozoicos durante tres décadas en el Nuevo Mundo: «impulsor» es la palabra clave debido a que su carácter era de urgencia, energía y ambición, mezclado con orgullo y envidia: una combinación explosiva. Poseía un temperamento fiero, carácter combativo y una desmedida capacidad de investigación. En 1858, a los 18 años de edad, Cope desafió por primera vez a los eminentes académicos de Filadelfia, remitiéndole a la Academia de Ciencias Naturales un artículo sobre los aspectos más delicados de la clasificación de las salamandras que inmediatamente fue reconocido y publicado. En sólo tres años aparecieron *treinta* artículos adicionales sobre la clasificación de las serpientes, lagartos y anfibios. Al final de esta época, Cope *comenzó* su educación zoológica formal asistiendo al curso de Joseph Leidy de anatomía comparada en la Universidad de Pennsylvania. (Cope publicó de forma prolífica —1400 artículos, libros y monografías durante su vida—, produciendo los artículos con tanta rapidez que cometió numerosos errores aunque su orgullo nunca le permitió admitirlos). La habilidad de Cope fue reconocida rápidamente por los eminentes científicos de la Academia de Ciencias Naturales y, en 1861, fue elegido como miembro; cuatro años más tarde se convirtió en su director. Con el comienzo de la guerra civil norteamericana, Cope, a pesar del voto de pacifismo de los cuáqueros, se vio profundamente comprometido, haciendo que su padre lo enviara de viaje a Europa para que no se uniera al Ejército de la Unión. Cuando, en 1864, regresó de su viaje a Europa, se convirtió en profesor de zoología en el Haverfort College cuando sólo contaba 24 años de edad. El carácter nervioso de Cope hacía que éste no se adaptara a la existencia universitaria sedentaria. Su carácter extremadamente individualista tampoco hubiese permitido que la universidad le quitara todo su tiempo; la enseñanza había acaparado mucho tiempo de Leidy, quedándole a éste muy pocas horas para la investigación, y Cope había aprendido la lección. Además, las conferencias de Leidy sobre los saurios gigantes extinguidos como el *Hadrosaurus* habían estimulado la imaginación de Cope, de forma que éste ansiaba ir a vivir al distrito de Haddonfield donde estaban enterrados los monstruos. Hizo frecuentes viajes a las canteras de marga de New Jersey que contenían los restos de los dinosaurios y, en 1866, se compró una casa en la región. Su recolección de fósiles tuvo tanto éxito que dos años más tarde dimitió de su puesto en la facultad, vendió la granja que su padre le había regalado (con la vana esperanza de que su hijo le tomara afición a la vida en el campo) y «se retiró» a Haddonfield para dedicarse por completo a la búsqueda de nuevos saurios.

En el verano de 1866, en una de sus periódicas visitas a las canteras de West Jersey, encontró su primer dinosaurio, un fémur de hadrosaurio de aproximadamente 76 centímetros de longitud. Deliberadamente procuró convertirse en un personaje conocido en toda la región de las canteras para asegurarse de que le fueran comunicados todos los hallazgos de fósiles en cuanto éstos se produjeran. Su sistema funcionó. A finales del mismo verano, cuando una de las canteras estaba produciendo una gran cantidad de restos de saurios, Cope fue llamado precipitadamente. Los huesos habían producido un estado de excitación y Cope escribió a su padre describiéndole la vista que se le había ofrecido desde el fondo de la cantera:

Hallé los restos que tenían un interés mucho mayor del que había esperado —se trataba, nada más ni nada menos, ¡que de un dinosaurio carnívoro gigantesco totalmente nuevo, probablemente del género *Megalosaurus* de Buckland!, que fue el devorador y

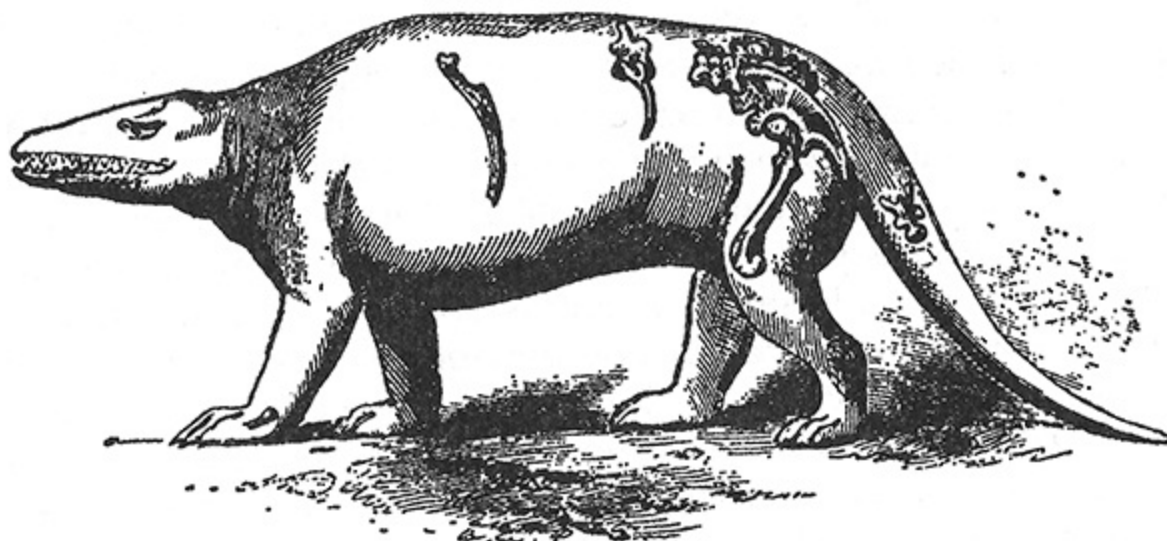
destructor del *Hadrosaurus* de Leidy y de todo lo que podía atrapar—. Se ha conservado una garra o falange de los dedos que como mínimo mide 20 centímetros de longitud; su forma es como la garra de un águila y como la zarpa de un león^[5].

Este descubrimiento reforzaría la reputación internacional de Cope. El *Hadrosaurus* cretáceo de New Jersey había finalmente encontrado su pareja. «El descubrimiento de este animal llenó el vacío en la fauna cretácea —escribió Cope, adoptando la ética gladiatorial predominante—, revelando al enemigo carnívoro del gran *Hadrosaurus* herbívoro^[6]». El adversario del hadrosaurio no era el megalosaurio inglés, sino un protagonista mucho más formidable. Se trataba, dijo Cope, observando más detenidamente los dientes en forma de daga y las garras, del carnívoro terrestre más rapaz que el mundo haya conocido. Cuando exhibió el dinosaurio ante la Academia de Ciencias Naturales, en agosto de 1866, escogió para la bestia depredadora el nombre de *Laelaps aquilunguis*. (En la mitología griega, Laelapo, era un veloz perro que la diosa Diana había regalado al joven Céfalo, amante de la caza. Un día durante la caza, Laelapo fue convertido en piedra por los dioses, siendo su postura tan natural que parecía estar a punto de saltar).

Afortunadamente, el esqueleto de Cope incluía los huesos de las extremidades anteriores y posteriores y la discrepancia de tamaño era incluso más marcada que en el saurio de Leidy. El fémur de 78 cm de longitud hacía parecer más pequeño al correspondiente hueso del brazo que, restaurado, habría alcanzado una longitud de 30 centímetros. (El hueso de Cope estaba incompleto). Este hallazgo apoyó la teoría de Leidy de que estos animales habían sido canguros reptiles gigantes. El escenario cretáceo quedó así bien definido: los *Hadrosaurus* y *Laelaps* saltaban como canguros monstruosos a pesar de que tenían una longitud superior a los 6 metros y se perseguían mutuamente de esta manera. Las extremidades anteriores ridículamente pequeñas del *Laelaps* no servían como armas de ataque; esta función quedaba relegada a las extremidades posteriores con aspecto de garras de águila. El *Laelaps* saltaba persiguiendo al hadrosaurio mientras que simultáneamente lo hería con sus garras. O al menos esto era lo que pensaba Cope.

Los descubrimientos de Cope fueron hechos en un momento oportuno. Sus dinosaurios resucitados pronto serían devueltos a su supuesto aspecto natural, al igual que lo habían sido sus contemporáneos en Londres unas cuantas décadas antes. La fama de las restauraciones del Crystal Palace se había extendido hasta el otro lado del Atlántico seguida de cerca de su inventor Waterhouse Hawkins. Los miembros de la comisión encargada del Central Park en Nueva York se daban perfecta cuenta del valor educativo de la aventura de Londres. Andrew Green, que era el administrador de la comisión, observó, en 1868, que «aunque el parque de Sydenham está situado a varios kilómetros de distancia de la metrópoli, y a pesar de que hay que pagar una entrada, miles de personas lo han visitado anualmente en los últimos quince años, siendo las restauraciones de los animales un elemento permanente de atracción y una fuente de valiosa instrucción para multitud de personas que de ninguna otra manera hubiesen podido adquirir este tipo de conocimiento^[7]». Al igual que Hawkins, Green creía en la educación a través de la «enseñanza objetiva» y fue la fuerza impulsora para la fundación del Museo Americano de Historia Natural en 1869. En mayo de 1868, Green se dirigió a Hawkins, en Nueva York, con la petición «de realizar la resurrección de un grupo de animales de los períodos antiguos del continente americano».

Hawkins no se pudo resistir a la oferta y rápidamente empezó a trabajar visitando los museos de Washington, New Bruswick, Albany o New Haven en busca de sujetos dramáticos adecuados. En Filadelfia se encontró con Cope y Leidy en la Academia de Ciencias Naturales y su búsqueda acabó cuando vio los saurios gigantes expuestos en el museo de la Academia^[8]. La insistencia de Leidy en la lucha por la supervivencia con dientes y garras en los tiempos prehistóricos, visión magnificada y descrita de forma aún más sanguinaria por Cope, evidentemente tuvo una gran influencia sobre Hawkins que se expresó a través de las posturas que éste tenía planeadas para sus criaturas.



a. *Megalosaurus*, el dinosaurio carnívoro jurásico, tal como se lo imaginaba Owen en 1854. Éste contrastaba con la idea que tenía Cope del carnívoro *Laelaps* menos de dos décadas más tarde. Los paleontólogos que trabajaban en América fueron los primeros en darse cuenta de que los carnívoros andaban sobre las patas traseras.

Desde setiembre hasta diciembre de 1868 estuvo haciendo moldes de los fósiles del *Hadrosaurus* y *Laelaps* del museo, rellenando los huecos dejados por los huesos que faltaban con réplicas de yeso. Mientras Hawkins estaba en el museo, los recolectores de Cope en Kansas enviaron a Filadelfia un plesiosaurio de 12 metros de longitud con cuello de serpiente encontrado en la creta y, aparentemente, fue el propio Hawkins quien durante un mes se dedicó a «sacarlo de la matriz» para Cope, antes de hacer los moldes para su propio museo propuesto en Central Park^[9].

Este plesiosaurio de cuello largo, descrito por Cope en 1868 y llamado *Elasmosaurus* (o «reptil de cinta»), desencadenaría la rivalidad paleontológica más explosiva de todos los tiempos, enemistad que marcaría a la paleontología americana durante los siguientes veinte años. Cope prosperó con la controversia pero fue el amargo perdedor. Así, su amistad con Othniel Charles Marsh, profesor de paleontología en el recientemente inaugurado Museo Peabody de Historia Natural, en la Universidad de Yale, se convirtió repentinamente en antagonismo y finalmente en amargura, cuando Marsh osó criticar la restauración del elasmosaurio de Cope.

A diferencia de sus contemporáneos con talento y prolíficos, Marsh esperó treinta años antes de publicar un artículo. En su infancia había sido tímido y arisco, e incluso a los 21 años de edad

aún se imaginaba un futuro seguro, o incluso trivial, en una profesión comercial mecánica. No era un comienzo muy propicio para un futuro líder de la ciencia norteamericana. El catalizador que inició el tardío despegue fue el dinero. Marsh era el sobrino del millonario George Peabody, a quien los negocios prósperos en la Banca de Londres y tendencias filantrópicas convirtieron en el objetivo natural de los necesitados familiares. Peabody, consciente de su propia falta de educación sólida, donó gran parte de su fortuna a instituciones educativas. Marsh dedujo sagazmente que Peabody nunca le daría dinero a un sobrino poco *ambicioso*. Así, en un intento de impresionar a su tío, Marsh —que había ingresado en la Academia Phillips de Andover, una escuela de preparación a los estudios universitarios, a los 21 años de edad, donde adoptó el apodo de «Daddy»—, comenzó a reunir distinciones, honores y buenas calificaciones. Envió éstos a su distinguido tío junto con una prudente petición de dinero que le permitiese continuar su educación en la universidad. Peabody respondió a la iniciativa y envió al ya adulto Marsh (que entonces tenía 25 años) a la Universidad de Yale.

Marsh pasó los años que duró la guerra civil de Estados Unidos en Europa, examinando las colecciones fósiles y calculando su siguiente jugada. Cope, en su gira electoral por las capitales europeas, explorando los sótanos de todos los museos e informándose sobre cualquier persona de importancia, visitó a Marsh en la Universidad de Berlín en 1863. Éste fue su primer encuentro. Marsh tenía 32 años y Cope era nueve años más joven. Marsh, con sus comienzos tardíos, acababa de comenzar a contribuir a la ciencia mientras que Cope ya había publicado multitud de artículos científicos. Nada concreto los dividía, aunque Marsh pensó que «las excentricidades de la conducta» de Cope eran difíciles de tolerar. En años posteriores, Marsh declaró que ya entonces dudó de la cordura de Cope, un recuerdo nublado por una vida de mutuo odio. Fue el clásico choque de personalidades: el impetuoso, enérgico Cope, imaginativo y excitable, rápido en formarse opiniones en contraposición con el impasible Marsh. Marsh, de hecho, se pasó los años en el extranjero ideando una manera de obtener aún más dinero de su tío. Esperaba poder utilizar su influencia para persuadir a Peabody que fundara un museo de historia natural en Yale, consiguiendo él de paso un puesto como profesor. La táctica funcionó. Marsh asombró a sus profesores de Yale con el anuncio de que su tío iba a donar 150 000 dólares para la fundación de un museo y una cátedra de paleontología. A modo de gratitud, las autoridades con mucho gusto le concedieron a Marsh una cátedra. Teniendo ahora garantizados por Peabody los ingresos de por vida, Marsh podía libremente investigar y explorar. Desde esta posición ventajosa fue escalando puestos, cogiéndole el gusto al prestigio adquirido que sólo podía ser satisfecho con nuevos nombramientos. Fue designado paleontólogo especializado en vertebrados del Geological Survey de Estados Unidos, lo cual hizo que sus fondos aumentaran aún más. Mientras que las menguantes finanzas de Cope en años posteriores provocaron su retiro a los confines de su casa, que servía al mismo tiempo de museo y laboratorio, Marsh disfrutaba de todos los recursos del espacioso Museo Peabody, del acceso al Survey (que patrocinaba sus exploraciones en el campo y pagaba al equipo de Yale) y del lujo de una mansión de 18 habitaciones en New Haven. Mientras proliferaban los artículos de Cope, el prestigio de Marsh iba aumentando y ambos hombres se observaban recelosamente. Marsh, cuyos artículos científicos siempre estaban bien planeados y ejecutados, trabajaba metódicamente e individualmente de forma que su volumen de producción

sólo constituía una fracción del publicado por Cope. Cope, siempre oportunista, pasaba de un tema a otro, siendo incapaz de ignorar material alguno que se le presentase. Sus artículos trataban sobre cualquier tema, desde los fósiles de tiburones hasta su propia teoría de los mecanismos de la evolución. Marsh, que desgraciadamente no era un teórico, se limitaba al sólido trabajo descriptivo, describiendo sus resultados en la prosa paleontológica más pesada. Marsh, de hecho, podía permitirse el lujo de desdeñar los errores. Cope, que frecuentemente se precipitaba para obtener la prioridad, metió la pata más de una vez. Fue en este punto cuando finalmente estos dos voluntariosos protagonistas se enfrentaron abiertamente.

Las descripciones publicadas por Cope acerca del «reptil de cinta» hicieron que pareciese la criatura más notable de todos los tiempos, tan radicalmente diferente a todas las demás que necesitaba el reconocimiento de un orden de reptiles totalmente nuevo: los estreptosaurios o «reptiles retorcidos», llamados así por su largo y flexible cuello. El boceto de la restauración de Cope de esta «milagrosa creación», tal como la denominaba sarcásticamente Marsh, apareció en la revista *Transactions* de la Sociedad Filosófica Americana. El dibujo se basaba en el esqueleto reconstruido del elasmosaurio en el museo de la Academia de Ciencias Naturales, exposición que Cope orgullosamente mostró a Marsh durante la visita que este último hizo a Filadelfia en 1870. Cope no pudo disfrutar mucho tiempo de su preciada posesión. Cuando Marsh vio el esqueleto y Cope le explicó sus peculiaridades, inmediatamente se dio cuenta de cuál era la razón de la singularidad de la criatura. «Observé que las articulaciones de las vértebras estaban puestas al revés —explicó Marsh más tarde— y le sugerí suavemente que había confundido la parte delantera y trasera del animal^[10]». Cope estaba furioso y se lo hizo saber a Marsh en términos no precisamente vagos. No había estado estudiando el animal durante tantos años para ni siquiera poder distinguir un extremo de otro.

Parece que efectivamente sí se había equivocado ya que el profesor Leidy cogió tranquilamente la última vértebra de la «cola» y la adaptó al cráneo. Cope, en efecto, había colocado la cabeza en el extremo de la cola, creando así la maravillosa criatura a partir de sus restauraciones. Cuando Marsh sacó a relucir las dudas de Leidy, «la vanidad herida de Cope recibió un golpe del cual nunca más se recuperó y desde entonces ha sido mi implacable enemigo», dijo Marsh más tarde. El desconcertado Cope rápidamente procuró comprar, con su propio dinero, todos aquellos ejemplares de *Transactions* que contenían su restauración. Marsh naturalmente se guardó dos copias. A partir de este momento, Marsh y Cope fueron implacables adversarios, compitiendo en cualquier aventura y luchando continuamente por la primicia de las publicaciones. Durante dos décadas, la paleontología americana estuvo dominada por esta enemistad, y la motivación que incitaba a ambos hombres a buscar fósiles, debe ser considerada un producto de la misma. La guerra, en realidad, no se desencadenaría hasta 1877. En este año, Marsh anunció al mundo el descubrimiento de un dinosaurio realmente gigante, el «reptil titánico» o *Titanosaurus*. En el mismo artículo que apareció en julio, aprovechó para observar que la bestia especial de Cope, el *Laelaps*, llevaba el mismo nombre que al menos otras dos criaturas. Debido a que éstas habían recibido su nombre unos treinta años antes tenían prioridad. De acuerdo con las reglas que rigen la designación de nombres, «Laelaps» debería ser cambiado y el propio Marsh le dio el nuevo nombre de *Dryptosaurus*^[11]. Cope no le prestó ninguna atención a la

corrección y continuó utilizando el nombre de *Laelapos* hasta su muerte. ¡Sin embargo, a los pocos días de haberse publicado el artículo de Marsh, Cope se desquitó declarando que *Titanosaurus* era un nombre que ya pertenecía a otro animal y que sería mejor que Marsh buscara otro^[12]! El «debate» continuó en este tono histérico mientras que los otros paleontólogos, procurando no ser arrastrados hacia esta lucha, tomaron un rumbo más sensato.

Entretanto, el culpable original, el *Elasmosaurus*, al igual que los otros saurios de la Academia de Ciencias Naturales, había sido dibujado por el infatigable Hawkins que también hizo los moldes. La Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia le proporcionó las instalaciones y los equipos y, a cambio, recibió la primera restauración del esqueleto en tamaño natural de un *Hadrosaurus* de 11,9 metros de longitud, que se apoyaba sobre las extremidades posteriores agarrado a un árbol con los brazos y ramoneando. Este modelo permaneció expuesto en la Academia durante muchos años antes de ser desmantelado. En diciembre de 1868, Hawkins volvió a Nueva York y comenzó el trabajo de restauración en un taller paleontológico especialmente instalado en la parte sudoccidental del Central Park. Allí empezó a reconstruir dos modelos de *Hadrosaurus*, uno erguido como el espécimen de la Academia de Ciencias Naturales y otro acostado en una postura parecida a la de las esfinges, con miembros posteriores enormes y pies de ave.

Los reptiles gigantes debían ser alojados en el Museo Paleozoico planeado para el parque. Al igual que su homólogo de Londres, el edificio estaba diseñado como un edificio enorme de cristal con una estructura de hierro y un techo abovedado. Mucho antes de que comenzaran los trabajos del museo, Hawkins ya había hecho dibujos de su interior y, a partir de éstos, nos podemos hacer una idea de las posturas que tenía previstas. El *Hadrosaurus* más grande del dibujo era atacado por uno de los *Laelaps* más pequeños pero feroces, mientras que otros dos *Laelaps* se peleaban encima de un enorme cadáver. A sus pies estaban escondidos en el agua plesiosaurios gigantes y mosasaurios. También estaba previsto realizar modelos de los animales contemporáneos más espectaculares del hombre primitivo como los mamuts, alces gigantes, armadillos gigantes y perezosos gigantes. El objetivo era, según el informe anual de la comisión, representar «una historia visual completa del continente americano desde los inicios de la creación hasta nuestros días». Aun no alcanzando este objetivo, el museo hubiese ilustrado gráficamente aquellos períodos de la historia de la Tierra en los cuales verdaderamente reinaban los gigantes.

Los cimientos fueron echados por el principal jardinero paisajista de Norteamérica, Frederick Law Olmstead, en la acera opuesta de la Calle 63, y antes de su debido tiempo aparecieron mapas del parque que ya ilustraban el edificio del museo^[13]. Los sucesos que se produjeron a continuación son difíciles de esclarecer debido a que los hechos que conocemos son de carácter muy fragmentario. Durante varios años, William Marcy Tweed había estado construyéndose un imperio privado en Nueva York. El círculo de Tweed había logrado, mediante dinero o amenazas, el control completo sobre todos los bastiones de poder de la ciudad, desde los cuarteles generales del Partido Demócrata hasta la administración de justicia. Los secuaces de Tweed fueron introducidos en todos los puestos ejecutivos clave. El historiador A. B. Callow dijo recientemente: «Desde 1866 a 1871, la organización de Tweed saqueó la ciudad de Nueva York con tal precisión que ha recibido la singular distinción de ser etiquetada como el modelo de corrupción cívica en la

historia municipal de Estados Unidos^[14]». El saqueo mediante la corrupción y robo del tesoro hicieron de «Boss» Tweed un hombre inmensamente rico, lo cual a su vez hizo que aumentara su dominio completo sobre la ciudad y se convirtiera en el tercer propietario más rico de bienes raíces en Nueva York. Tweed conservaba su poder político mediante el patrocinio, proporcionando puestos de trabajo a cambio de un apoyo continuo. Para poder acomodar a sus partidarios necesitaba tener el control de grandes zonas de la ciudad y no constituye ninguna sorpresa que pronto echara el ojo a la dirección del Central Park. En 1870 forzó a la asamblea legislativa a que aboliera la comisión de Andrew Green y colocó a sus propios hombres en los puestos de control. Green vio impotente cómo la mano derecha de Tweed, Peter *Brains* Sweeny, tomaba el control sobre el parque. El *New York Times*, una de las pocas instituciones que fueron capaces de resistirse al grupo, profetizó la explotación sistemática y el consiguiente ocaso del parque.

La nueva administración de Tweed, que se hizo cargo de la dirección el 1 de mayo de 1870, desde el principio estuvo en contra del Museo Paleozoico. Aparentemente, el trabajo fue interrumpido porque estaba costándole demasiado dinero a los contribuyentes. El coste final estimado del edificio era de 300 000 dólares, lo cual «parecía una suma demasiado grande como para ser gastada para un edificio dedicado totalmente a la paleontología, una ciencia que, pese a ser interesante, es en la actualidad tan imperfectamente conocida como para no justificar un gasto público tan grande para ilustrarla». Resulta irónico a la luz de esta declaración que el grupo de Tweed se gastara 8 millones de dólares en los primeros dieciocho meses patrocinando empleos a *cuatro mil* trabajadores en el parque, para el cual Green sólo había necesitado un cuarto de millón de dólares al año. Algunos meses más tarde, un portavoz del Liceo de Historia Natural del Museo Americano, uno del cada vez más creciente número de adversarios de Tweed, satirizó la posición de Tweed: «El profesor Hawkins —dijo imitando a Tweed— ha estado estudiando libros y huesos; ¿qué es lo que sabe acerca de la dirección de Central Park? De todas formas, sólo era un inglés y la idea de intentar obtener un museo en esta ciudad sin tener un plan para dividir los beneficios era absurda^[15]». El grupo de Tweed, al ver que el museo no le producía beneficio alguno, decidió demolerlo hasta los cimientos.

A principios de 1871 los modelos de Hawkins estaban a punto de quedar terminados en su taller. Una ilustración en la revista *Repart* de la comisión muestra que, en 1868, había completado el *Hadrosaurus* más pequeño y realizado el molde del esqueleto de otro más grande. Probablemente también había acabado el elasmosaurio con cuello de serpiente. Un inventario del parque, realizado por el grupo de Tweed al día siguiente de la toma de posesión, muestra que había construido el rapaz *Laelaps* y «siete moldes de yeso» de tipo no especificado. Pero éstos no sobrevivirían. Un día de primavera de 1871, por orden de los funcionarios de Tweed y con la bendición de Sweeny, unos vándalos entraron en el taller y destrozaron los dinosaurios a martillazos enterrando posteriormente los trozos en el parque. Los moldes y maquetas fueron destruidos en un acto de puro vandalismo caprichoso, mientras que el conmocionado Hawkins era insultado diciéndole que «no se preocupara de los animales muertos habiendo tantos animales vivos que cuidar^[16]». No existe motivación alguna para esta destrucción. Boss Tweed podría haberse forrado los bolsillos vendiendo los modelos a la Smithsonian Institution de Washington que con gusto los habría aceptado. El desprecio de Tweed por el proyecto podría haber surgido a

raíz de un prejuicio religioso profundamente arraigado. Ciertamente parecía ser escéptico respecto a la antigüedad de los dinosaurios, refiriéndose a los modelos de Hawkins como «especímenes de animales que se dice precedentes del período preadanita^[17]». Unos meses más tarde se produjo la caída de Tweed inducida por Louis Jennings, un editor inglés contratado especialmente para este fin por el *New York Times*. Las invectivas y exposición de los fraudes realizados por el *Times* provocaron la pérdida de poder político del grupo de Tweed y el procesamiento de sus líderes. Tweed y Sweeny huyeron al extranjero y la comisión del parque volvió a manos del competente Andrew Green. Pero entonces el daño ya estaba hecho.

Hawkins, abrumado, regresó a la Escuela de Nueva Jersey (Universidad de Princeton) y, después de un retiro académico de varios años, volvió a su Inglaterra nativa en 1877. La animosidad de Tweed hacia las creaciones impías de Hawkins no podía haber tenido una influencia duradera ya que, en 1875, Hawkins volvió a trabajar de nuevo y en el espacio de sólo dos años acabó (o casi acabó) una serie de diecisiete grandes pinturas para la universidad. Las escenas prehistóricas, que se basaban en gran medida en sus investigaciones colectivas del Crystal Palace y Central Park, son asombrosas por su intento de infundir algo de vida en los dinosaurios resucitados^[18]. Incluso hizo un esfuerzo final para reanimar al *Hadrosaurus* dejado a su suerte, interrumpiendo sus pinturas en 1878 para construir una efigie de tamaño natural para el centenario de la Declaración de la Independencia, celebrado con una exposición internacional en Filadelfia. Debido a que el modelo fue encargado por el National Museum en Washington, más tarde fue devuelto a la capital y colocado al aire libre enfrente del museo. Sin embargo, este modelo tampoco estaba destinado a sobrevivir. Parece ser que Hawkins lo fabricó de yeso y a consecuencia de estar expuesto a la intemperie, simplemente se fue degradando con el tiempo.

Una consecuencia del descubrimiento de dinosaurios con aspecto de canguros era que muchas personas miraban despectivamente a los modelos del Crystal Palace, que parecían rinocerontes reptiles. Marsh era un crítico especialmente duro. No era capaz de ver las restauraciones desde un punto de vista histórico, como producto del limitado conocimiento del que disponían Owen y Hawkins. Tras visitar el palacio, en 1895, hizo unos comentarios despectivos referentes a los modelos en una convención de la Asociación Británica:

Los dinosaurios parecen... haber sufrido mucho tanto por sus enemigos como por sus amigos. Muchos de ellos fueron destruidos y desmembrados hace tiempo por sus enemigos naturales, pero, incluso más recientemente, sus amigos les han hecho injusticia reuniendo sus restos esparcidos y restaurándolos con sus formas de vida supuestas... Por lo que yo puedo juzgar, no existe nada parecido a ellos en el cielo, o en la Tierra, o en los mares o bajo la Tierra. Nosotros ahora sabemos de buena fuente que el *Megalosaurus* y el *Iguanodon* eran bípedos, y representarlos arrastrándose, excepto en su más tierna juventud, sería casi tan absurdo como hacer lo mismo en el género *Homo*^[19].

Los monstruos podían haber parecido unas curiosas reliquias en la época de Marsh, pero sus críticas eran injustas: en 1854 no había ninguna razón para sospechar que muchos dinosaurios tenían el aspecto de canguros gigantes.

De hecho, los paleontólogos ingleses habían respondido rápidamente a los descubrimientos americanos y no tardó mucho en producirse la aceptación total. Thomas Henry Huxley, profesor extraordinario de paleontología en la Escuela de Ingeniería de Jermyn Street (que más tarde se convertiría en el London University's Imperial College), celebró el hallazgo de Leidy y dijo que los dinosaurios ingleses como el *Iguanodon* también debían de haberse apoyado sobre sus patas traseras. Además, las huellas de los pies con tres dedos halladas en los Weald (hechas por una gran criatura de zancada larga: probablemente el mismo *Iguanodon*) le hicieron pensar que esta criatura *caminaba* erguida sobre sus patas traseras. Huxley, sin embargo, como ardiente evolucionista, tenía otros motivos para aceptar las teorías de Leidy. Apenas se había publicado el *Origen de las especies*, en 1859, cuando la tenaz defensa de Huxley de sus principios ante los paleontólogos y el clero por igual le valieron el apodo de «bulldog de Darwin». Una vez Darwin hubo preparado el trabajo preliminar y visto publicado su libro, el *Origen de las especies*, se retiró de la arena y dejó que Huxley combatiera por él. Por ello, cualquier cosa que apoyara la causa darwiniana sería aprovechada por Huxley. Allá donde Darwin no osaba entrar, Huxley se lanzaba a batallar. Huxley no tenía escrúpulos en sacar al hombre de su inamovible posición en el Universo. El origen evolucionista del hombre era un tema incendiario, que con toda garantía provocaría gritos de indignación del clero y Huxley disfrutaba acosando a la oposición. La imagen victoriana barbuda, severa y ceñuda de su retrato no muestra el encanto de este atractivo *provocador* que se escondía en su interior. Nadie se libraba de los ataques de Huxley; primeros ministros, científicos y clérigos, todos eran tratados con el mismo entusiasmo. «Los extinguidos teólogos —se mofó en 1860— están esparcidos alrededor de las cunas de cada ciencia sin hacer nada, como las serpientes estranguladas junto a la de Hércules». En posteriores años dedicó cada vez más tiempo a los trabajos polémicos, llevando la bandera evolucionista al campo de los adversarios, con tal éxito que él mismo se otorgó el título de *Episcophagous* o «tragaobispos». Fue el primero en comprender completamente las implicaciones de la evolución para el hombre, y fue el primer agnóstico. El deshacerse hábilmente de la oposición clerical, sin embargo, sólo era una vía de escape para las inclinaciones maliciosas de Huxley; fue en su batalla contra sus superiores académicos, y especialmente en su utilización de los fósiles como prueba de la evolución, donde Huxley prestó su más valioso servicio a la causa evolucionista.

De esta forma ocurrió que, en una de sus conferencias extremadamente populares en la Royal Institution en 1868, Huxley comenzó su violento ataque contra los principales problemas paleontológicos con los que se enfrentaba la doctrina de la evolución. ¿Cómo es que, arguyó en nombre de sus protagonistas, si todos los animales han surgido de un mismo tronco común, existan esos grandes saltos que se dan entre peces y reptiles, reptiles y mamíferos, etc.? Nosotros, los que creemos en la evolución, replicamos que en otros tiempos existieron formas que revolucionaban unas especies con otras, pero que ahora están extinguidas. Por ejemplo, parece que existe un gran salto entre los reptiles y las aves. Sin embargo, el recientemente descubierto *Archaeopteryx*, o «pluma antigua» de Solnhofen en Baviera era un perfecto semireptil, semiave que vivió en la época jurásica: tenía plumas pero al mismo tiempo también dientes, una larga cola ósea y dedos largos. Las aves saltan o corren con las patas traseras, de forma que Huxley investigó si existía algún reptil que hiciera lo mismo y que pudiera estar a medio camino de las aves. El

Iguanodon, con sus pies traseros con tres dedos, era la criatura idónea. El *Iguanodon* erguido y sus aliados estaban dotados de cuartos traseros «sorprendentemente parecidos» a los de las aves, proporcionándole a Huxley el primer indicio de la antigüedad de las aves. El pequeño dinosaurio con el nombre de *Compsognathus*, un contemporáneo del híbrido *Archaeopteryx*, hallado en los depósitos de pizarra de Baviera, tenía un aspecto aún más parecido al de un ave. Debido a que sólo medía 60,8 centímetros de longitud, también se parecía más a las aves primitivas por su tamaño y, por lo tanto, hacía que los argumentos de los adversarios, referentes al tamaño gigantesco del *Iguanodon*, fueran menos molestos. Unos miembros traseros largos y delicados proporcionaban al *Compsognathus* cierto parecido con las aves. «Es imposible mirar la conformación de este extraño reptil —dijo Huxley durante una conferencia en la Royal Institution— y dudar de que andaba o saltaba en una postura erguida o semi erguida, más o menos como un ave, con las que debía de tener un extraordinario parecido gracias a su cuello largo, su diminuta cabeza y sus pequeños miembros anteriores^[20]».

El absoluto compromiso de Huxley con la causa evolucionista le llevó a apreciar rápidamente la importancia de los descubrimientos de Leidy y acelerar su reconocimiento en Inglaterra. Huxley estaba entonces en una posición que le permitía reinterpretar las observaciones de Edward Hitchcock acerca de las huellas de «ave» de la antigua Nueva Piedra Arcillosa Roja del triásico de Connecticut y Massachusetts. Hitchcock era el presidente del Amherst College y profesor de teología natural y geología y, gracias a su intervención, la escuela fue la primera en obtener algunas de las extraordinarias huellas fósiles de tres dedos en 1835. Hitchcock las guardó en su «armario», nombre bajo el cual se conocía la colección de fósiles. Las huellas habían sido descubiertas en el valle cruzado por el río Connecticut y habían sido llevadas a Hitchcock para su identificación. Éste se dio cuenta de su valor y estuvo trabajando durante tres décadas, recorriendo los 128 kilómetros de longitud del valle y descubriendo 21 lugares con huellas de pies. En 1848 poseía las huellas características de 49 especies, de las cuales 32 eran criaturas erguidas, bípedas con sólo tres o cuatro dedos. Debido a que las huellas se parecían a las de aves caminando por el agua, Hitchcock les dio el nombre de «huellas de ave pétreas». Por sugerencia de James Dana, que más tarde se convertiría en el partidario incondicional de Darwin en la Universidad de Yale, Hitchcock asignó nombres a todas sus huellas para evitar la confusión, dividiéndolas de acuerdo con características tales como número y grosor de los dedos, presencia de talón, etc. Algunos de sus colegas objetaron que no era una práctica común darle nombres a criaturas de las cuales no se habían descubierto los restos verdaderos. Nunca se hallaron los esqueletos, pero Hitchcock argumentó persuasivamente que unos pies particulares debían caracterizar a unos animales particulares: no existiría confusión alguna entre avestruces y águilas o carnívoros y rumiantes aunque sólo se conocieran sus huellas. En realidad, la anatomía comparada de Cuvier había hecho que este enfoque fuera respetable. A partir de un único hueso, el barón francés había reconstruido un animal entero y de forma similar, a partir de una sola huella de un pie podía evocar a su artífice. «Cualquiera —decía Cuvier— que observe la huella de una pezuña podrá concluir que ésta ha sido hecha por un animal rumiante, y considerar que estas conclusiones son tan ciertas como lo puedan ser otras en física o ética». A partir de una huella, la técnica comparativa de Cuvier le permitía evocar intensamente la criatura hasta el punto de poder describir sus dientes.

Con este impresionante precedente, Hitchcock comenzó a trabajar describiendo las criaturas que, en la época del triásico, habían pululado por el valle del Connecticut dejando sólo sus huellas como recuerdo. Se pensaba que muchas de las huellas de cuadrúpedos habían sido dejadas por el *Labyrinthodon* al pasar, pero, en general, las huellas eran de tres dedos y muy grandes. El «animal gigante» de Hitchcock, el *Brontozoum Giganteum*, era conocido sólo por sus huellas y era, con mucho, la criatura dominante en el paisaje tanto por su número como por su tamaño: sus pies llegaban a medir 45 centímetros de longitud y la zancada era de aproximadamente 1,8 metros. Estos gigantes, dijo Hitchcock en 1848, eran obviamente aves zancudas con un tamaño cuatro o cinco veces superior al de las avestruces. «Debieron de ser los gobernantes gigantes de aquel valle —pensó Hitchcock, conclusión aparentemente confirmada por su número, ya que creía que en la región habían vivido muchas bandadas—. Su carácter gregario se deduce del hecho que, en algunas localidades, hallamos hileras paralelas de huellas a pocos centímetros de distancia unas de otras». Al igual que muchas aves zancudas, las bandadas de estas criaturas se habían pavoneado por las orillas del antiguo lago.

Cualquiera que sea la duda que podamos tener acerca del emplazamiento exacto de estos animales en la escala zoológica, podemos tener la seguridad de que muchos de ellos eran extraños y gigantescos, y he experimentado la excitación de un romance ya que he regresado a aquellas épocas inmensamente remotas y observado aquellas orillas donde se paseaban estos enormes y heteróclitos seres. Ahora he visto, como científico, un ave áptero, de unos 3,65 a 4,5 metros de altura —mejor dicho, grandes bandadas de ellos—, caminando por la superficie lodosa, seguidos de otros muchos de carácter análogo pero de tamaño más pequeño. A continuación un animal bípedo, un ave quizá, con pies y talones de casi 61 centímetros de longitud. Luego una multitud de bípedos más pequeños, con la misma forma general; y entre ellos algunos moviéndose erguidos, otros arrastrándose por la superficie con miembros extendidos... Pero el mayor milagro viene en forma de batracio bípedo, con unos pies de 50 centímetros de longitud. Hemos oído acerca del *Labyrinthodon* en Europa —una rana tan larga como un buey; pero sus pies sólo medían 15 o 20 centímetros de longitud—, un pigmeo comparado con el *Otozoum* de Nueva Inglaterra. Detrás de éste camina, sobre patas desproporcionadas, un grupo de pequeños lagartos y *Salamandridae*, con patas trífidas o cuadrífidas. Más allá, medio escondidos en la oscuridad, se mueven animales tan extraños que difícilmente pueden ser incluidos en los tipos de organización existente. Esta colección de fieras de la remota era de la arenisca es realmente extraña^[21].

El zoo prehistórico de Hitchcock estaba modelado según los tipos existentes y, comprensiblemente, su primera y última impresión era que el triásico había estado gobernado por avestruces zancudas monstruosamente grandes. «Sin embargo —dijo una vez haciendo sin querer un juego de palabras—, los geólogos deberían ser los últimos hombres en confiar en sus primeras impresiones^[22]». Hitchcock siguió obstinadamente fiel a sus avestruces del triásico incluso tras el descubrimiento de Leidy del *Hadrosaurus* con aspecto de canguro. En Inglaterra, el joven y

aventurero Huxley no tuvo los mismos escrúpulos en repoblar el valle del Connecticut.

Huxley se hallaba en una posición mucho más fuerte. La maravillosa evidencia de la existencia de vida en la época triásica, proporcionada por estas areniscas a pesar de la falta de huesos o plumas, le sugerían numerosas ideas instructivas acerca de las criaturas que en otra época habían caminado por estas arenosas orillas. «La importante verdad que revelan esas huellas —afirmó Huxley— es que, al comienzo de la época mesozoica, existían animales bípedos que tenían pies de ave y andaban con la misma postura erguida o semierguida». Huxley supuso que las huellas más pequeñas *fueron* dejadas por aves, pero que muchas de las restantes (especialmente las huellas gigantes con tres dedos) pertenecían a dinosaurios. De esta forma, Huxley estaba dispuesto a admitir que los grandes dinosaurios bípedos habían vivido *incluso en los remotos días del triásico* .

De hecho, todas las huellas podían ser atribuidas a reptiles y anfibios arcaicos, las aves aún no habían hecho su aparición en el cielo aunque ni Huxley ni Hitchcock lo sabían. No obstante, el enfoque de Huxley estaba bien escogido: la confusión entre las huellas de aves y dinosaurios bípedos sirvió únicamente para destacar las *similitudes* entre estos dos grandes grupos. Si averiguando la ascendencia de las aves, Huxley podía demostrar que éstas se habían vuelto tan parecidas a los reptiles que ya no podían ser distinguidas de los dinosaurios con aspecto de ave, habría demostrado que no existe «nada salvaje o ilegítimo» en la hipótesis de que las aves habían tenido sus orígenes ancestrales en los dinosaurios. Éste fue probablemente el primer éxito importante de Huxley, ya que consiguió que la paleontología estuviese al servicio de la evolución; este logro fue rápidamente superado por la descripción de Huxley, en 1870, de los pasos en la evolución de un caballo de un dedo a partir de su ancestro arcaico de cuatro o cinco dedos que vivía en el eoceno.

La fe de Huxley en la bipedalidad del *Iguanodon* estaba totalmente justificada, en 1878, cuando en una mina de carbón en Bélgica se descubrió un grupo entero de iguanodontes. Los dinosaurios estaban enterrados a más de 304 metros de profundidad en Bernissart, cerca de Mons, no en el carbón sino en una fisura que había quedado cubierta de tierra cretácea. Desde el período arcaico carbonífero de los pantanos que formaron el carbón hasta el mundo del *Iguanodon* de Wealden habían transcurrido 180 millones de años. Sin embargo, en la época cretácea, una profunda barranca en los depósitos de carbón había actuado como una trampa mortal para los dinosaurios y en ella cayeron en rápida sucesión no menos de 31 *Iguanodontes* adultos. Los mineros que estaban abriendo una nueva galería en la mina Fosse Sainte-Barbe habían hecho un túnel que llegaba hasta esta barranca cretácea obstruida, destruyendo completamente un esqueleto antes de darse cuenta. La enormidad del hallazgo se hizo manifiesta cuando los expertos del Museo Real de Historia Natural, en Bruselas, intentaron construir una nueva galería 30 metros por debajo de la original para sacar los fósiles desde abajo y encontraron una continuación vertical del cementerio. La barranca de varios metros de longitud estaba literalmente repleta de *Iguanodontes* que habían quedado atrapados en ella no pudiendo escapar y quedando enterrados en el fango cuando la fisura se llenó con agua de las inundaciones. Con la autorización del culto director de la mina, las galerías fueron requisadas durante tres años para que el equipo de laboratorio y los ayudantes pudieran bajar bajo tierra y sacar bloques enteros de huesos envueltos por la marga y

enviarlos al museo. A Louis Dollo, aún veinteañero, le fue encomendada la tarea de preparación y descripción de los esqueletos a la cual se dedicó durante el resto de su vida. En 1883 había montado su primer esqueleto y a finales del siglo se habían añadido cuatro esqueletos erectos más; las criaturas se erguían sobre sus patas traseras y tenían los brazos delanteros libres para agarrarse a los árboles. Actualmente, el Museo Real alberga 31 esqueletos completos y parciales extraídos de la mina que forman una de las exposiciones de grupo más sensacionales del mundo. Esta increíble colección de bestias recreada reunida en un lugar permitía un gran campo para el estudio comparativo de las variaciones dentro de una *misma* especie de dinosaurio. Dollo, en realidad, pensaba que tenía dos especies que se distinguían entre sí por el tamaño, sin embargo, estas diferencias probablemente se deban a diferencias sexuales. Curiosamente, los individuos que cayeron en el barranco eran adultos completamente desarrollados, y no había dinosaurios jóvenes junto a sus padres. La fecunda imaginación de Dollo evocó el cuadro de un cementerio de *iguanodones*, hacia el cual se dirigirían los animales decrepitos y seniles para morir, al igual que nuestro mítico cementerio de elefantes^[23].

Los *Iguanodones* eran innegablemente unos de los dinosaurios más afortunados en la historia de la especie. Todos eran grandes, pero algunos alcanzaban proporciones realmente gigantescas. La expedición Sinclair del Museo Americano a los depósitos de carbón de Mesaverde de Wyoming y Colorado, en 1937 volvió con huellas enormes de iguanodontes sacadas del carbón. Las huellas, cada una de poco menos de 90 centímetros de longitud, aparecían en espacios de 4,5 metros, indicando que se trataba de una criatura de pasos enormes. En base a estas cifras se pensó que la misteriosa criatura erecta alcanzaría una altura de 10 metros. Sin embargo, este dinosaurio sigue siendo un enigma: su esqueleto nunca fue encontrado^[24].



b. El *Iguanodon* es uno de los dinosaurios más conocidos, en gran parte debido a los estudios realizados por Louis Dollo de los especímenes de Bernissart.

No todos los herbívoros alcanzaban proporciones gigantes. Uno de los dinosaurios británicos más fascinantes es también uno de los más pequeños. Cuando por primera vez se encontraron fragmentos en los Wealden Beds en la isla de Wight, Mantell pensó que la criatura debía de haber sido un animal joven, muy pequeño de *Iguanodon*. Huxley, que estaba trabajando con mejor material lo identificó como un dinosaurio adulto en miniatura por derecho propio y lo llamó *Hypsilophodon*. Esta bestia sólo medía entre 1,2 y 1,5 metros de longitud y, por esta razón, parecía aún más pequeño al lado de sus contemporáneos como el *Iguanodon*. Sus grandes ojos y el primer dedo del pie que se podía oponer al resto de dedos hicieron pensar a Othenio Abel, en Viena en 1912, que este ágil herbívoro había saltado de rama en rama, posándose en un árbol para comer frutas u hojas que cogía con las pequeñas patas delanteras. Debido a que el *Hypsilophodon* era un dinosaurio primitivo, con manos con cinco dedos y pies con cuatro dedos muy largos para agarrarlas, Abel especuló que los orígenes de los dinosaurios se debían encontrar entre los primitivos reptiles bípedos, trepadores. Este dinosaurio que se posaba en las ramas de los árboles naturalmente interesó a Gerhard Heilmann, cuya especialidad eran los orígenes de las aves, y en un principio estuvo inclinado a coincidir con Abel en los hábitos arbóreos del *Hypsilophodon*. Sin embargo, demostró que el primer dedo no era lo suficientemente largo como para oponerse al resto, de forma que el dinosaurio no pudo haberse agarrado a las ramas como un pájaro. Pensó que sería mejor buscar la ascendencia de los dinosaurios entre los ágiles reptiles bípedos que vivían en el suelo. Primero comparó los pies del *Hypsilophodon* con los de los monos y al propio dinosaurio con un canguro arbóreo, pero más tarde cambió de opinión y sacó al *Hypsilophodon* completamente de los árboles, ya que pensaba que estaba más adaptado a la vida en el suelo como sus ancestros. Sin embargo, la analogía con el canguro arbóreo había echado raíces y, en 1936, W. E. Swinton reintegró al *Hypsilophodon* a su antigua existencia trepadora. Debido a que no era muy veloz, arguyó, el pequeño dinosaurio se había subido a los árboles para refugiarse de los carnívoros. El *Hypsilophodon*, actualmente es bastante conocido debido a la existencia de 20 esqueletos completos o parciales encontrados en la isla de Wight. El estudio minucioso de todos los esqueletos hizo que, en 1974, Peter M. Galton de la Universidad de Bridgeport, permitiera volver a salir al dinosaurio de los árboles^[25]. Heilmann tenía razón cuando pensó que el dedo gordo no podía estar opuesto al resto de los dedos para posarse en las ramas, pero Swinton se equivocó cuando creía que el *Hypsilophodon* no podía correr. Debido a que vivía en el suelo, debía de ser capaz de dejar atrás a los carnívoros y el estudio de Galton sobre sus miembros estableció, tal como se describirá más adelante, que no sólo podía correr sino que en realidad era muy rápido.

Durante el cretáceo tardío hubo un espectacular apogeo de grandes animales ramoneantes de dos patas, entre los cuales el *Hadrosaurus* de Joseph Leidy sólo era un ejemplo de muchos. En realidad, el *Hadrosaurus* y el *Trachodon* estaban situados en el extremo más normal del espectro de hadrosaurios, ya que el grupo literalmente explotó dando una serie diversa de formas poco después de desarrollarse a partir de los iguanodontes. Los hadrosaurios eran un grupo extremadamente afortunado que se desarrolló en gran número, en el norte de América, hacia el final del largo reinado de los dinosaurios. Por consiguiente, los hadrosaurios son uno de los dinosaurios más conocidos. Los esqueletos frecuentemente eran desenterrados completamente articulados y se ha encontrado más de una «momia» envuelta por la piel encogida y tirante. Una

de estas extraordinarias «momias» fue hallada por Charles Sternberg en Kansas en 1908 y es, actualmente, uno de los objetos expuestos más apreciados en el Museo Americano de Historia Natural. Este cadáver de 70 millones de años de edad que yacía de espaldas fue encontrado con ambas patas estiradas como si estuviese agonizando. Para que la bestia pudiera conservarse con la piel y los órganos intactos, el cuerpo tuvo que estar sometido a una particular secuencia de procesos antes de fosilizarse. El animal, obviamente, no había sucumbido a un depredador ya que su cuerpo estaba intacto; debió morir por causas naturales. El animal muerto yació de espaldas expuesto al sol durante un largo período de tiempo en el cual se produjo la deshidratación. Mientras el cadáver se desecaba, la piel y los músculos se encogieron alrededor del cuerpo como la piel marchita de los cadáveres faraónicos, sobresaliendo las costillas y los huesos de las extremidades. Posteriormente, la «momia» deshidratada quedó rápidamente enterrada, quizá transportada por las aguas de la inundación y cubierta de fina arenisca y sedimentos antes de que la piel se pudiera reblandecer. Las arenas y arcillas moldearon la frágil piel y acentuaron sus rasgos prominentes. Lo que ahora poseemos no es la piel en sí, sino una impresión en la roca, si bien en perfecto detalle. Por el examen de la «momia», sabemos que el hadrosaurio no estaba cubierto de escamas o placas óseas reptiles sino de un mosaico de tubérculos córneos incrustados en la curtida piel. Los tubérculos diferían en tamaño a lo largo de la superficie del dinosaurio, con acúmulos de tubérculos más grandes en la espalda expuesta al sol y las extremidades y otros más pequeños en el vientre^[26]. Estas diferencias de tamaño posiblemente reflejen patrones de color opuestos. No existe ninguna razón por la cual los dinosaurios no pudieran haber desarrollado patrones de camuflaje como los mamíferos que viven actualmente.

Los hadrosaurios herbívoros sin duda pastaban, para lo cual desarrollaron un ancho pico de pato, que en vida estaba cubierto por una funda córnea. La presencia de este pico de pato, durante mucho tiempo hizo pensar que los hadrosaurios eran anfibios y que, anticipándose a los patos, nadaban o caminaban por las regiones pantanosas, tragando la blanda vegetación acuática de las orillas del agua. Se pensaba que en vida presentaban una membrana de piel entre los dedos de las manos que les ayudaba a nadar: estas membranas realmente fueron «vistas» en las «momias», aunque estas observaciones siempre fueron discutidas apasionadamente.

La sorpresa ocasionada por la visión de un dinosaurio con pico fue eclipsada por el descubrimiento de unas extraordinarias protuberancias en las cabezas de muchos de ellos. Cuando Charles Sternberg volvió de la región de Ciervo Rojo en Alberta en 1913, le presentó al mundo científico su primer hidrosaurio con cresta. Éste le fue entregado a Lambe del Geological Survey de Canadá para su estudio quien le dio el nombre de *Stephanosaurus*, aunque más tarde fue rebautizado con el nombre de *Lambeosaurus*. El cráneo de la bestia presentaba una vistosa cresta que se alzaba en la coronilla como un sombrero^[27]. Más tarde resultó que los hadrosaurios adornados de esta manera no eran en absoluto raros. Pronto surgieron todo tipo de criaturas encapuchadas y rápidamente se hizo manifiesto que, en la época tardía del cretáceo, en Norteamérica, el grupo había sufrido un período de evolución acelerada. Aparecieron ornamentos muy diversos. Algunos como el *Kritosaurus* tenían la cabeza plana; otros como el *Saurolophus* tenían sólidas bóvedas; otro grupo tenía «cascos corínticos» bulbosos como el *Corythosaurus*; y finalmente existían los que tenían crestas caídas hacia atrás como los penachos de los sombreros

de caballero como el *Parasaurolophus*. Todos estos tipos ornamentados aparecieron hacia fines del cretáceo y muchos de los exóticos dinosaurios crestados de pico de pato fueron descubiertos en Alberta por el Geological Survey de Canadá y las expediciones del Museo Americano. En 1920, Lambe podía demostrar que muchas de las capuchas eran huecas y que el conducto nasal tenía un tortuoso trayecto a través de la cresta, que frecuentemente seguía estrechamente su estrafalario contorno, subiendo hasta la punta del casco o siguiendo el penacho hasta el extremo posterior, antes de volver a la garganta^[28]. ¿Por qué algunos hadrosaurios tenían la cabeza plana como el *Hadrosaurus* y otros presentaban una cresta?

Esta cuestión intrigaba al barón Nopcsa, una de las figuras más extravagantes que ha tenido la causa de los dinosaurios. A pesar de sus 99 publicaciones paleontológicas, muchas de ellas relacionadas con los dinosaurios, Nopcsa es más conocido por su imperiosa obsesión por Albania, sus gentes, costumbres y geografía, y fueron sus estrafalarias hazañas en Albania las que le valieron un puesto en la leyenda paleontológica. De hecho, tal como observó una nota necrológica, Nopcsa fue «casi rey de Albania». Nopcsa, al igual que tantas otras personas brillantes, tenía un carácter extraordinariamente complejo, cuyo frágil estado mental en ocasiones parecía rayar en la locura. Antes de la Primera Guerra Mundial, vivió como un lord baronial en Hungría aunque más tarde su interés se centró en la provincia turca de Albania y pronto se convirtió en un experto en la cultura de este país. Al final de la guerra de los Balcanes en 1913, Albania se convirtió en un peón del juego disputado por las fuerzas imperiales con los países satélites de unos y otros tras la retirada militar. Se disputaba apasionadamente la cuestión de a quién debía pertenecer Albania. Los austrohúngaros apoyaban la fundación de un Estado independiente para satisfacer las peticiones nacionalistas, pero querían asegurarse de que éste tuviese una postura favorable respecto al Imperio austrohúngaro imponiéndole un monarca títere de su propia elección. Nopcsa, que poseía los antecedentes feudales obligatorios y una extraordinaria pasión por el país, se consideraba a sí mismo como el candidato más adecuado para el puesto de monarca. Escribió al comandante en jefe del Ejército, pidiéndole quinientos soldados, unos cuantos cañones y dos buques de vapor rápidos. Después de establecer una cabeza de playa invadiría rápidamente el país y se proclamaría a sí mismo como el rey Nopcsa. ¡Posteriormente sencillamente se casaría con la hija de un multimillonario norteamericano para conseguir el capital de inversión necesario para poner a flote la economía! En su lugar, las fuerzas imperiales instalaron al príncipe Wilhelm zu Wied como gobernante títere, al cual los albaneses toleraron justo durante seis meses antes de forzarlo a escapar para salvar su vida. Durante la Primera Guerra Mundial, Nopcsa sirvió en el Ejército del Imperio austrohúngaro, no en un cargo ordinario, naturalmente, sino como espía. Se vistió como un campesino rumano, se dejó crecer el pelo y realizó una serie de osadas hazañas a lo largo de la frontera rumano-húngara. Simultáneamente fue escribiendo artículo tras artículo sobre dinosaurios y reptiles fósiles. Después de la derrota, Nopcsa perdió la mayoría de sus propiedades feudales sin recibir indemnización alguna, de forma que, al disminuir sus recursos económicos, recurrió a la vida de paleontólogo profesional en el Geological Survey de Hungría. Pero la arrogancia del aristócrata hizo inevitable el conflicto con sus colegas más humildes y Nopcsa sólo pudo conservar el puesto durante tres años. Empezó un viaje en motocicleta con su secretario por toda Europa y recorrió miles de kilómetros hasta que se le acabó el dinero. En 1933 le dio a su

secretario una taza de té con polvos somníferos y después le disparó un tiro. Seguidamente apuntó con la escopeta a su propia boca y se pegó un tiro^[29].

En su vida tragicómica, como si viviera en otra esfera casi esotérica, fue entremezclando una efusión de artículos, publicaciones e incluso libros que trataban sobre los pobladores reptiles de la Tierra mesozoica. Extrañamente, los artículos científicos de Nopcsa eran muy realistas y frecuentemente escritos en un estilo pedante. Nopcsa, el renegado paleontológico, el inadaptado brillante, incluso arrogante, era básicamente un hombre de ideas. Así, en 1929, sólo cuatro años antes de su suicidio y temiendo ya otro colapso mental, el barón de Transilvania estudió el problema de los extraños dinosaurios con casco y penacho con pico de pato de Lambe. Othenio Abel, en Viena, ya había sugerido que estos ornamentos craneales debían ser cuernos: la solución de Nopcsa fue una nueva ampliación de esta idea. Lambe había dividido todos los tipos en nuevos géneros y especies, pero Nopcsa replicó que lo único que había hecho Lambe era separar los machos de las hembras. Los hadrosaurios, pensaba, presentaban complicadas diferencias sexuales que, en los machos, se manifestaban por los decorativos ornamentos óseos. Por lo tanto, la «especie». *Parasaurolophus* con penacho sólo era la versión masculina del *Kritosaurus* de cabeza plana, *Corythosaurus* era el macho del *Diclonius*, etc. Nopcsa estaba dispuesto a eliminar a la mitad de especies conocidas de hadrosaurios y lo hubiese hecho si sus ideas hubiesen tenido alguna popularidad. Pronto extendió sus revolucionarias ideas a los carnívoros e iguanodontes. No le parecía preocupar en absoluto que en Bernissart por lo visto tenía (usando *su* criterio) un macho *Iguanodon* entre 23 hembras. ¡Esto era meramente un reflejo de la tendencia de reunirse en manadas y de la naturaleza altamente polígama de los bípedos herbívoros^[30]! Para hacer que el conjunto de la teoría fuera aún más inverosímil, se podría observar que en algunas regiones siempre sólo se han encontrado hadrosaurios «hembra». De hecho, se trataba de especies distintas, no puede haber dudas acerca de esto. La teoría de Nopcsa de que la cresta era totalmente ornamental, ignoraba la característica más reveladora: que era hueca y albergaba un conducto nasal alargado. Estudiando la función de la cresta y especulando sobre los posibles beneficios de una nariz tan complicada se sacarían más conclusiones.

Debido a que se pensaba que los hadrosaurios eran criaturas nadadoras y buceadoras, se creía que la apertura nasal estaba situada en la punta de la cresta para actuar como tubo de respiración permitiéndole al animal permanecer sumergido. En 1938, en Alemania, Martin Wilfarth incluso sugirió que la nariz y la cresta sólo eran áreas de adhesión muscular y que toda esta estructura había soportado una trompa como la de los elefantes. Este dispositivo le permitiría al animal respirar aire mientras se alimentaba en el fondo del lago, aunque también podría funcionar como instrumento para coger alimentos como el elefante. El curioso dinosaurio de Wilfarth no sobrevivió mucho tiempo. Tal como destacó Sternberg, el desarrollo de una trompa prensil anularía completamente los beneficios derivados de un pico de pato córneo. Además, no existían cicatrices en el cráneo fósil que sugirieran la existencia de músculos en vida. De cualquier manera, ¿por qué desarrollar un conducto nasal tortuoso *dentro* del cráneo si en el exterior había una trompa para respirar^[31]? De hecho, no había ningún orificio nasal en la parte superior del cráneo; éste se hallaba en la situación normal en la punta del hocico. Wilfarth también se había dado cuenta de esto, pero eludió la conclusión obvia arguyendo que la apertura del hocico era un

vestigio ancestral cubierto de piel en el animal vivo mientras que el orificio verdadero se hallaba en la parte superior del cráneo. De hecho, es fácil abandonar las bonitas teorías propuestas por uno mismo si éstas no concuerdan con un inquietante hecho. El propio Sternberg creía que, la curva en forma de S que hacía el conducto nasal al pasar a través de la cresta, evitaba la entrada de agua en la garganta al actuar como un cierre de aire. Esta teoría también era insostenible por la simple razón de que la presión de agua alrededor del hadrosaurio sumergido habría sido mucho mayor que la presión de aire en el interior de la cresta y el agua hubiese podido entrar. Aparte de esto, los hadrosaurios indudablemente usaban músculos voluntarios para cerrar la nariz, mecanismo de adaptación presente en todas las criaturas acuáticas para evitar el ahogo.

Para un dinosaurio acuático, que respirase aire, el suministro auxiliar de aire sería una gran ventaja, permitiéndole al animal permanecer en el fondo del lago durante largos períodos. Así, no resulta sorprendente que, en los años 1940, se desarrollara una escuela de pensamiento alrededor de la idea de que los cascos y penachos óseos eran escafandras autónomas llevadas en la parte superior de la cabeza. Sin embargo, si medimos el volumen de este suministro adicional de aire, éste constituye un insignificante 4% de la capacidad pulmonar en el *Corythosaurus*. Además, habrían existido grandes dificultades para transferir este suministro de aire vital a los pulmones. La aspiración de este aire a los pulmones hubiese creado un vacío en el casco que sólo podría haber sido aliviado mediante la entrada de agua si el animal estaba sumergido, o de aire si el animal estaba en la superficie, siendo ambos mecanismos contraproducentes. En el primer caso, el dinosaurio se habría ahogado y en el segundo, el escafandro se habría vuelto superfino.

La total insuficiencia de estas explicaciones hizo que John Ostrom, profesor de geología en el Museo Peabody de la Universidad de Yale, volviera a analizar de nuevo el problema. Tras investigar el aparato nasal y su función en los reptiles modernos, concluyó que algunas especies habían desarrollado un sentido muy agudo del olfato. Sin embargo, éste nunca habría sido tan agudo como en los mamíferos, en los que existen complicados rollos de hueso revestidos de piel sensorial que multiplican varias veces las áreas de superficie sensitiva. Los hadrosaurios, aparentemente incapaces de plegar primorosamente la piel alrededor de estos rollos de hueso, habían logrado el mismo objetivo simplemente alargando los conductos nasales y ampliando los conductos en distintos puntos a lo largo de su trayecto. Tanto los hadrosaurios como los mamíferos habían desarrollado un agudo sentido del olfato mediante el aumento del área total del epitelio sensitivo. La resultante estructura en los mamíferos era compacta y podía ubicarse fácilmente en la nariz. En los hadrosaurios, los conductos tenían que enrollarse alrededor de la cabeza y debían ser protegidos mediante crestas óseas^[32]. ¿Por qué los hadrosaurios habían desarrollado un sentido agudo del olfato? Ostrom supuso que estos herbívoros eran criaturas pasivas y, debido a que no poseían armadura, carecían de defensas contra los poderosos depredadores. En lugar de ello habían logrado la capacidad de advertir anticipadamente la aproximación de algún peligro, incorporándose sobre las patas traseras y aspirando los olores transportados por el viento. De esta forma podían alejarse incluso antes de que el carnívoro fuera visible. Probablemente este buen sentido del olfato era necesario debido a la pérdida del método característico de los reptiles de detectar depredadores. Los lagartos apoyan sus mandíbulas en el suelo para captar las vibraciones, transmitiéndolas a través de los huesos del cráneo a los

huesecillos del oído. Un dinosaurio erecto, que se alzaba unos 3 o 6 metros por encima del suelo, habría perdido totalmente esta capacidad y contaba únicamente con las ondas de sonido que viajan a través del aire (un medio mucho menos eficiente para oír, especialmente cuando sólo existe un huesecillo óseo en el oído como es el caso de los reptiles: los mamíferos disponen de tres huesecillos que amplifican las vibraciones). Con el siempre presente peligro del tiranosaurio gigante, el pico de pato debía equiparse con algún sentido alternativo igualmente eficaz para poder permanecer vigilante. No solamente su sentido del olfato era agudo; su vista también era excelente y cuando estaba apoyado sobre sus patas traseras, el animal podía, al mismo tiempo, oler el viento y explorar el horizonte en busca de peligro. Estos dinosaurios pacíficos y vulnerables vigilaban constantemente la presencia de algún peligro y tenían muy desarrollada la excelente vista de los bípedos, presentando también un buen sentido del olfato para poder escapar anticipadamente si aparecían los carnívoros gigantes del día. Este nuevo razonamiento suscita una interesante pregunta: ¿Qué es lo que producía el olor característico de los dinosaurios si, en realidad, no producían ninguno de importancia? El olor del sudor y de los aceites corporales en los mamíferos se capta desde lejos y puede ser rápidamente detectado con un agudo sentido del olfato. ¿Qué pasaba con los dinosaurios? ¿Realmente el *Tyrannosaurus* producía aceites para lubricar su curtida piel que, sin querer, servirían para alertar a los dinosaurios herbívoros? Si éste no era el caso, sólo nos queda pensar que el agudo sentido del olfato del hadrosaurio funcionaba para detectar frutas tropicales aromáticas o, como en el caso del agudo sentido del olfato de los elefantes, para detectar la presencia de agua.

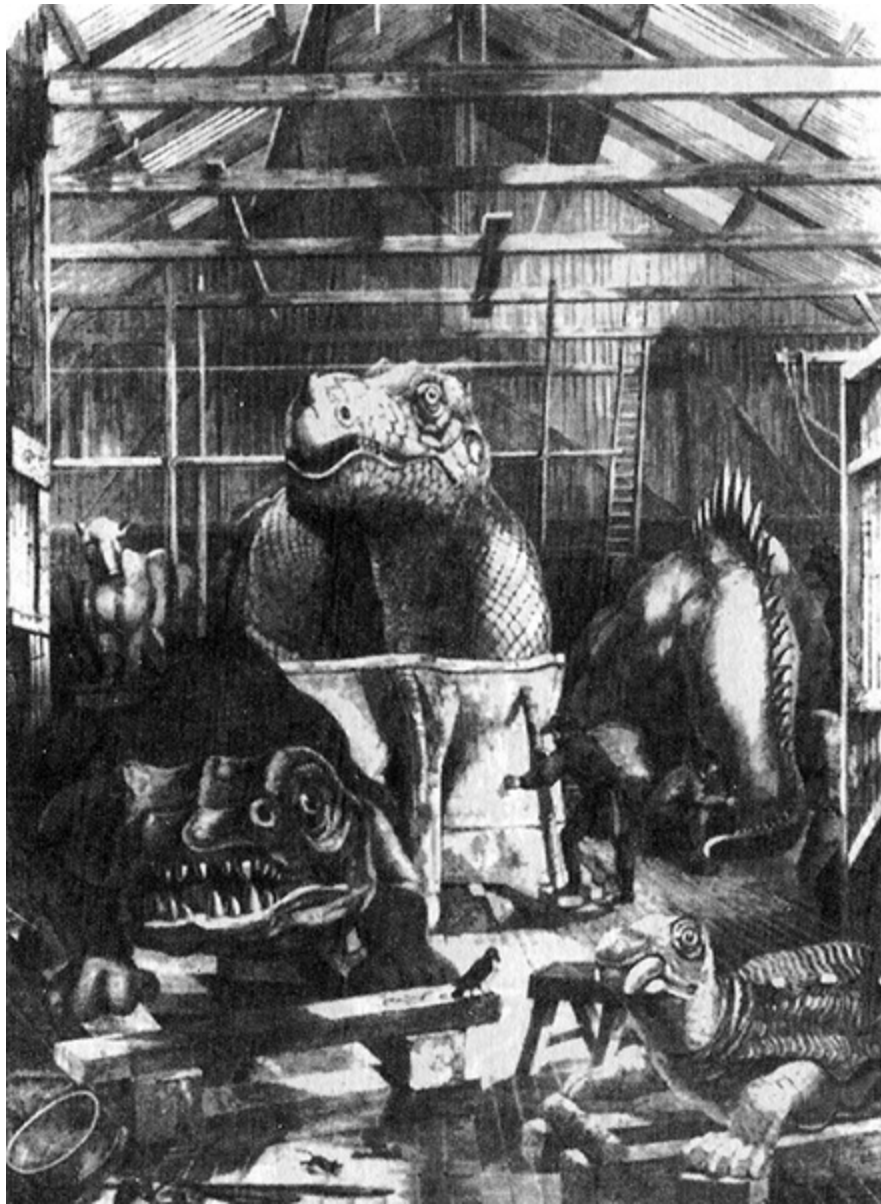
Ostrom se dispuso a continuación a reforzar la teoría, sacando totalmente a estos dinosaurios de pico de pato de su supuesto hogar pantanoso y situándolos en terreno seco donde, naturalmente, el tiranosaurio reinaba sin tener rival alguno. En este medio ambiente, un buen olfato habría sido una clara ventaja. Ostrom aportó muchos argumentos para apoyar su tesis. Las localidades donde frecuentemente se han encontrado esqueletos de hadrosaurios presentan abundantes restos de plantas terrestres pero muy pocas plantas acuáticas. Los hadrosaurios vivían en las llanuras de la costa situadas a poca altitud, cruzadas por grandes ríos serpenteantes y cubiertas de extensos bosques de coníferas. La estructura dentaria del hadrosaurio quizás era la más especializada de todos los dinosaurios y se adaptaba perfectamente a la materia vegetal leñosa, abrasiva. Los maxilares picudos del hadrosaurio presentaban una compleja serie de muelas entrelazadas; las placas de molienda se componían de quinientos dientes en cada maxilar, de forma que en la boca había unos *dos mil* dientes en total. Los dientes en forma de prisma eran comprimidos formando una muela con una superficie de trituración irregular. Estos dientes siempre muestran un alto grado de desgaste, y el hecho de que continuamente eran remplazados desde abajo, una vez rotos por el uso, también sugiere que los alimentos eran muy abrasivos. Desde luego no se trataba de las suculentas y blandas plantas acuáticas que habían sido sugeridas en un principio por el pico de pato del animal. Se había perfeccionado una complicada acción masticadora de los maxilares para moler el material vegetal entre las baterías de dientes. A diferencia del movimiento cortante y lateral de la vaca, las mandíbulas se movían hacia delante y atrás una sobre la otra, de forma parecida a como lo hacen los actuales roedores. La teoría de Ostrom, de que los hadrosaurios eran habitantes terrestres y de que ramoneaban los árboles coníferos se vio confirmada cuando

descubrió un artículo, escrito en 1922, acerca del contenido gástrico de un *Anatosaurus* momificado, o «reptil pato», llamado así debido a su pico de hadrosaurio. Aparte de gran cantidad de agujas de coníferas, el animal había consumido ramas, frutas y semillas. Debido a que estos hechos fueron descubiertos durante el apogeo del hadrosaurio acuático, los resultados fueron ignorados en aquella época. En 1964, Ostrom volvió a centrar la atención en estos hallazgos como prueba concluyente de que los hadrosaurios habían sido ramoneantes. Sin duda, multitudes de estas bestias habían pasado sus días apoyados sobre sus patas traseras para pacer los árboles de coníferas y los álamos en los extensos bosques costeros del cretáceo^[33].

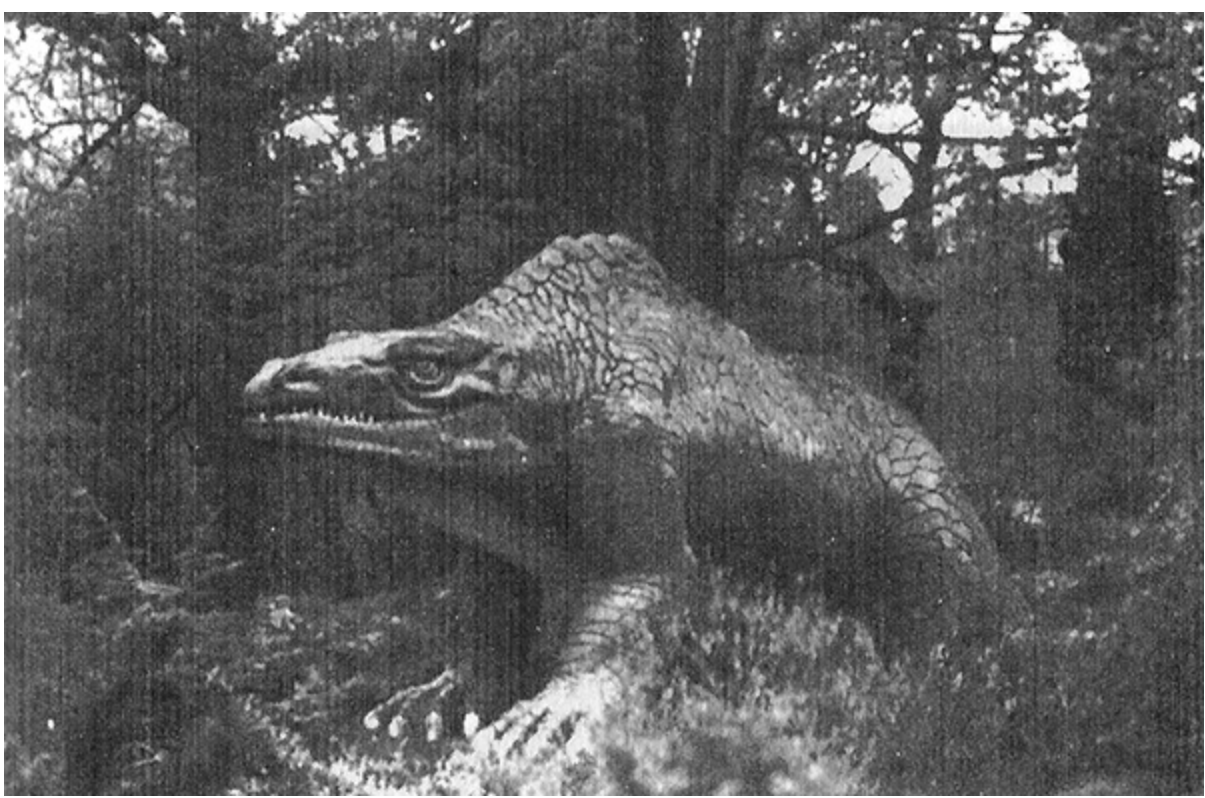
La explosión de grandes hadrosaurios erguidos en el cretáceo tardío atrajo a una multitud de depredadores, los cuales, asimismo, caminaban sobre sus patas traseras. Sin embargo, en los herbívoros bípedos, las extremidades anteriores nunca fueron tan pequeñas como en los carnívoros. Al igual que los ungulados (mamíferos con pezuñas) vivos, muchos de los dinosaurios herbívoros tenían pezuñas, lo cual sugiere que fácilmente podían hacer uso de sus cuatro patas^[34], irguiéndose sobre sus patas traseras quizá para inhalar el viento o para alcanzar las hojas más altas.



El descubrimiento de la primera bestia preadánica medible causó sensación y enfrentó al mundo científico con un enigma. Se ve a Hoffman dirigiendo la operación en 1770. Los trabajadores de las minas sacan los imponentes maxilares, de 1,20 metros de longitud, del mosasaurio.



El estudio del Crystal Palace de Waterhouse Hawkins, tal como lo debió ver la reina Victoria durante su visita en 1853. La figura central es el *Iguanodon*, flanqueado por un *Hylaeosaurus* (derecha) y el mamífero del terciario *Anoplotherium* (izquierda). En un primer plano está el dicinodonte (derecha), ligeramente disfrazado de tortuga, y el laberintodonto anfibio, restaurado tomando la forma de un sapo gigante (izquierda).



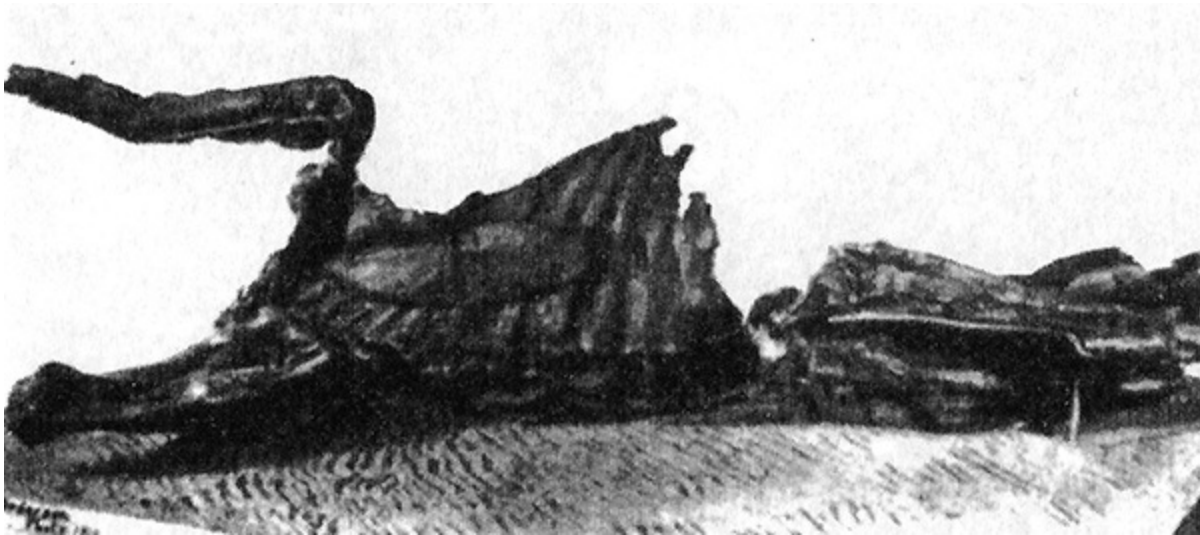
El *Megalosaurus* en una isla del Crystal Palace.



Teniendo como única opción viable la analogía con el canguro, Cope representó a este formidable *Laelaps* como dinosaurio saltador.



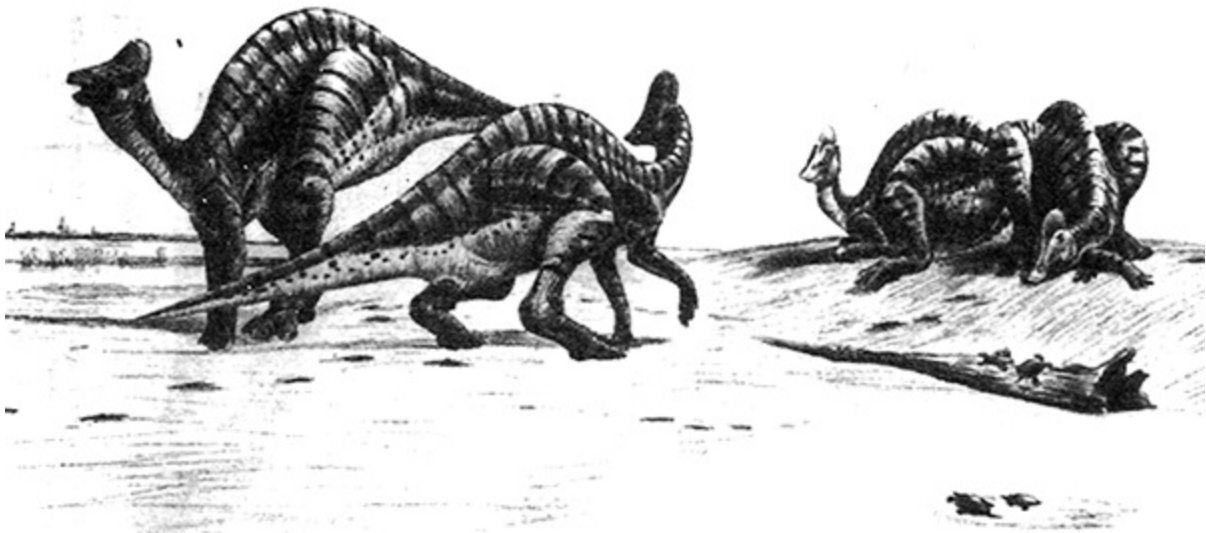
Aspecto que hubiera tenido el Museo Paleozoico en Central Park si hubiese sido acabado. A la izquierda, un *Laelaps* ataca a un *Hadrosaurus*, mientras que otros dos *Laelaps* se pelean sobre un cuerpo. En un primer plano está escondido el *Elasmosaurus* de cuello de serpiente. A la derecha se observan armadillos gigantes y perezosos terrestres. El museo debía ser un edificio grande de cristal con una estructura de hierro, parecido al Sydenham Crystal Palace.



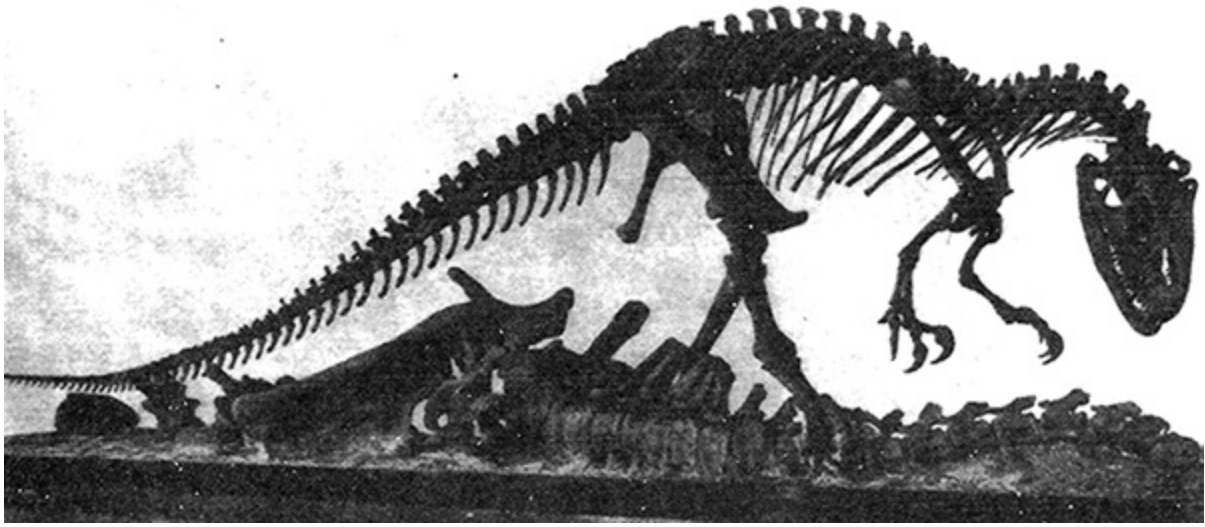
Los vestigios momificados del *Trachodon*, expuestos en el Museo Americano.



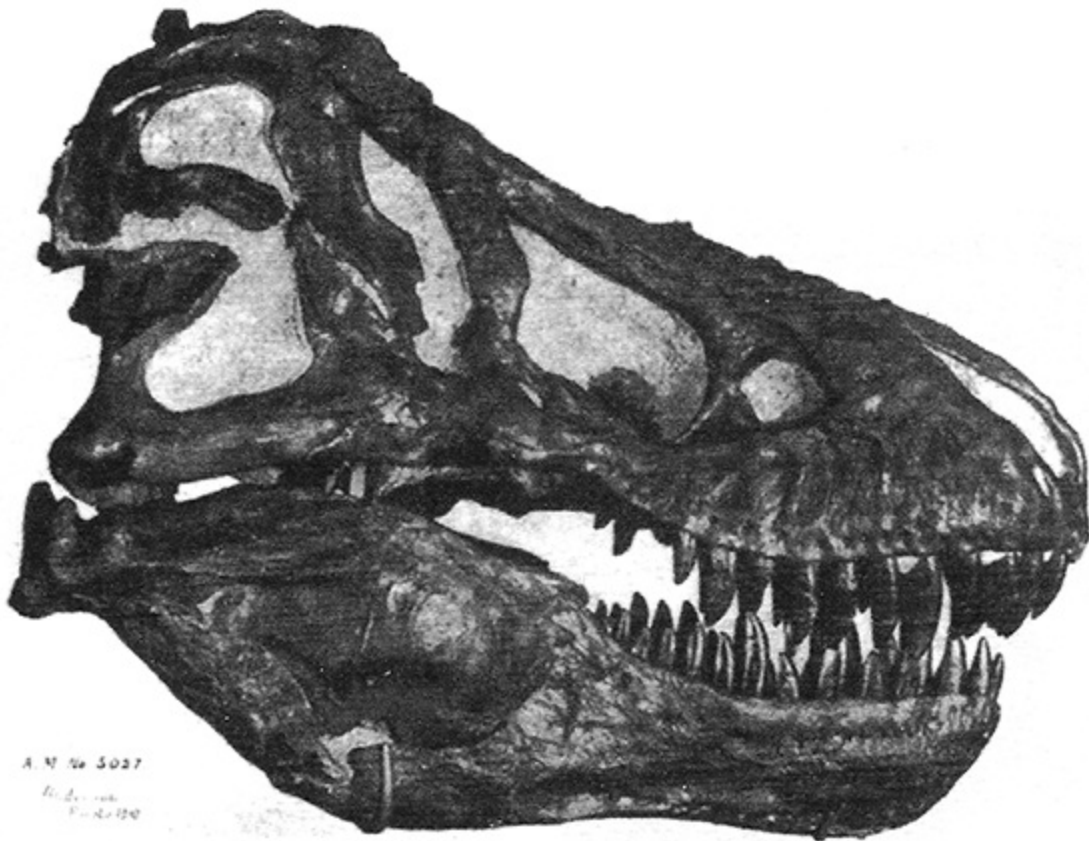
En 1920, Lawrence Lambe y Barnum Brown desenterraron una serie de curiosos hadrosaurios con crestas y cascos.



El hadrosaurio de pico de pato canadiense *Hypacrosaurus* medía 7,6 metros de longitud y andaba, como la mayoría de dinosaurios bípedos, con la cola estirada.



Allosaurus, de la exposición del Museo Americano, que se inclina sobre la columna vertebral de un brontosaurio. Las vértebras del brontosaurio fueron desenterradas llevando las marcas de los dientes del alosaurio.



El *Tyrannosaurus*, cuyos maxilares de 1,20 metros de largo estaban armados con dientes de 15 centímetros de longitud, era, sin duda, un predador implacable que mataba activamente a sus presas.

A diferencia de un hadrosaurio grande, que «sólo» pesaba tanto como un elefante pequeño (aproximadamente 3 toneladas), el *Tyrannosaurus* probablemente superaba las 8 toneladas y consiguientemente estaba construido mucho más rígidamente. Las patas traseras eran macizas. El cinturón pélvico era ancho, permitiendo la vasta sujeción de los músculos de los miembros, y estaba sólidamente fundido con la columna vertebral para soportar la tensión cuando el animal

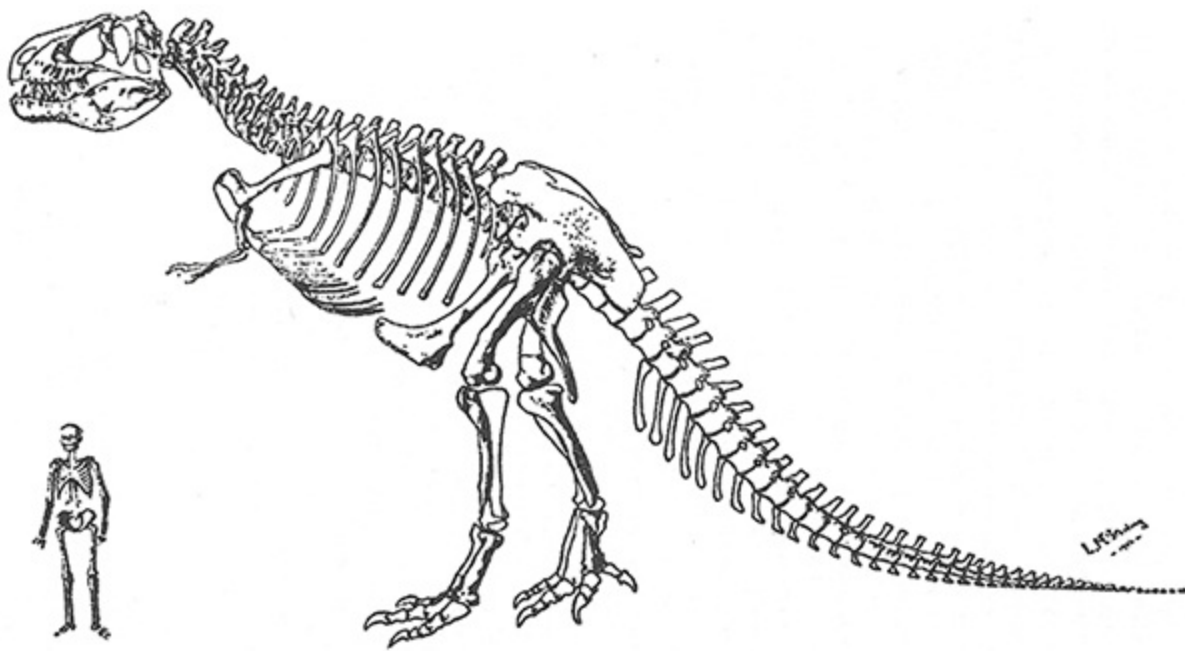
estaba de pie. Era en este punto donde el cuerpo mantenía su equilibrio y el peso de 8 toneladas era soportado únicamente por las patas traseras. Durante muchos años, las extremidades anteriores y manos escaparon a los equipos del Museo Americano que buscaban en Montana. Cuando finalmente se recobraron los restos, éstos resultaron ser tan ridículamente enanos que hacían pensar que las extremidades anteriores habían sido totalmente inútiles. Nadie podía imaginarse función alguna para tales vestigios.

Las largas y fuertes piernas para caminar elevaban la región de la cadera de la bestia unos 3 metros por encima del suelo; su rodilla se alzaría por encima de una cabeza humana. En contraste, los débiles brazos medían apenas 76 centímetros de longitud. Los miembros delanteros del *Allosaurus* carnívoro del antiguo jurásico eran notablemente más largos y fuertes, aunque en este caso también eran totalmente inútiles para caminar y debían de haber sido usados únicamente para luchar o para despedazar las presas. Al menos, las largas y fuertes garras hacen pensar que tenían su función ofensiva.

Los primeros restauradores del *Tyrannosaurus* lo retrataron con extremidades anteriores que acababan en los tres dedos de costumbre. Algunas décadas más tarde, cuando finalmente aparecieron las patas delanteras, se observó que sorprendentemente sólo poseía dos dedos, ambos en forma de garra. Los miembros, de hecho, eran débiles y tan cortos que ni siquiera llegaban a la boca de la bestia. Este gran depredador, el carnívoro terrestre más grande de la historia de la Tierra, había aparentemente prescindido de sus extremidades anteriores, dejando la función de matar a sus contemporáneos gigantes a sus maxilares y garras traseras^[35]. Así, el último carnívoro de este tipo había desarrollado la tendencia, ya observada en sus antecesores, los allosaurios y megalosaurios, a su máxima expresión. El tiranosaurio era totalmente incapaz de adoptar una postura normal cuadrúpeda y estaba obligado a mantener el equilibrio sobre sus enormes patas traseras. Este gigante se balanceaba sobre el cinturón pélvico, utilizando su cola para compensar el peso de la cabeza y del tronco cuando caminaba. Probablemente, de vez en cuando descansaría sobre sus piernas utilizando su cola como apoyo. El ligeramente más antiguo *Gorgosaurus* muestra un estrecho parecido con el *Tyrannosaurus*, especialmente por poseer sólo dos dedos en la mano. Lambe representó a esta bestia caminando con una clara inclinación, en lugar de adoptar la imponente postura erguida, atribuida siempre al *Tyrannosaurus*. En las articulaciones de las piernas también encontró señales de que, en vida, había sido estevado; postura que difícilmente se podría convertir en una posición majestuosa^[36]. Aunque, por el tamaño y peso tan enormes del *Gorgosaurus*, el paso inclinado con la cola levantada por encima del suelo a modo de contraequilibrio debía de ser más rentable pero también debía ser agotador. La práctica pérdida de las extremidades anteriores en el *Gorgosaurus* y *Tyrannosaurus* demuestra que irrevocablemente estaba obligado a mantener una postura bípeda. ¿Pero realmente las extremidades anteriores rudimentarias eran tan inútiles como se pensaba en general? Extrañamente, estos diminutos miembros presentan garras relativamente largas, lo cual resulta inexplicable si verdaderamente carecían de función alguna. Pero resultaba incluso aún más sorprendente, que el cinturón pectoral fuera grande lo cual indicaba que los brazos estaban bien dotados de músculos. Esto es muy sugestivo: el brazo no podía ser tan inútil como se había pensado anteriormente.

En una radical reinterpretación del *Tyrannosaurus*, Barney Newman del Museo Británico ha

sugerido recientemente que los brazos, en realidad, desempeñaban un papel importante en la vida de la bestia. Aunque el brazo recubierto de carne tenía sólo el grosor de un muslo de hombre, era lo suficientemente fuerte como para ayudar al tiranosaurio a levantarse del suelo después de haber descansado. El dinosaurio agachado, de ocho toneladas de peso, plegaba sus patas traseras debajo de su cuerpo como hacen los pollos. Estiraba sus diminutos brazos hacia delante y bajaba la cabeza de forma que sus maxilares reposaran en el suelo tal como en ocasiones hacen los gatos. Cuando la bestia se levantaba, cualquier intento de levantar los cuartos traseros extendiendo las patas traseras sólo habría provocado que la cabeza arrastrara por el suelo. Es aquí donde ayudan las extremidades delanteras. Las garras flexionadas se usaban para dirigir los esfuerzos de las patas traseras para levantar los cuartos traseros en vez de empujar el animal hacia delante. A continuación, y al igual que las vacas, el tiranosaurio se esforzaba para alzar sus cuartos delanteros aún postrados en el suelo. El pequeño tamaño de los miembros anteriores significaba que el tiranosaurio estaba obligado a tirar su cabeza hacia atrás mientras enderezaba sus piernas. Con las patas traseras completamente extendidas el tiranosaurio ya podía marchar a cazar a sus presas. Al igual que el *Gorgosaurus*, en la nueva representación de Newman, el *Tyrannosaurus* caminaba inclinado. Sugiere que el cuerpo se mantenía en una posición horizontal, en lugar de estar inclinado 45 grados como en las restauraciones convencionales. Las articulaciones flexibles de las vértebras permitían un cuello curvado como «los cuellos de cisne» y hacían posible la maniobrabilidad tan esencial como una máquina de matar de este tipo. Newman incluso cortó 3,6 metros de la cola del tiranosaurio para obtener una criatura más simétrica. En realidad, esto no es tan arbitrario como pueda parecer ya que la existencia de estos 3,6 metros de cola sólo eran conjeturas, no existen especímenes en los que realmente se haya podido comprobar este hecho. El *Tyrannosaurus* presentaba ahora una distribución del peso más equilibrada en todas partes. En vez de arrastrar las colas por el suelo detrás de sí, donde no hubiesen podido actuar como contrapeso, los *Tyrannosaurus* las levantaban del suelo para reducir el esfuerzo de sostener el tronco. La idea del elegante movimiento atribuido en otros tiempos al rey de los asesinos fue destruida de golpe por el estudio de Newman sobre las articulaciones de los miembros. Cuando la pierna era alzada hacia delante, los tendones que llegaban hasta los dedos de los pies automáticamente se estiraban y los dedos se cerraban como los de un pájaro en una percha. Esto le permitía al pie saltar por encima del suelo. Cuando la pierna libre avanzaba, balanceaba su enorme cola hacia un lado, haciendo que la marcha del monstruo fuera torpe, parecida a la de los patos. Unas huellas de megalosaurio de Swanage, ahora expuestas en el Museo Británico, muestran cómo los dedos están dirigidos hacia dentro. Al igual que el megalosaurio, el *Tyrannosaurus* probablemente tenía los pies torcidos hacia dentro.



c. Primer dibujo del *Tyrannosaurus rex*, el carnívoro terrestre más grande de la historia de la Tierra, realizado en 1906.

Inmediatamente se puede apreciar, si se echa un vistazo al anadeo del *Tyrannosaurus*, que el solo esfuerzo de mantenerse en pie debía de ser enorme. El solo hecho de balancear un cuerpo de ocho toneladas sobre las patas traseras debía requerir mucha energía, energía consumida por los músculos de las piernas, cola y vértebras para oponerse a la gran fuerza gravitacional. A diferencia del lagarto, que corre haciendo un breve esfuerzo antes de dejarse caer sobre su vientre para recuperarse, el *Tyrannosaurus* no se tumbaba con el vientre en el suelo sino que caminaba con sus piernas escondidas debajo del cuerpo y el vientre levantado al aire. No estaba hecho para dejarse caer sobre el vientre. Normalmente, se veía obligado a permanecer equilibrado sobre sus pies. Ésta es justo la situación que nos encontramos en los mamíferos y las aves. Aproximadamente, de la mitad a los tres cuartos de la vida activa de los mamíferos o aves transcurre en estado erguido. Lo mismo probablemente era válido para el *Tyrannosaurus* (y para todos los dinosaurios). Indudablemente, el tiranosaurio podía ahorrar algo de energía apoyándose sobre sus piernas. Pero incluso así no se parece en nada a la posición de reposo total de un lagarto despatarrado. El problema naturalmente parece aún mayor si tomamos como ejemplo a un titánico brontosaurio: cuarenta o cincuenta toneladas de carne destinadas a permanecer de pie durante gran parte del tiempo que el animal estaba despierto para continuar la búsqueda de alimentos. La energía necesaria debía de haber sido enorme. La energía consumida por los músculos para mantener firmes las articulaciones de los miembros y la columna vertebral, manteniendo al animal erguido sobre sus pies no debe ser subestimada. Los músculos deben tener un tono constante para evitar que el esqueleto se colapse; cuanto mayor es el peso del animal, mayor es el esfuerzo. Un lagarto tiene poco de qué preocuparse ya que pasa muy poco tiempo erguido, más bien ahorra energía colapsándose en el suelo. Tiene que hacerlo *ya que no tiene la energía para permanecer erguido*. ¡Está obligado a pasar hasta un 90% de su vida «activa» tendido inmóvil en

el suelo!

John Ostrom fue el primero en comprender las implicaciones de este hecho, implicaciones que sugerían que debíamos volver a replantear algunas de nuestras ideas convencionales. En 1969 se pronunció en contra de la aceptada idea de que los dinosaurios eran reptiles de sangre fría y perezosos. La ocasión era apropiada, ya que fue en la Primera Convención Paleontológica Norteamericana, que tuvo lugar en el Museo Field de historia natural, Chicago, en 1969. El tema escogido por Ostrom era la interpretación paleoclimatológica a partir de fósiles contemporáneos. Previamente se había dado por supuesto, casi sin haber analizado críticamente la cuestión, de que la presencia de los dinosaurios gigantes de sangre fría —dependientes como eran del sol— en latitudes altas implicaban la existencia de un clima tropical uniforme en una gran parte de la Tierra en la época mesozoica. Es verdad que los reptiles y anfibios son buenos indicadores térmicos, pero Ostrom rehusó utilizar dinosaurios para este fin. Los mamíferos y las aves, destacó Ostrom, tienen un gran gasto de energía. Una rata, por ejemplo, quema diez veces más combustible por unidad de volumen que un caimán; el músculo del colibrí utiliza quinientas veces más oxígeno que el músculo de una rana del mismo tamaño, incluso cuando ambos están en estado de reposo. Estas cifras demuestran gráficamente la cantidad de oxígeno consumida para producir la vasta cantidad de energía requerida por los mamíferos y las aves, energía que en parte es utilizada para mantener internamente una temperatura corporal constantemente alta. Con un alto índice metabólico y una rápida producción de energía, los mamíferos y las aves son capaces de mantenerse y caminar erguidos durante casi todo el tiempo que están en estado de vigilia. Para ayudarles, los miembros han sido trasladados debajo del cuerpo de forma que puedan mantenerse erguidos *sobre* sus piernas sin estar colgados entre ellas como en los lagartos. De esta forma, los lagartos pasan la mayor parte de su vida pasivamente mientras que los mamíferos y las aves realmente la pasan de forma activa, estando de pie, caminando, limpiando, cazando presas, sometiéndose a ritos, etc. «La correlación entre una elevada temperatura corporal..., un elevado metabolismo y una postura y locomoción erguidas no es accidental —dijo Ostrom—. La evidencia parece indicar que la postura y la locomoción erguidas probablemente no son posibles sin un metabolismo elevado y una alta y uniforme temperatura corporal^[37]». Y los dinosaurios andaban erguidos: manadas de *Triceratops* con postura de rinoceronte eran cazados en las llanuras mesozoicas por carnívoros bípedos de tamaño gigante similar. Estos dominantes reptiles mesozoicos probablemente compartieron el secreto del éxito de los mamíferos. Probablemente también eran animales de sangre caliente. Como corolario, la marcha de los dinosaurios a latitudes más frías del norte, a las que podían hacer frente con su propio suministro de calor, hace que prácticamente sean inservibles como indicadores térmicos^[38].

La prudencia de la postura de Ostrom se hizo patente, en 1973, cuando Dale Russell, del Museo Nacional de Ciencias Naturales en Ottawa, anunció el descubrimiento de hadrosaurios de pico de pato *dentro del círculo ártico cretáceo del Canadá* (situado a la altura del Yukón^[39]). Las cicádidas y cipreses fósiles indican que en aquella época debía de haber un clima más cálido en el ártico. No obstante, los meses de oscuridad invernal dejaban a los dinosaurios dos opciones: existir sin sol o migrar hacia climas soleados. Ambas son difíciles de explicar usando el modelo de dinosaurio arcaico. Si los dinosaurios eran animales que tomaban el sol para calentarse,

¿podrían sobrevivir varios meses de noche perpetua? Como alternativa, los dinosaurios de pico de pato, que en verano pastaban en el Yukón debían de haber viajado 800 kilómetros para alcanzar el borde ártico del cretáceo. (Debido a que la oscuridad inhibe el crecimiento de las plantas, probablemente marcharían aún más lejos para satisfacer su voraz apetito). ¿De dónde sacaban la resistencia para las arduas migraciones de otoño? El descubrimiento de Russell apoya fuertemente los datos de que los dinosaurios no eran en modo alguno animales exoteros tradicionales.

Nadie antes había sugerido una inextricable relación entre metabolismo elevado, temperatura estable y postura erguida, pero una vez expuesta explícitamente, esta relación parecía obvia y natural. Resolvía las viejas contradicciones inherentes al absurdo modelo del brontosaurio tomando el sol, descartando el conjunto del modelo y sustituyéndolo por un dinosaurio endotérmico. Naturalmente, esto requiere una apreciación radicalmente nueva de la fisiología de los dinosaurios; y nos vemos obligados a tener como referencia para nuestro modelo a los mamíferos y las aves. Los pulmones de los lagartos son capaces de extraer mucho menos oxígeno del aire que los de un mamífero, donde los tejidos pulmonares son esponjosos debido a una multitud de vesículas diminutas con paredes ultrafinas diseñadas para exponer una gran área de superficie al aire. En los lagartos, estas bolsas de aire son mucho más grandes y el área de superficie está correspondientemente reducida. Por lo tanto, la sangre recibe menos oxígeno, defecto que además, tal como hemos visto, es potenciado por un corazón menos eficaz. El corazón del lagarto tiene un solo ventrículo, que sirve para bombear tanto la sangre que va del cuerpo a los pulmones como la que vuelve de los pulmones y va al cuerpo. Debido a que la sangre de estos dos sistemas tiene que pasar por una única cámara, se mezcla: así, la sangre rica en oxígeno que llega de los pulmones queda adulterada con la sangre venosa consumida antes de ser bombeada a los músculos donde es requerido el oxígeno. Los mamíferos y las aves presentan un ventrículo dividido en dos cámaras, una para recibir específicamente la sangre consumida recibida de los tejidos y bombearla a los pulmones; la otra está diseñada para enviar sólo sangre oxigenada no adulterada, recibida de los pulmones, de vuelta al cuerpo. Esto proporciona una gran cantidad de oxígeno esencial necesario para las criaturas de metabolismo rápido, de sangre caliente. Probablemente, éste fue el sistema empleado por los dinosaurios. De hecho, el cocodrilo, que podría ser considerado un vestigio del ancestro de los dinosaurios, funcionalmente presenta un corazón de cuatro ventrículos, con un septo ventricular que divide los sistemas arteriales y venosos.

El alto nivel de metabolismo y rápida producción de energía supuestos en el dinosaurio, no lo sitúan junto a los lagartos de sangre fría, sino posiblemente junto a los mamíferos y las aves de sangre más caliente. Richard Owen hubiese estado sorprendido y encantado. Sorprendido, de que un reptil no solamente tuviera algunas características comunes con los mamíferos sino que incluso fuera de sangre caliente; y encantado por la espectacular confirmación de su teoría de que el dinosaurio realmente era la cumbre de la creación reptiliana.

III. LA CARRERA ES PARA LOS VELOCES, LA LUCHA PARA LOS FUERTES

Esta, aún muy controvertida, idea inmediatamente comenzó a tener partidarios que veían en ella uno de los conceptos más fructíferos y productivos. Sugería hacer nuevas preguntas y plantear nuevas formas de abordar la cuestión que, inesperadamente, mostraban al dinosaurio bajo un punto de vista completamente nuevo.

Por una notable coincidencia, este nuevo enfoque había surgido simultáneamente al otro lado del Atlántico. Armand de Ricqlés en la Universidad de París había llegado *independientemente* a la misma conclusión de Ostrom en unos pocos meses aunque su modo de abordar el problema había sido bastante distinta. (Este tipo de feliz coincidencia es una característica recurrente de los descubrimientos científicos. En ciertas épocas, parece que las ideas nuevas flotan en el aire esperando que alguien tenga el valor de cogerlas; recuérdese la lucha entre Newton y Leibniz acerca de quién inventó el cálculo, o el sobresalto de Darwin cuando recibió un resumen de Wallace acerca de su propia teoría de la evolución mediante selección natural). Así, en 1969, después de haber estudiado la estructura interna de muchos tipos de huesos fósiles y recientes, Ricqlés, sugirió que fisiológicamente los dinosaurios eran más parecidos a los mamíferos que a los lagartos. El hueso, aparte de su obvio papel como andamio interno, es una estructura activa, en crecimiento y fisiológicamente importante: en la médula se fabrican células sanguíneas y el tejido óseo actúa como un importante depósito de calcio (las hormonas desencadenan la liberación del calcio del hueso y lo envían a los lugares de la contracción muscular donde desempeña un importante papel). Los animales activos con un alto nivel metabólico y sistemas fisiológicos acelerados exigirán un mayor rendimiento de los huesos, lo cual se reflejará en su fina estructura. Ricqlés se dio cuenta de que la estructura ósea era un sensible indicador del nivel de actividad de un animal y que, en los huesos fósiles, disponíamos de todos los ingredientes para evocar la fisiología de los animales muertos hacía mucho tiempo. En los mamíferos y las aves, los vasos sanguíneos que penetran en los huesos largos son numerosos y están densamente agrupados (permitiendo un mayor transporte de materiales hacia y desde regiones activas); en los reptiles, los vasos sanguíneos son escasos. Los conductos de Havers, los lugares que controlan el intercambio de calcio entre el esqueleto y la sangre, son menos numerosos en los huesos de los reptiles que en los huesos de los mamíferos, y su falta limita la velocidad de intercambio. Ricqlés afirmó que, *los huesos de los dinosaurios se parecen a los huesos de los mamíferos*, pero que se diferenciaban claramente de los huesos de reptiles y anfibios de sangre fría. Interpretó esta sorprendente «convergencia» como prueba de la existencia de un metabolismo activo, y que los dinosaurios posiblemente eran animales de sangre caliente^[1].

Estos estudios independientes de Ostrom y Ricqlés convirtieron a los mamíferos en el nuevo paradigma para los dinosaurios, eliminando así las limitaciones asociadas al obsoleto modelo de lagarto. Estos nuevos modelos centraron la atención sobre aspectos hasta entonces inexplorados de los dinosaurios, aspectos que nunca hubiesen salido a la luz bajo el antiguo orden. La tarea de estudiar a fondo todas estas nuevas ideas estuvo en manos de un estudiante de Ostrom en Yale,

Robert T. Bakker. Bakker se llevó consigo estas radicales ideas al Museo de Zoología Comparada en la Universidad de Harvard y fue aquí, en el museo de Louis Agassiz, donde analizó las implicaciones de la endotermia para los dinosaurios en una serie de artículos escritos a principios de la década de 1970. Esta nueva forma de abordar el problema también provocó que los problemas existentes fueran analizados desde una nueva perspectiva. Frecuentemente estos problemas habían pasado inadvertidos y las paradojas habían sido aceptadas sin levantar crítica alguna. Las desventajas fisiológicas de los lagartos no podían ser ignoradas, y aunque se reconocía que los reptiles vivos están impedidos por su limitada capacidad para correr o incluso para mantener una posición erguida, se suponía que los dinosaurios realizaban prodigiosas proezas de gran fuerza y resistencia. Aun a pesar de que estas limitaciones se habrían incrementado desproporcionalmente en un lagarto del tamaño de un elefante, se continuaba pensando que estos formidables carnívoros se habían pasado la vida persiguiendo activamente a sus presas, mientras que, a su vez, los herbívoros habían sido capaces de escapar de sus garras. Si un pequeño lagarto, que pesa pocos gramos, solamente es capaz de tener breves períodos de actividad, ¿cómo un carnívoro de ocho toneladas de peso como el *Tyrannosaurus* habría podido aguantar una lucha feroz y prolongada con su presa? La muerte de un *Triceratops* en las garras del tiranosaurio no podía haber sido tan instantánea como lo es la de una mosca atrapada por un lagarto. Un dinosaurio grande tenía un volumen aproximadamente un millón de veces superior al de un lagarto pequeño, y aún así se creía que éste había cazado sus presas y mantenido combates a muerte. ¿De dónde sacaban la energía?

Una forma de salir de esta paradoja era suponer, como hicieron algunos científicos en el caso de los gigantes carnívoros, que eran demasiado grandes y pesados como para haber cazado activamente sus presas y luego haber luchado. Lawrence Lambe, el descubridor del monstruo canadiense *Gorgosaurus*, era el más ferviente partidario de esta teoría. El descubrimiento de un nuevo dinosaurio carnívoro siempre es un acontecimiento. Los carnívoros no eran ni con mucho tan abundantes como sus inofensivos contemporáneos herbívoros en la época mesozoica, pero al ser bestias tan imponentes, su escaso número pronto se veía compensado por el interés que suscitaba en sus descubridores. Frecuentemente, una comunidad de una determinada localidad tendrá una serie de herbívoros, pero sólo a un único carnívoro gigante para tenerlos a raya. Al explorar la región canadiense del río del Ciervo Rojo de Alberta, a principios del siglo, se descubrieron muchos herbívoros nuevos, y en 1913 Lambe entró en posesión de un carnívoro completamente nuevo. El *Gorgosaurus* era un gigante del cretáceo tardío: alcanzaba una longitud de 8,8 metros y una altura de 3,3 metros. Aunque estaba armado con los obligatorios dientes y maxilares fuertes, el gorgosaurio tenía una constitución más ligera que el *Tyrannosaurus*, con patas traseras más delgadas y más gráciles. Con todo, obviamente pesaba algunas toneladas y Lambe pensaba que la criatura había pasado la mayor parte de su vida tumbada en el suelo. Podía caminar erguida si la situación lo requería, y en este caso la cola actuaba como contrapeso al tronco y el peso del cuerpo era soportado por las patas traseras. Sin embargo, esto sucedía muy raras veces, provocado sólo por un motivo muy fuerte. En posición postrada, sentada o agachada, el peso del gorgosaurio pasaba directamente al suelo a través del cinturón pélvico. «Esta posición de reposo —aventuró Lambe—, y particularmente la postura con el cuerpo acostado en toda su

longitud (cuando la criatura estaba completamente estirada con la cabeza apoyada sobre el suelo) probablemente eran las más frecuentemente adoptadas por un reptil con la forma, y naturaleza supuestamente perezosa del gorgosaurio». Extrañamente, los largos dientes aserrados en los maxilares del gorgosaurio estaban completamente nuevos sin estrenar, a pesar de que el ejemplar no era joven. Las puntas de los colmillos eran casi perfectas, con delicados bordes dentados en los agudos filos cortantes. Lambe dedujo que los alimentos ingeridos por este carnívoro eran blandos y no abrasivos, y que la presa no podía haber ofrecido resistencia alguna.

Por consiguiente, se cree que el gorgosaurio se limitaba a alimentarse de los cadáveres de animales que no habían sido matados recientemente, que no era un intrépido cazador sino un animal que se alimentaba de carroña que desempeñaba su papel en la Naturaleza y sin duda sus servicios eran requeridos a menudo, si tenemos en cuenta la inmensa cantidad de tracodontes, ceraptosianos, estegosaurios y otros dinosaurios y reptiles que vivían y morían en este período particular del cretáceo^[2].

Sumergido, como Lambe creía, en montones de potencial alimento que se desplazaban lentamente, el *Gorgosaurus* no necesitaba ser un depredador activo. A su alrededor debían de haber muerto de forma natural todo tipo de herbívoros. La bestia engullía «los cadáveres que encontraba o con los que se tropezaba en sus excursiones provocadas por el hambre». El monstruoso gorgosaurio era un animal de carroña casi inofensivo. Arrancaba los blandos tejidos del cadáver con sus garras antes de agacharse sobre la carne en proceso de descomposición para consumir los sabrosos tejidos. Al menos, eso es lo que pensaba Lambe.

Desgraciadamente para la teoría de Lambe, los dientes se pierden o desgastan, no durante el acto de matar, sino al arrancar la carne de los huesos. El Museo Americano tiene el esqueleto completo de un brontosaurio, cuyos huesos de la cola han sido roídos por un alosaurio. Al comparar un maxilar de alosaurio con las muescas de los dientes se vio que éstas encajaban exactamente. Obviamente, un *Allosaurus* había tenido un banquete con el cadáver del brontosaurio. Es más, durante este proceso había perdido varios dientes que fueron encontrados al lado de la cola del brontosaurio cuando fue extraída de las rocas^[3]. Resulta incomprensible por qué los dientes del gorgosaurio canadiense están como nuevos, ya que por el mero hecho de comerse el cadáver se hubiesen desgastado. Naturalmente, esto no puede ser utilizado como prueba para demostrar un comportamiento cobarde del gorgosaurio. La serie de armamentos que llevaba era tan temible como la de un alosaurio o tiranosaurio. La alimentación a base de carroña parece haber sido una ocupación poco probable para esta bestia; *tiene el aspecto* como si estuviese hecho para la agresión activa. Además, la mayoría de los investigadores que estudiaban a los grandes carnívoros como el *Allosaurus* y *Tyrannosaurus* de Norteamérica y el *Tarbosaurus*, el homólogo mongol del tiranosaurio, no compartían el escepticismo de Lambe, y en lugar de ello preferían creer en la evidencia de las garras y maxilares, éstas indicaban que se trataba de formidables asesinos. En la vida (y la muerte), naturalmente las cosas nunca están tan claras: un león puede alimentarse de carroña y una hiena en ocasiones matar. Sería poco realista imaginarse a un gorgosaurio o tiranosaurio renunciar a una comida gratuita si se encontraran con un animal

muerto. No obstante, parece ser más probable que, al igual que los leones, se tratara principalmente de depredadores activos.

El *Tyrannosaurus rex*, el «rey de los lagartos tiranos», era la expresión extrema de su tipo. Su impresionante tamaño, de poco menos de 12 metros de longitud si aceptamos la estimación revisada de Newman, y 6 metros de altura cuando el animal estaba erguido sobre sus patas traseras, no deja lugar a dudas de que se trataba del rey mesozoico de las bestias. Fue encontrado por primera vez como resultado de un intenso período de actividad en el Museo Americano a finales del siglo pasado. Bajo la presidencia de Henry Fairfield Osborn, una gran cantidad de expediciones bien equipadas fueron enviadas a las Montañas Rocosas, que como resultado hicieron descubrimientos tan prolíficos que aún ahora estamos cosechando los beneficios. El *Tyrannosaurus* surgió de su tumba de Hell Creek en Montana, en 1902, cuando el equipo de Barnum Brown estaba explorando la región en busca de dinosaurios. Brown, acompañado de Lull, localizó el cráneo, maxilares, columna vertebral y patas traseras de la bestia, pero la dura piedra caliza circundante del cretáceo superior obligó a los equipos del museo a volver durante dos o tres años consecutivos para desenterrar por completo al animal mientras que Lull, ya de vuelta en el museo, preparaba el esqueleto para montarlo. El *Tyrannosaurus* sorprendió a todo el mundo. El *Allosaurus*, a pesar de su gran tamaño, parecía pequeño al lado del más grande de todos los tiranos. Un colega de Osborn en el museo, William Diller Matthew, intentó hacer un dibujo preliminar de la bestia y para destacar sus dimensiones de la forma más dramática, la colocó junto a un diminuto esqueleto humano. Este espécimen, y gran parte de otros dos esqueletos hallados en las sucesivas incursiones a Hell Creek, fueron estudiados por Osborn, quien, en reconocimiento a esta criatura que había sido el carnívoro terrestre más grande que jamás pisó la Tierra, la bautizó con el nombre de *Tyrannosaurus rex*^[4]. Una criatura, además, que estaba construida sólidamente e indudablemente para luchar, con largos dientes letales y unos terroríficos maxilares y unas garras de 20 centímetros de longitud que armaban los dedos de los pies. Al igual que Cope, que al hallar al *Laelaps* carnívoro en la misma área que al hadrosaurio, se había visto obligado a considerar a ambos como enemigos, Osborn sugirió que el tiranosaurio había sido el enemigo implacable del *Triceratops* cornudo. La armadura del herbívoro tricornio había alcanzado tal grosor que el *Tyrannosaurus* había desarrollado dientes de 15 centímetros de longitud para penetrar en ella y unos maxilares de 1,20 metros de longitud para poder engullir los pedazos de carne.

El estudio del cráneo del *Tyrannosaurus* revela sus hábitos depredadores. Debido a que las patas delanteras no servían para desgarrar la carne de la forcejeante presa, el cráneo había asumido la función principal de agresión. Consiguientemente, había crecido desproporcionalmente en comparación con el tamaño del animal y estaba armado con una serie de dientes curvados, aserrados, parecidos a lanzas paleolíticas. La longitud de sus maxilares permitía una mordedura realmente efectiva y el *Tyrannosaurus* era así capaz de engullir considerables masas de carne de dinosaurio. El *Allosaurus*, más pequeño incluso, superaba al tiranosaurio en su capacidad de tragar cantidades considerables de presas. En la región de la sien, el hueso cuadrado que se articulaba con el maxilar inferior era ligeramente móvil mientras que los dos maxilares y el techo del cráneo podían flexionarse en sus puntos centrales. Todo ello constituía una serie de adaptaciones notables que hacían que la boca se pudiera abrir más y el *Allosaurus* pudiera engullir

vorazmente enormes masas de carne.

Dos de los tiranosaurios rescatados por Barnum Brown en Montana, fueron restaurados en la sala cretácea del Museo Americano en Nueva York. Las posturas adoptadas por Osborn para sus reconstrucciones eran las dibujadas por el director del departamento de reptiles del parque zoológico de Nueva York, tras un intensivo estudio de los movimientos de los lagartos. Estas restauraciones, dijo Osborn, representaban «animales antes del salto convulsivo y mordedura que distingue la lucha de los reptiles^[5]».

Barnum Brown describió la escena más vivamente.

Son las primeras horas de la mañana en las orillas de un lago del cretáceo hace tres millones de años. (En la época de Barnum Brown —este artículo fue escrito en 1915— se le concedía un período mucho más corto a la duración de la historia de la Tierra: actualmente se cree que desde el final del cretáceo han transcurrido 64 millones de años). Un dinosaurio herbívoro, un *Trachodon*, que se ha aventurado fuera del agua para conseguir un desayuno a base de vegetación suculenta, ha sido apresado y devorado parcialmente por un *Tyrannosaurus* gigante, carnívoro. Mientras este monstruo se agacha sobre el cadáver, descuartizándolo atareadamente, otro *Tyrannosaurus* es atraído a la escena. Se aproxima irguiéndose para agarrar al más afortunado cazador y disputarle la presa. La figura agachada, de mala gana deja de comer y acepta el desafío levantándose parcialmente para saltar sobre su adversario.

El momento psicológico de esta tensa inercia, antes del combate, fue escogido para mostrar mejor las posiciones de los miembros y de los cuerpos y para describir un incidente en la historia de la vida de estos reptiles gigantes^[6].

Cope había sentado el precedente colocando a sus *Laelaps* agarrados uno a la garganta del otro, de modo que Brown le siguió el ejemplo enfrentando a un tiranosaurio con otro. Sin embargo, esta agresión intraespecífica parece improbable. El hecho de que muchos autores hayan asumido que las limitadas capacidades mentales de los dinosaurios depredadores hacían que éstos atacaran todo lo que se moviera, es razón de más para creer que existía algún tipo de comportamiento territorial entre los carnívoros más grandes, similar al que actualmente existe entre los leones. Los dinosaurios depredadores más pequeños probablemente cazaban en manadas como los lobos^[7], existiendo en este caso muy probablemente algún tipo de jerarquía —una jerarquía social de los dinosaurios— para evitar que se produjeran estas reyertas destructivas que Cope y Brown habían imaginado.

Brown pensaba que el *Tyrannosaurus* era «una criatura poderosa, activa y de movimientos ágiles si la ocasión lo requería». De hecho, cuando Brown desenterró un esqueleto de *Gorgosaurus* en la región del río del Ciervo Rojo en Alberta, una década más tarde, lo envió al museo para que fuese restaurado en una postura como si estuviese corriendo, como cazando una manada de dinosaurios de pico de pato^[8].

Osborn y Matthew, conscientes de la limitada capacidad del lagarto para mantener una agresión activa, eran más reservados en sus afirmaciones concernientes a las agresivas luchas y

agilidad de estos carnívoros de gran tonelaje. Los lagartos matan con rapidez, una embestida y el destino del insecto está sellado, y Matthew se imaginaba algo parecido en el antiguo mundo. «En lo referente a las probables costumbres —dijo del *Allosaurus* (cuyo nombre significa «reptil saltador», un legado de la época de Cope)—, es sensato deducir que era un depredador, activo y poderoso, adaptado a la vida terrestre. Sus métodos de ataque y lucha deben de haber sido más parecidos a los de los reptiles modernos que a los de los mamíferos carnívoros más inteligentes». Se imaginaba al *Allosaurus* echado en el suelo a la espera (¿ciertamente uno de los métodos inteligentes de los depredadores sofisticados actuales?), «luego un repentino y rápido ataque, una feroz mordedura de los enormes maxilares y un salvaje ataque con dientes y garras hasta que la víctima había sido descuartizada o engullida entera^[9]». Era como si un carnívoro de ocho toneladas de peso pudiera imitar a un lagarto cuando ataca su presa y se retira rápidamente para volver a recuperar sus fuerzas. Esto, naturalmente, es muy improbable. El enorme volumen del *Allosaurus* y de sus enemigos habrían impedido una victoria de este tipo. Las presas no eran diminutas criaturas inofensivas, como lo son las presas del lagarto, ya que en el caso del *Tirannosaurus* cabe suponer que se trataba de un ceratopsiano armado tricornio o de un hadrosaurio de pico de pato más ágil.

Sorprendentemente, Matthew se contradijo a sí mismo cuando volvió a revisar las probables costumbres del tiranosaurio. «Su volumen imposibilita la rapidez y agilidad —declaró, sin advertir que esta afirmación también debía haber sido aplicable al *Allosaurus* que a su vez alcanzaba los 10 metros de longitud—. Debe de haber estado diseñado para atacar y devorar a los pesados y lentos dinosaurios con cuernos y armadura con los que han sido encontrados sus restos, y cuyas macizas corazas y armas de defensa se emparejaban bien con sus dientes y garras. El momento implicaba una acción aparentemente lenta y pesada de su enorme cuerpo, una inercia de movimientos, difícil de iniciar y difícil de cambiar o parar. Estos movimientos se diferencian mucho de la ágil rapidez que asociamos con las bestias depredadoras». «Ningún animal de las dimensiones de un tiranosaurio podía saltar sobre su presa —concluyó—, y un avance rápido hacia la lucha bien podría haber acabado en un inevitable empalamiento en los puntiagudos cuernos del *Triceratops*». Entonces, ¿cómo describía Matthew los «combates de los titanes del antiguo mundo»? Probablemente eran luchas largas contra adversarios bien armados, luchas que dejaban poco respiro a los protagonistas para recuperar sus fuerzas. ¿Podría un reptil de sangre fría, fisiológicamente ineficiente, de ocho toneladas de peso haber resistido estas luchas con un metabolismo que producía poca energía? Un tiranosaurio ectotérmico, de hecho, no habría tenido que retirarse *antes* que un lagarto, cuyo diminuto peso, después de todo, somete los músculos a un esfuerzo mucho menor?

W. E. Swinton, al discutir las costumbres de los tiranosaurios en 1934, se imaginaba las luchas de estos primitivos reptiles como enfrentamientos prolongados y feroces. «Los *Tyrannosaurus* —dijo de estos superdepredadores del cretáceo—, no podían haber sido otra cosa que torpes y desgarbados gigantes que luchaban contra formas de peso similar».

No era una criatura astuta o inteligente sino que en gran parte se guiaba por el instinto y las reacciones automáticas frente a los estímulos visuales y olfativos, si bien la larga

práctica a través de incontables ancestros carnívoros había provocado que esta coordinación alcanzara un elevado nivel de eficacia. A pesar de ello, las limitaciones mecánicas del cuerpo se oponían a los repentinos saltos, persecuciones veloces o contiendas entre dos inteligencias que caracterizan a las luchas de los mamíferos; y, sin duda, las contiendas del mundo cretáceo, si las pudiéramos ver ahora, parecerían tener la rigidez de las actividades de aficionados más que la suavidad de los profesionales aunque las disputas eran reales y terribles^[10].

La deducción de la función de las estructuras (tales como dientes y garras) a partir de su forma, sólo es uno de los medios, si bien el principal, para demostrar que los dinosaurios terópodos (carnívoros) eran agresores activos. A finales de la década de los años 1930, Roland T. Bird, un explorador que buscaba dinosaurios para el Museo Americano y compañero de Barnum Brown, causó bastante revuelo con sus descubrimientos de dinosaurios. Bien, no exactamente de los mismos dinosaurios sino de sus huellas, dejadas para la posteridad cuando los antiguos leviatanes cruzaron superficies fangosas. En aquellas ocasiones, en las que el fango era lo suficientemente duro quedaron impresas en el suelo huellas bien definidas que se llenaron con sedimentos de aluviones. Cuando el suelo se elevó y las rocas sobrepuestas se erosionaron millones de años más tarde, el esquistos del interior de las huellas se desgastó dejando impresiones casi perfectas de las antiguas huellas. La ciencia que se ocupa de las huellas fósiles, o iconografía, recibió un inmensurable impulso debido a las numerosas huellas encontradas por Bird en los Estados de las Montañas Rocosas.

Hacia finales de noviembre de 1938, Bird llegó al escenario donde se encontraban las enormes huellas de carnívoros con tres dedos —perfectamente impresas en los lechos—, después de haber visto algunas planchas de piedra que contenían huellas fósiles y que estaban a la venta en un tenderete de recuerdos indios. Las huellas de dinosaurios con tres dedos no eran raras, ya que se habían descubierto muchas en el siglo transcurrido desde que Edward Hitchcock coleccionara sus huellas de «aves» en el valle del Connecticut para su museo en el Amherst College. Hitchcock había descubierto las huellas de dinosaurios primitivos que habitaban la región de Nueva Inglaterra en la época triásica, mientras que Bird estaba tratando con piedras mucho más jóvenes, de aproximadamente 120 millones de años de antigüedad en Glen Rose a 128 kilómetros al sudoeste de Fort Worth en Texas. Glen Rose era territorio virgen para las expediciones del Museo Americano de Historia Natural. Bird, viendo una piedra de mampostería que contenía la impresión de una huella de un carnívoro de medio metro de longitud perteneciente al edificio de la administración de justicia local, se dio cuenta que la región sería provechosa. Parece ser que durante mucho tiempo la ciudad había dado por supuesto que estas «huellas eran de hombre». Las huellas eran muy numerosas en el lecho del río Palaxy, unos kilómetros río arriba donde las aguas atraviesan las marismas del cretáceo inferior y dejaban al descubierto las huellas. Bird pasó los últimos días de aquella temporada excavando estas huellas de carnívoro con garras de águila, pero también desenterró, casi de forma accidental, la primera sucesión conocida de huellas con cuatro dedos de brontosaurios gigantes que se movían pesadamente. Estas huellas de saurópodos de 96 centímetros de longitud lo hicieron volver a toda prisa a Glen Rose en la siguiente temporada. Los

equipos del Museo Americano y de la Universidad de Texas extrajeron de este lugar unas 40 toneladas de planchas que contenían huellas, proceso durante el cual encontraron una sucesión de huellas particularmente espectaculares. Un imponente saurópodo había atravesado las marismas sin darse cuenta que un carnívoro lo estaba siguiendo de cerca. Cuando el brontosaurio torció hacia la izquierda, el gran carnívoro lo siguió. La tensión iba aumentando incluso entre los trabajadores más impasibles a medida que se iba exponiendo el drama y descubriendo más huellas. Existía incluso cierto grado de amistosa rivalidad al desenterrar las huellas y se hacían especulaciones sobre el resultado de esta cacería prehistórica. ¿Podría escapar el brontosaurio a la seguridad de las profundidades o se encontraría su esqueleto medio comido en algún lugar más adelante? El decepcionante final de la persecución se produjo cuando la roca quedó enterrada debajo de un muro de piedra caliza. El resultado sigue sin conocerse^[11]. ¿En primer lugar, hubo realmente una cacería? Muchas autoridades parecen haber aceptado este hallazgo como prueba, estremecedoramente dramática, de que los brontosaurios habían sido perseguidos y caído presas de los rapaces carnívoros que les seguían la pista. Debido a que, tal como dijo una vez Richard Swann Lull, las huellas «son fósiles de *seres vivos*, mientras que los demás restos pertenecen a seres muertos», las pruebas de Bird han sido de gran ayuda^[12]. Bird le presentó al mundo científico un breve episodio de la *vida* de un brontosaurio en particular; se centró en un día, día que podría haber sido testigo del final de su vida.

Evidentemente había cierto número de contradicciones. Por un lado, a los reptiles actuales se les reconocían graves limitaciones cuando debían mantener algún tipo de actividad y, a pesar de ello, los glorificados reptiles del pasado aparentemente eran capaces de las más extraordinarias hazañas. La paradoja sólo era reconocida como tal por unas pocas personas y nunca fue manifestada explícitamente, aunque implícitamente era aceptada por todos. El resultado de la lucha podría haber permanecido incierto, pero existían pocas dudas de que realmente *había habido* una lucha. Los carnívoros no habían sido los cobardes animales de carroña que Lambe había imaginado sino asesinos de sangre fría que aterrorizaban a sus víctimas.

Se conoce el resultado de una lucha. En agosto de 1971, la expedición paleontológica conjunta polaco-mongola al desierto del Gobi encontró los esqueletos fósiles de dos dinosaurios que, aparentemente, habían perecido mientras estaban disputando un combate a muerte. El depredador, un pequeño y ágil *Velociraptor* con delgadas piernas y largas manos cerradas (de aquí el nombre que significaba «ladrón rápido»), fue hallado agarrado al cráneo de un pequeño *Protoceratops* acorazado, abrazado inextricablemente sobre el herbívoro en una postura que sugería que ambos habían muerto en la lucha^[13]. (Es un poco difícil de imaginar cómo dos combatientes podían haber muerto simultáneamente y luego haber sido conservados como congelados en la lucha). La paradoja del dinosaurio como agresor activo fue resuelta ingeniosamente por Bakker, en 1972, cuando examinó la ecología de las comunidades de dinosaurios. La relación entre depredadores y presas en las comunidades de reptiles difiere significativamente de la existente en las de los mamíferos, situación resultante de las diferentes necesidades energéticas de los dos tipos de criaturas. El lagarto vivo más grande, el dragón de Komodo (de hecho un monitor estrechamente emparentado con el mosasaurio marino del cretáceo) que sobrevive en la remota isla de Komodo al este de Bali, alcanza los 3,6 metros de longitud y un peso superior a los 450 kilogramos. Este

lagarto come el equivalente al cadáver de un cerdo aproximadamente una vez al mes. Debido a que esto constituye aproximadamente la mitad de su peso, cada sesenta días habrá consumido su peso en animales de presa. Un leopardo, en cambio, necesita quemar una mayor cantidad de alimentos para satisfacer sus mayores demandas energéticas. Ingerirá su peso en alimentos en sólo diez días. Los leones consumen incluso más, su peso en tan sólo ocho días, y los perros salvajes en menos de una semana. Por lo tanto, las criaturas de sangre caliente requieren aproximadamente diez veces la cantidad de comida ingerida por un lagarto. ¿Cómo podemos aplicar estos hallazgos a las comunidades de dinosaurios de hace 70 millones de años? Una comunidad de criaturas sólo podía soportar un determinado número de depredadores para que la población se pueda mantener estable. Debido a que los carnívoros de sangre caliente matan frecuentemente, la población sólo podrá soportar a unos pocos carnívoros en relación con los inofensivos herbívoros para no alterar el equilibrio. Las comunidades de reptiles pueden tolerar un mayor número de depredadores sin que disminuya su población debido a que éstos causan un menor número de víctimas. Bakker demostró que, en las comunidades reptiles fósiles de mediados del período pérmico, existían muchos más depredadores que en las comunidades mamíferas fósiles, del oligoceno y plioceno. ¿Qué pasaba con los dinosaurios? Éstos presentaban un patrón análogo al de las relaciones presa-depredador de los *mamíferos*. Al igual que sucede actualmente en las llanuras de África, donde los antílopes son mucho más numerosos que los leones, en el cretáceo tardío los hadrosaurios de pico de pato y los ceratópsidos cornudos eran mucho más abundantes que los tiranosaurios contemporáneos. Los cálculos de Bakker sobre el flujo energético en las comunidades de dinosaurios, hacían que pareciese probable que la baja relación entre carnívoros y herbívoros se debiera a que éstos eran de sangre caliente y no a alguna peculiaridad en la estructura de la comunidad o incluso conservación selectiva. «El análisis de los flujos de energía indica claramente —concluyó Bakker—, que los balances de energía de los dinosaurios eran similares a los de mamíferos grandes y *no a los de lagartos del tamaño de un elefante*^[14]». Se han dirigido críticas contra las precauciones adoptadas por Bakker, por no haber evaluado las pasiones de los recolectores de fósiles o por las irregularidades en su conservación; o, tal como destaca Alan Charig del Museo Británico, la posibilidad de discrepancias en las expectativas de vida entre los dinosaurios. Todos estos factores podían afectar drásticamente las conclusiones de Bakker. A pesar de ello, este enfoque parece ser básicamente válido, y con algunas modificaciones podría proporcionar unos excelentes resultados.

Los asesinos verdaderamente grandes de la época mesozoica tardía, los tiranosaurios y alosaurios, obviamente no eran tan manifiestos (al menos en lo concerniente a su número) como sería de esperar tratándose de lagartos monstruosos. No obstante, tal como se nos había enseñado, se trataba de bestias rapaces muy activas que con frecuencia necesitaban matar. Los *Tyrannosaurus* al menos, con sus grandes maxilares y pies con garras de águila, estaban capacitados para abatir a los dinosaurios con pico de pato o a los ceratópsidos. Y es muy probable que éstos fueran sus presas. Es improbable que pudieran haber cazado a los dinosaurios más pequeños y ágiles. La serie de armamentos de los tiranosaurios estaban destinados a combatir eficazmente a los herbívoros más grandes y bien protegidos como el *Triceratops*.

El *Tyrannosaurus* no estaba incapacitado para correr; probablemente, en ocasiones se veía

obligado a ello para poder cazar a los galopantes *Triceratops*. El tiranosaurio probablemente caminaría como los patos, pero incluso los patos pueden ser rápidos cuando es necesario. Tal como suponía Barnum Brown, tanto el *Tyrannosaurus* como el *Gorgosaurus*, indudablemente eran bastante rápidos cuando mataban. Los ceratópsidos más grandes como el *Chasmosaurus*, que tenía el tamaño de un rinoceronte, y el *Torosaurus* y *Triceratops*, de diez toneladas de peso, ciertamente podían galopar a una velocidad notable. Al igual que los rinocerontes, los ceratópsidos estaban armados con una serie de cuernos en el cráneo (algunos de los cuales podrían haber alcanzado una longitud de 1,20 metros en vida: el núcleo óseo estaba recubierto de una funda córnea puntiaguda que se ha perdido en el fósil) y probablemente sólo se retiraban si el primer ataque no debilitaba al agresor. Bakker estimó, a partir de su estudio sobre las articulaciones de los miembros de los dinosaurios, que los grandes dinosaurios cornudos podían galopar a velocidades similares a las de los rinocerontes. «Armados con largos cuernos sobre una cabeza de gran maniobrabilidad, fuertes picos y la capacidad de galopar a velocidades de hasta 48 km/h, estos grandes ceratópsidos debieron ser los herbívoros terrestres más peligrosos que jamás hayan existido^[15]». A diferencia de los tranquilos rinocerontes, los ceratópsidos tenían motivos para ser peligrosos ya que compartían su mundo con un terrible enemigo que los igualaba en fuerza.

Aquí encontramos un ejemplo grave de la endiablada hipocresía de la paleontología desde la época victoriana. Leidy y Cope no tuvieron dudas en dejar que sus dinosaurios «canguro» saltaran, y la idea de que los dinosaurios eran activos y que en ocasiones se movían con rapidez, fue arraigando de forma que, desde entonces, siempre se ha aludido a la misma. En realidad, el primer esqueleto genuino de un fósil de dinosaurio montado en los Estados Unidos fue un hadrosaurio en pleno vuelo. El problema siempre había sido lograr posturas que fueran reales. «En la mayoría de reconstrucciones —dijo Charles Beecher de la Universidad de Yale en 1902, quizá refiriéndose a los hadrosaurios de Hawkins—, generalmente se observa que el resultado concreto difiere en muchos aspectos del ideal». Las restauraciones de Hawkins se habían convertido en curiosidades históricas, así que Beecher comenzó de nuevo la rehabilitación de los dinosaurios en nuestro mundo. La dificultad era que, al no existir descendientes vivos, no se disponía de modelos para escoger la postura que debía darse al dinosaurio. Lo que se necesitaba, decía, era un esqueleto que hubiera permanecido intacto desde la muerte de la bestia, hallándose en una posición que pudiera haber adoptado en vida. Afortunadamente, los deseos de Beecher se hicieron realidad con la aparición de un magnífico espécimen del hadrosaurio *Claosaurus*, que había sido encontrado por los recolectores de Marsh en 1891. Sus miembros aún estaban articulados y en especial el fémur izquierdo había permanecido articulado a la pelvis. Así, el hecho de que la pierna estuviera dirigida hacia delante, como congelada a media zancada, planteó la pregunta sobre qué postura se le debía dar al animal. Beecher modeló el hadrosaurio como si estuviese corriendo, basándose en las posturas de los animales existentes en movimiento, y prestando especial atención a las fotografías del lagarto vivo *Chlamydosaurus* que, ocasionalmente, en trayectos cortos, corre sobre sus patas traseras.

Se ha intentado (dijo Beecher acerca de la restauración acabada del *Claosaurus* corriendo) llevar a cabo la idea del movimiento rápido y hacer que todas las partes del

esqueleto contribuyan a la perfección y realismo del efecto general. Para lograr este objetivo debe existir un adecuado equilibrio y un balanceo verdadero del animal vivo.

Por lo tanto, se pretende que este enorme espécimen, tal como está montado ahora, transmita al observador la impresión de precipitación de una bestia mesozoica. La cabeza está levantada y girada hacia fuera. Los maxilares están ligeramente separados. Los antebrazos están balanceando los vaivenes de los hombros. La extremidad posterior izquierda se halla en un extremo de la zancada y lleva todo el peso del animal. El pie derecho ha completado el paso y ha dejado el suelo preparándose para el balanceo hacia delante. La pesada y poderosa cola está levantada en el aire y doblemente curvada para equilibrar el peso y compensar el vaivén del cuerpo y de las piernas. El aspecto global es de acción y el espectador fácilmente podrá imaginarse a esta criatura con muchos de sus atributos en vida^[16].

De forma similar, Barnum Brown, dos décadas más tarde, restauró el *Gorgosaurus* en el Museo Americano de Historia Natural como si estuviese corriendo. Esta elección del modo de andar no es sorprendente ya que, incluso echando una ojeada rápida a los miembros y articulaciones de los dinosaurios, se puede observar que muchos dinosaurios estaban contruidos de forma similar a los mamíferos ungulados modernos. Las articulaciones de los miembros de los ceratópsidos, por ejemplo, eran parecidas a las de los rinocerontes, al igual que lo era el grado de balanceo del antebrazo, lo cual inevitablemente llevaba a la conclusión de que los dos hubiesen podido llevar el mismo paso.

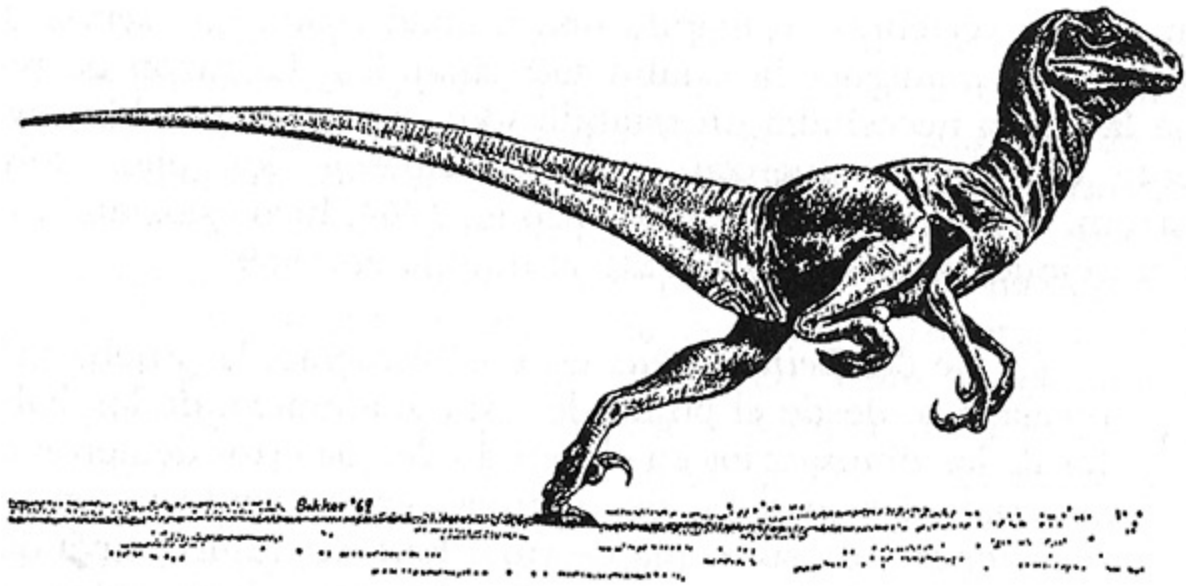
Los dinosaurios bípedos frecuentemente eran restaurados con las piernas en plena zancada. Una vez reconocido el hecho de que estos dinosaurios «erguidos» podían moverse con bastante rapidez, los paleontólogos comenzaron a estudiar la mecánica de los miembros y las posturas más eficaces para poder correr. Actualmente, tal como hemos visto, es corriente reconstruir estos bípedos con la cola extendida y rígida como un tendón que actúa como contrapeso y con la columna vertebral horizontal, enfundada en tendones en muchos dinosaurios para evitar que ésta se hunda. Estos revestimientos eran de máxima importancia para contrarrestar los efectos de la gravedad. En el *Deinonychus*, un carnívoro de poco más de 2,4 metros de largo que vivía en Montana a principios del cretáceo —y sin duda el dinosaurio más extraordinario hallado en los últimos años—, estos revestimientos habían llevado a extremos sin precedentes. Las facetas de articulación de las vértebras de la cola habían crecido formando varillas, que alcanzaban los 45 centímetros de longitud y que encajaban en las vértebras formando una unidad rígida que servía de ayuda para mantener la estabilidad dinámica. La razón de por qué la bestia necesitaba un estabilizador tan inusual se hizo evidente cuando se analizaron funcionalmente los pies. John Ostrom, que descubrió el dinosaurio en 1964, hizo estas audaces afirmaciones cuando lo presentó al mundo en 1969:

El pie del *Deinonychus* es, posiblemente, la prueba más reveladora, desde el punto de vista anatómico, de los hábitos de los dinosaurios en el sentido de que éstos debieron de ser cualquier cosa menos «reptiles» en su conducta, en sus reacciones y en su forma de

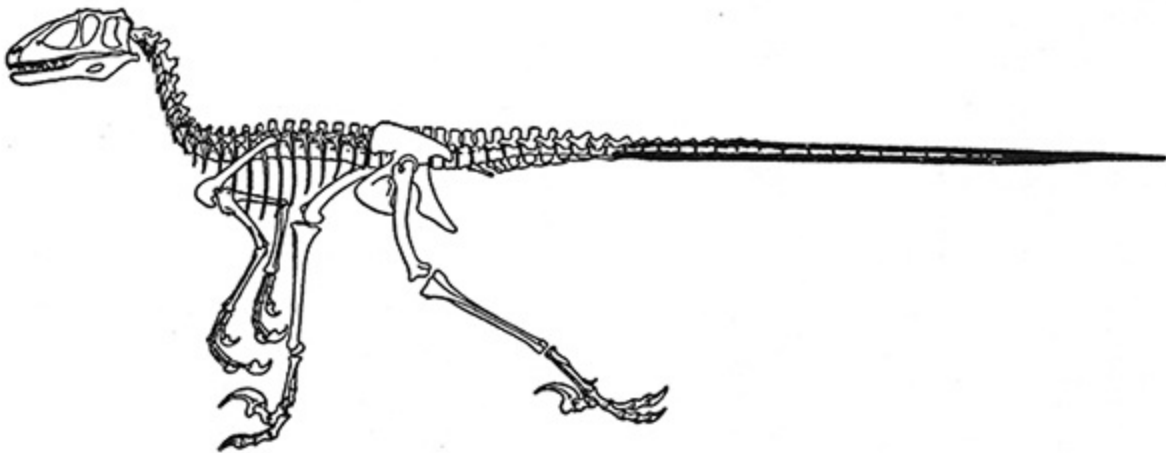
vida. Este dinosaurio tuvo que ser un animal de carrera rápida, altamente depredador, extremadamente ágil y muy activo, sensible a muchos estímulos y rápido en sus reacciones de respuesta. Esto, a su vez, indica un nivel de actividad poco corriente para un reptil y sugiere la existencia de un índice metabólico alto. Las pruebas en favor de esa teoría radican principalmente, aunque no de modo exclusivo, en el pie^[17]».

¿Qué es lo que asombraba tanto en los pies? El *Deinonychus* era forzosamente un bípedo ya que la estructura de sus brazos y manos mostraban claramente que el animal no podía, en ningún caso, andar sobre cuatro patas. El pie del animal se distinguía por presentar únicamente dos dedos en contacto con el suelo. Existía un tercer dedo más corto que, sin embargo, había sufrido algunas modificaciones, convirtiéndose en una estructura ofensiva que contenía una garra letal de 12 centímetros de largo en forma de hoz curvada. Este dedo se había especializado, *exclusivamente*, como arma extraordinaria cuya función inequívocamente era la de cortar y desgarrar.

Sin embargo, para poder matar y desgarrar a sus presas con esta garra, debía de tener un sentido del equilibrio sin par, *debido a que el animal debía mantenerse de pie sobre una pata durante el proceso* al mismo tiempo que luchaba con la presa. El hecho de mantener precariamente el equilibrio sobre un pie probablemente sólo se podía conseguir si la bestia disponía de una cola rígida, que actuara como una vara de balanceo incorporada, similar a la de los funámbulos. La presa debía ser mantenida alejada del cuerpo a fin de poder ser matada a golpes propinados por las patas traseras. Por esta razón, los brazos eran largos y desgarbados y las manos estaban mejor adaptadas que en ningún otro dinosaurio para agarrar y sujetar objetos. Esto le permitía al *Deinonychus* agarrar a la desgraciada víctima y mantenerla a distancia mientras las garras de sus pies la descuartizaban. Debido a que las cicatrices en las vértebras de este feroz asesino eran exactamente iguales a las de las grandes aves no voladoras como el emú y el avestruz, Ostrom concluyó que la columna vertebral del *Deinonychus* debía de haberse mantenido en una posición rígidamente horizontal mediante ligamentos. Las largas piernas revelaban al *Deinonychus* como veloz depredador, que fácilmente era capaz de dar alcance a sus víctimas. Esta espectacular y pequeña criatura, que se diferenciaba bastante de todas las encontradas hasta el momento (de hecho es tan diferente que Osborn no está seguro acerca de cuáles son las afinidades), apareció en un momento oportuno. En una década anterior probablemente hubiese sido visto de forma bastante distinta, y se hubiese omitido totalmente la importancia funcional de sus características más notables. Coincidiendo su aparición con la «revolución» en nuestro pensamiento, el *Deinonychus* encarna todo aquello que claramente no asociamos con los reptiles en los dinosaurios. Nos proporciona, declaró Ostrom al presentar a la bestia, una visión completamente nueva de las sorprendentemente sofisticadas capacidades de algunos de los dinosaurios carnívoros depredadores.

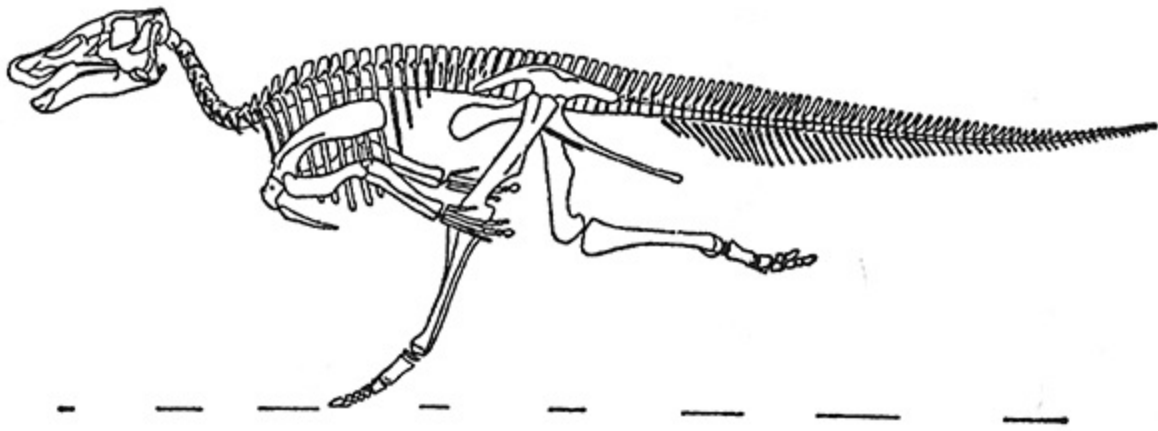


d. El *Deinonychus*, quizás el dinosaurio más extraordinario descubierto en los últimos años. Al igual que otros dromeosáuridos era sorprendentemente sofisticado. Reconstrucción realizada por Robert T. Bakker.



e. *Deinonychus*. Obsérvense las peculiares varas óseas a lo largo de toda la cola que hacían que ésta fuera rígida.

En 1970, Galton atacó de forma similar las reconstrucciones antiguas de los herbívoros bípedos, en las cuales la criatura corría con el cuerpo inclinado en un ángulo de 45 grados, con una cola flácida arrastrando por el suelo (lo cual no solamente habría retardado considerablemente a la bestia sino que también habría causado lesiones innecesarias en la cola). En lugar de ello, también reconstruyó a estos bípedos inclinados hacia delante; esta nueva reconstrucción del hadrosaurio *Anatosaurus*, de cabeza plana «que corre de prisa», guarda poca relación con los intentos anteriores pero, desde luego, transmite la impresión de velocidad que anteriormente siempre faltaba^[18].



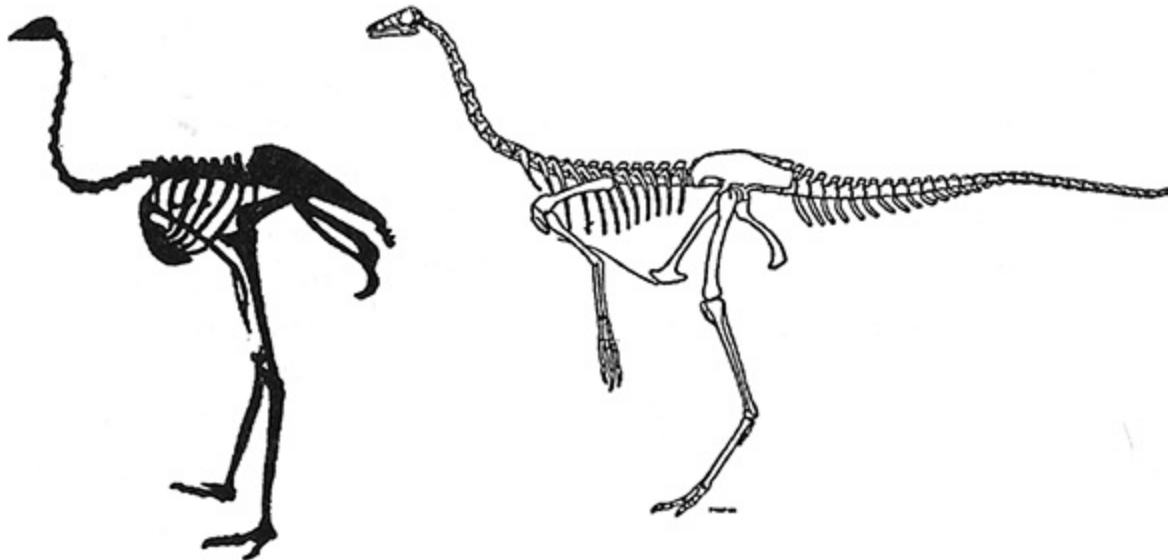
f. El *Anatosaurus* de pico de pato de Peter Galton «corriendo».

Sin embargo, hasta finales de la década de 1960, estas criaturas fueron consideradas básicamente como reptiles. Por muy ágil que fuera su aspecto, en vida estaban seriamente limitadas por una falta de un suministro adecuado de energía. Las apariencias naturalmente decepcionaron a muchos paleontólogos que se vieron obligados a atribuir una función a aquellas piernas largas y colocarlas de forma natural para poder escapar rápidamente cuando acechara algún peligro. Incluso a temperaturas óptimas (el momento de mayor producción de energía), los reptiles sólo pueden reunir una décima o vigésima parte de la energía de la que disponen los mamíferos de peso similar. Por lo tanto, un reptil que pese 900 gramos puede *alcanzar* una velocidad de 1609 km/hora con la energía disponible para ello mientras que un mamífero puede alcanzar los 16,09 km/hora o más. El *Tyrannosaurus* gigante quizá podía alcanzar los 4,8 o 6,4 km/hora si era ectotérmico y el *Anatosaurus*, incluso corriendo, no alcanzaría una velocidad mucho mayor^[19].

Las criaturas más grandes y de complexión más fuerte, no muestran tan claramente lo absurdo de esta situación como lo hacen los imitadores de las aves no voladoras, con miembros largos y cuellos alargados, entre los dinosaurios, los celurosaurios. Era un hecho universalmente aceptado que los celurosaurios realmente eran criaturas muy ágiles. Colbert escribió sobre el *Ornithomimus*, en 1962, que «los miembros traseros son largos y están óptimamente adaptados para correr a gran velocidad^[20]». El *Ornithomimus*, el «imitador de las aves», poseía muchas de las características que actualmente asociamos con las grandes aves no voladoras. Presentaba unos huesos finos y huecos, un cuello largo y un cráneo pequeño con un pico revestido por una vaina córnea en vida y piernas muy largas. En el imitador de los avestruces, el *Struthiomimus*, se habían perdido todos los dientes, lo cual aún aumentaba más su parecido con el avestruz. Al igual que los avestruces, el *Struthiomimus* tenía la espalda acortada, debido al acortamiento de la distancia entre la espalda y el cinturón pélvico, y los metatarsianos de los pies se habían alargado para proporcionarle un segmento funcional adicional a la pierna, permitiéndole correr sobre tres dedos (muchas criaturas veloces han sufrido estas modificaciones para incrementar la zancada). Únicamente la larga cola, los largos brazos y las manos con tres dedos hacían que este parecido superficial entre el *Struthiomimus* y el avestruz fuera incompleto.

El *Struthiomimus* medía 3,6 metros de largo desde el pico hasta la punta de la cola y 2,1

metros de altura, siendo un poco más grande que el avestruz. Debido a que tenía un pico córneo sin dientes, tenemos motivos para pensar que, aunque técnicamente perteneciera al grupo de los terópodos carnívoros, la bestia se había pasado a una dieta herbívora. Los largos y delicados dedos probablemente servían para coger frutos de los árboles o para doblar las ramas hacia su pico córneo^[21]. Cuando los estruthiomímidos fueron identificados por primera vez por Osborn en 1916, William K. Gregory, del Museo Americano, sugirió que las fuertes garras de los dedos, parecidas a las de los osos, posiblemente habían servido para descascarar los frutos o para coger los frutos de las palmeras, cicádidas e higueras^[22]. De esta forma, los débiles maxilares desdentados podrían hacer frente a la blanda fruta carnosa. Gerhard Heilmann estaba considerablemente impresionado por las ideas de Gregory e hizo una notable reconstrucción de un grupo de estruthiomímidos, con un aspecto bastante parecido al de los avestruces (para muchas personas el parecido era incluso excesivo^[23]), alimentándose de estos frutos descascarados^[24]. El *Struthiomimus* no necesariamente debió de ser un vegetariano estricto. El avestruz es omnívoro en estado salvaje y los estruthiomímidos posiblemente también ingerían pequeños lagartos o mamíferos, que cazaban con sus manos aferradoras (ventaja que se ha perdido en el avestruz).



g. Una reconstrucción moderna del esqueleto del dinosaurio-avestruz *Struthiomimus* (derecha). Obsérvese el asombroso parecido con el avestruz (izquierda).

Las poderosas garras han sido consideradas por algunos como armas defensivas, pero es más probable que este dinosaurio con aspecto de avestruz huyera al primer indicio de peligro. Gregory no dudaba de que el *Struthiomimus* fuera un corredor veloz cuando estaba amenazado de peligro. Incluso lo invistió con un colgajo de piel que unía los brazos al cuerpo y que podía actuar como un plano aerodinámico para contrarrestar el peso del tronco, inclinado hacia delante cuando corría.



h. Restauración de Gerhard Heilmann del dinosaurio-avestruz.

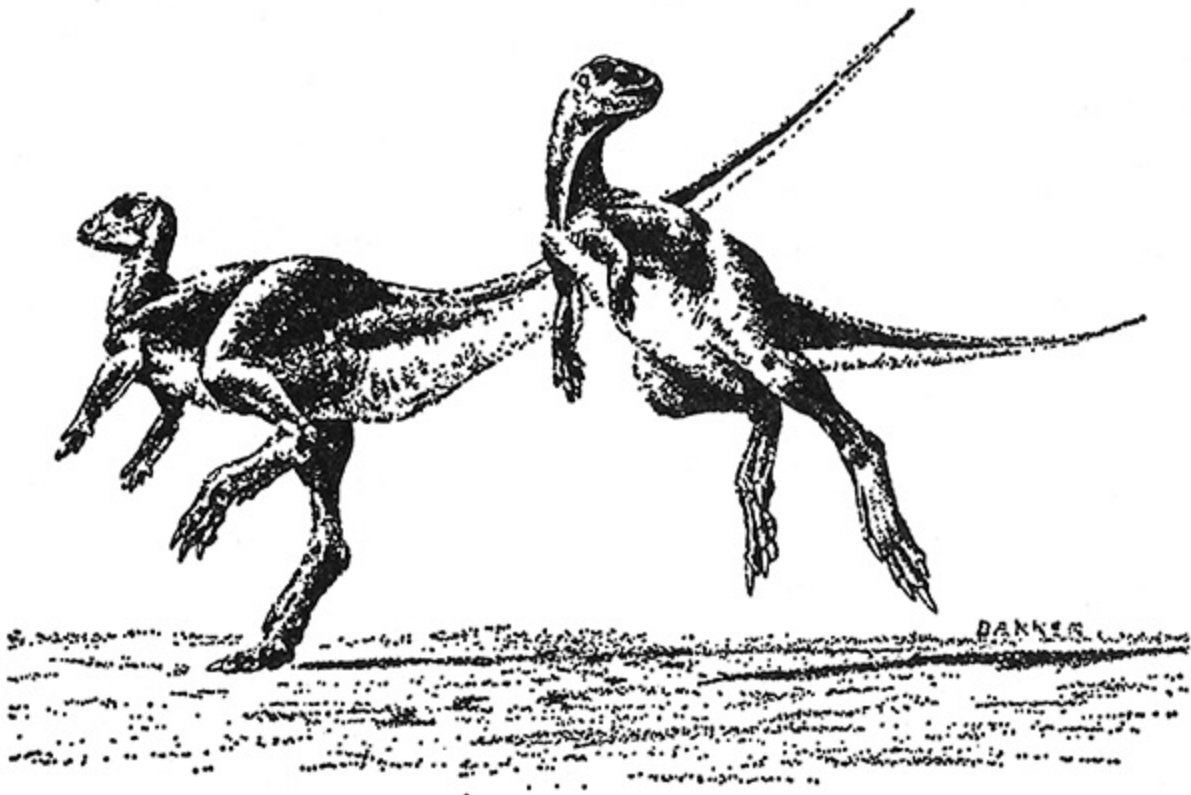
El *Struthiomimus*, en realidad, no necesitaba esta ayuda aerodinámica. La cola medía 90 centímetros más que el tronco y era rígida (como en otros dinosaurios) en su mitad posterior para compensar el peso del tronco. La maravillosa similitud estructural entre el avestruz y el dinosaurio-avestruz proporciona una valiosa información al anatomista funcional acerca de los hábitos de este último. La convergencia de aspecto entre los animales siempre va unida a una estrecha similitud de las funciones. Las criaturas que tienen un aspecto parecido presentan hábitos similares; sólo hay que pensar en los *Thylacosmilus* marsupiales con dientes de sable y el «tigre». *Smilodon* con dientes de sable, ictiosaurios y delfines, etc. Estas criaturas, frecuentemente emparentadas, que en ocasiones han tenido orígenes completamente diferentes, finalmente han adquirido un aspecto similar debido a que han adoptado una *forma de vida* parecida. Por lo tanto, si el avestruz posee los huesos de las piernas largos para incrementar la zancada, y consiguientemente la velocidad, es razonable pensar que lo mismo es válido para el *Struthiomimus*, que también alargó su zancada para poder incrementar la velocidad. Debido a que los avestruces pueden alcanzar velocidades de hasta 80 km/hora, los dinosaurios-avestruces también podían alcanzar esta velocidad: al menos poseían la mecánica necesaria para alcanzarla. ¡Pero si sólo disponían del metabolismo de los reptiles, con la fisiología y producción de energía característica de los lagartos, los estruthiomímidos sólo podrían haber alcanzado la vertiginosa velocidad de 3 km/hora^[25]! Esta situación paradójica, en la cual un dinosaurio tan manifiestamente construido para la velocidad estaba limitado al paso de un caracol, es equivalente

a la construcción del «Concorde», equipándolo posteriormente con una maquinaria renovada de la firma «Sopwith Camel».

Gregory era un experto en locomoción animal. La velocidad, tal como demostró, está relacionada con la longitud de la zancada y la rapidez del paso. Para incrementar la longitud de la zancada, la mayoría de los mamíferos rápidos han incrementado la longitud de los huesos en la parte distal de la pata (región de la espinilla y del pie), y la comparación de las relaciones entre las longitudes de los huesos proximales y distales de la pata es un buen indicador de la velocidad que puede alcanzar un animal. El fémur de un elefante (muslo) es mucho más largo que su tibia (espinilla); el elefante es un mamífero lento y su relación T/F es de sólo 0,60. En los caballos de carreras, las tibias se han alargado considerablemente y la relación se ha incrementado a 0,92. En los velocistas realmente rápidos como las gacelas, la tibia es incluso más larga que el fémur y la zancada se acerca a su límite máximo: aquí la relación es de 1,25^[26]. Los colosales brontosaurios tenían una relación T/F casi idéntica a la de los elefantes modernos; los macizos miembros y la estructura de las articulaciones de los miembros en los dos tipos de criaturas, muy separadas en el tiempo, eran asombrosamente similares y estaban diseñadas para soportar un peso aplastante. Los enormes dinosaurios también poseían unos miembros mucho más rectos que los de sus contemporáneos más ágiles y la capacidad de flexión de las rodillas y de los codos era menor, lo cual también sucede en los miembros semejantes a columnas de los elefantes. Esto hacía que los dinosaurios saurópodos caminaran muy despacio. Por el contrario, la mayoría de los hadrosaurios presentaban una relación superior a 0,80, y algunos de estos bípedos tenían las mismas proporciones que los caballos de carreras y, por lo tanto, está justificado concluir que se trataba de corredores veloces. Los dinosaurios-avestruz, tal como era de esperar, tenían una tibia que superaba en longitud al fémur, con una relación de 1,12 y, por consiguiente, la criatura probablemente podría haber competido con los mamíferos más rápidos. El singular *Ornithomimus*, con una relación espinilla-muslo de 1,24, era una verdadera gacela en el mundo de los dinosaurios^[27].

El estudio de Dale Russell del esqueleto y de los músculos de las patas de los dinosaurios-avestruces canadienses del cretáceo tardío, y su comparación funcional con los estrutiomímidos y avestruces, han proporcionado recientemente una prueba crucial que apoya la teoría de que los dinosaurios-avestruces eran corredores veloces. Russell concluyó que, en lo concerniente a la velocidad, estos dinosaurios rara vez habían sido igualados en la historia de la vida. Al menos un miembro del grupo, el *Dromiceiomimus*, probablemente había sido *más rápido* que el avestruz^[28]. Otros dinosaurios bípedos sin duda eran muy rápidos. El factor crítico que provocó que Galton sacara de una vez por todas al *Hypsilophodon* de los árboles fue la larga región de la espinilla. Incluso para los dinosaurios, este factor ya se había convertido en una característica indicadora de los animales corredores. El *Hypsilophodon*, con una relación espinilla-muslo de 1,18, debía ser capaz de alcanzar velocidades muy elevadas. Posiblemente era uno de los pocos herbívoros capaces de dejar atrás a los celorosaurios más pequeños de patas largas. El *Hypsilophodon*, al igual que otros dinosaurios, mantenía el cuerpo horizontal mientras corría, con la cola reforzada con tendones y alzada al aire. Al igual que otros muchos corredores, corría sobre los dedos en lugar de apoyar las plantas de los pies^[29].

Estas cifras no son criterios absolutos para evaluar la velocidad. El hecho de tener unas relaciones idénticas no necesariamente implicaba que sus propietarios pudieran alcanzar velocidades idénticas en vida, ya que hay que tener en cuenta otros muchos factores (siendo uno de éstos los ajustes que deben hacerse al comparar los corredores bípedos y cuadrúpedos). No obstante, estos índices nos proporcionan una directriz. Y lo que es aún más importante, el uso de estas cifras, obtenidas a partir del estudio de mamíferos vivos y fósiles, ilustra la forma cómo los paleontólogos están empezando a estudiar a los mamíferos y aves, analizando las adaptaciones sufridas por estos *animales* para poder correr, a fin de comprender mejor, las criaturas que deambularon por el planeta durante la «Era de los Reptiles».



i. El *Hypsilophodon*, un dinosaurio pequeño y ágil, era una verdadera gacela en el mundo de los dinosaurios.

IV. LA ERA DE LA OSCURIDAD

Debido a que somos mamíferos resulta difícil no adoptar una actitud chauvinista respecto a la Historia geológica, y considerar el origen y subsiguiente evolución de nuestros ancestros como un suceso de primordial importancia. La actual posición dominante del hombre provoca que no conciba la posibilidad de que sus predecesores fueran eclipsados por sus primos reptiles y dinosaurios. Los mamíferos finalmente triunfaron sobre los reptiles y estamos dispuestos a admitir que hubo un tiempo en el que los mamíferos fueron dominados completamente, y no por criaturas inferiores sino por criaturas fisiológicamente superiores. Sería un error pensar que los dinosaurios tuvieron poco que ver en la evolución de los mamíferos. Éstos fueron de máxima importancia en nuestra historia.

Los mamíferos existen desde el triásico tardío, hace 190 millones de años. Sin embargo, durante los primeros *ciento veinte millones de años* de su Historia, desde el final del triásico hasta el cretáceo tardío, fueron una raza suprimida, incapaz durante este período de tiempo de producir algún carnívoro que fuera más grande que un gato o un herbívoro de tamaño superior al de una rata. ¿Por qué los mamíferos fueron *mantenidos* persistentemente diminutos, la mayoría de ellos pequeños insectívoros parecidos a las musarañas que estaban obligados a salir de sus escondites bajo la protección de la oscuridad y pasar las horas del día en la seguridad de sus madrigueras? ¿Por qué no hubo una radiación hacia la serie de formas que encontramos hoy en día? ¿Por qué no vivían «elefantes» en el jurásico, «ballenas» en el wealdeniense y «gatos con dientes de sable» en el cretáceo tardío? ¿Por qué el hombre no aterrizó sobre la luna en el cretáceo? (Estas bestias, naturalmente, no habrían sido réplicas de las versiones actuales, pero sí criaturas que cumplirían el mismo papel ecológico. Quizá sería más apropiado denominar a estos mamíferos arcaicos «elefantoides», «humanoides», etc). Si nos observamos a nosotros mismos nos damos cuenta del potencial de los mamíferos para triunfar. Éstos poseen todos los ingredientes: un magnífico mecanismo de locomoción, una eficaz fisiología y una inteligencia que supera con mucho la de cualquier reptil. A pesar de ello, durante los primeros dos tercios de la historia del grupo, prácticamente no sucedió nada, y fue a partir del ocaso de los dinosaurios, a finales del cretáceo, cuando finalmente los mamíferos empezaron a tener éxito. Los mamíferos no desempeñaron papel alguno en la extinción de los dinosaurios. Éstos tuvieron que esperar pasivamente entre bastidores hasta que los dinosaurios desaparecieron para ocupar el mismo nicho ecológico. Fue como si de repente se quitaran los frenos, liberando a los mamíferos de su posición subordinada.

Nuestros ancestros estuvieron relegados a un papel insignificante durante el mesozoico. Los dinosaurios eran los amos de ese mundo, criaturas con una fisiología y locomoción tan eficientes que arrebataron a los «mamíferos» el control del mundo, monopolizándolo durante 120 millones de años. Es ahora, al comenzar a sondear el origen de los dinosaurios, cuando nos damos cuenta de cómo fueron capaces de lograrlo, retrasando así durante tanto tiempo nuestro propio desarrollo.

La piedra arenisca de Elgin, en Escocia, es una localidad clásica de recolección de fósiles, en la cual en el último siglo se han descubierto numerosos reptiles del triásico superior. Muchos de éstos eran etosaurios como el *Aetosaurus* y *Stagonolepis*, «cerdos» reptiles recubiertos de una armadura ósea inexpugnable, adornada con púas aserradas protuberantes, con hocicos similares a

los de los cerdos para hozar el suelo. Aunque, sin ninguna duda, se trataba de animales terrestres que removían la tierra en busca de alimentos caminando a cuatro patas, las patas traseras eran sensiblemente más largas que las delanteras, un posible indicio de que sus ancestros habían sido habitantes de los pantanos, que necesitaban tener fuertes patas traseras para dar coques y abrirse paso por el lodo. De hecho, en los pantanos del triásico tardío aún vivían parientes de los etosaurios, bestias con aspecto de cocodrilos de hocico largo conocidos como fitosaurios. Estas formas constituyen un importante grupo del triásico que se caracteriza por presentar dientes con alvéolos, por lo cual Owen les dio el nombre de tecodontes para diferenciarlos de los lagartos, en los cuales los dientes están fundidos con los maxilares. En la piedra arenisca «reptilífera», como la llamó expresivamente E. T. Newton del Geological Survey, se encontró otro de estos tecodontes en la década de 1890, aunque éste era diferente en varios aspectos cruciales. Newton descubrió a este nuevo reptil triásico en 1894 llamándolo *Ornithosuchus*^[1]. A pesar de la naturaleza friable de los huesos fósiles, Newton pronto se dio cuenta de los rasgos distintos de este tecodonte. El *Ornithosuchus*, o «cocodrilo ave», nombre que revela su carácter intermedio, había conservado algunas de las características primitivas de los etosaurios, pero Newton observó muchas similitudes con los dinosaurios carnívoros, particularmente los dientes aserrados (el *Ornithosuchus* era evidentemente un reptil muy depredador) y el cráneo que se asemejaba mucho al de un megalosaurio en miniatura. Determinadas características recordaban a las aves y a los cocodrilos, aunque el esqueleto tenía un notable parecido con el pequeño dinosaurio *Compsognathus* de Huxley.

Las similitudes entre los tecodontes y los dinosaurios que aparecieron posteriormente, siempre habían sido advertidas, y el nuevo fósil llenaba el hueco admirablemente. La «dificultad de separar estos dos grupos —observó Newton—, se ve incrementada por un estudio de este nuevo reptil de Elgin que ocupa... una posición más intermedia entre las dos series». Aunque el cráneo y los dientes eran los de un dinosaurio, el cinturón pélvico y los miembros del *Ornithosuchus* eran, por su aspecto, definitivamente los de un tecodonte. Se trataba pues de una de las primeras pistas para descubrir la ascendencia de los dinosaurios. Newton se inclinaba a considerar al *Ornithosuchus* como el dinosaurio más primitivo, más que como el tecodonte más avanzado, aunque admitía que tenía poco en común con éste. El *Ornithosuchus* de Newton era muy pequeño, ya que medía menos de 90 centímetros de longitud, pero en otra cantera de Elgin se encontró un ejemplar de 1,82 metros de longitud en 1901^[2]. El director del departamento de reptiles en el zoológico de Londres hizo una nueva evaluación de sus características primitivas, y lo devolvió a los tecodontes donde se expuso junto a los etosaurios y fitosaurios. El debate, en realidad, sólo se debía a las preferencias personales, tal como lo veía Robert Broom en 1913:

Aunque a primera vista parece ser que estas dos opiniones están reñidas, en realidad son bastante similares. Prácticamente se trata de que los seudosuquianos (el grupo al cual pertenece el *Ornithosuchus*), constituyen un grupo de reptiles primitivos que, aunque no se ajustan a ninguno de los órdenes especializados ulteriores, presentan afinidades con una serie de otros grupos. Pienso que no puede haber la más mínima duda de que los seudosuquianos tenían grandes afinidades con los dinosaurios o, al menos, con los

terópodos (carnívoros)... De hecho, pienso que existen pocas dudas de que el dinosaurio ancestral era un seudosuquiano^[3].

Broom, el paleontólogo sudafricano más destacado, que estaba especializado en reptiles triásicos y antepasados de los mamíferos, se decantaba a favor de la teoría de que el *Ornithosuchus* no había pertenecido al grupo de los dinosaurios. En aquella época, Broom estaba describiendo un seudosuquiano aún más antiguo al que llamó *Euparkeria*, que había vivido en el triásico inferior en África del Sur. El *Ornithosuchus* y el *Euparkeria*, obviamente, estaban estrechamente emparentados y, debido a que Broom poseía gran parte del esqueleto de esta especie sudafricana, pudo hacerse una idea del antepasado de los dinosaurios. Un hecho de máximas consecuencias era que las patas delanteras del *Euparkeria* eran mucho más cortas que las traseras. Broom observó que, mientras los húmeros y radios medían un total de 68 mm, el fémur medía 58 mm y la tibia «aparentemente era un poco más corta que el fémur y considerablemente más delgada», es decir, que, en conjunto, el miembro trasero medía poco más de 100 mm. Broom estaba preparando el terreno al concepto de que los antepasados de los dinosaurios entre los seudosuquianos, *habían comenzado a andar erguidos a principios de la época triásica*, hace 210 millones de años.

No hubo discusiones acerca de la posición del *Euparkeria*; definitivamente se trataba de un tecodonto. No obstante, dijo Broom, «en el esqueleto poscraneal no existe nada que no sea justo aquello que esperaríamos encontrar en el antepasado del dinosaurio». Broom evaluó los hábitos de la bestia: «En mi opinión, el *Euparkeria* es potencialmente bípedo, y probablemente era parcialmente bípedo en sus hábitos... el animal posiblemente corría sobre sus patas traseras^[4]». Broom se imaginaba a este pequeño tecodonto cazando grandes insectos tales como las langostas que atrapaba en el aire. «El *Ornithosuchus* —concluyó—, probablemente tenía hábitos muy similares a los del *Euparkeria* y estaba incluso un poco mejor adaptado para correr velozmente sobre sus patas traseras». De esta forma sentó el precedente para la teoría de que estos ágiles bípedos habían sido los antepasados de los dinosaurios, y concomitantemente, que la postura erguida fue adquirida antes de alcanzar el verdadero estado de dinosaurio. Broom creía que los tecodontes parecidos al *Euparkeria* constituían un estado intermedio entre los dinosaurios verdaderos y los etosaurios acorazados, que conservaban una armadura muy pequeña en el dorso pero que habían perdido la mayoría de las características arcaicas de los tecodontes.

Los tecodontes seudosuquianos no especializados dieron lugar a otros grupos en el imaginario árbol genealógico de Broom. Broom creía que el pterodáctilo se originó a partir de estos ágiles tecodontes por medio de una fase intermedia de transición. Incluso sugirió que este versátil grupo de tecodontes habían dado lugar a las aves, que conservaban el modo de andar a saltos de los antepasados de los dinosaurios. También se sospechaba que los versátiles seudosuquianos (literalmente «falsos cocodrilos») eran los antepasados de los cocodrilos. Aunque algunas de las teorías de Broom siguen siendo controvertidas hoy en día (por ejemplo, que las aves se hubieran desarrollado hace ya tanto tiempo), sus puntos de vista tuvieron una influencia duradera durante el siguiente medio siglo. Su teoría de que el *Euparkeria* y el *Ornithosuchus* eran los antepasados de los dinosaurios fue aceptada pronto, junto con su convicción de que los ancestros de los

dinosaurios ya habían tenido una postura erguida. Colbert ha resumido la opinión actual:

En estos tecodontes, los miembros traseros están alargados y los miembros delanteros son relativamente pequeños. El cuerpo gira sobre la articulación de la cadera, y el peso del cuerpo delante de esta articulación era contrapesado eficazmente en el animal vivo mediante una larga cola.

Compare mentalmente el modo de andar de este tecodonte primitivo con el paso veloz de un ave terrestre corredora, como el correcaminos de los estados del Sudoeste, y podrá hacerse una idea de la locomoción primitiva de los arcosaurios^[5].

Existen pocas dudas de que el *Ornithosuchus* del triásico tardío era un animal bípedo. La construcción del cinturón pélvico y de la cabeza lateral del fémur testifican que los miembros se movían hacia delante y atrás, en lugar de proyectarse horizontalmente a ambos lados del cuerpo. Debido a que los miembros delanteros eran más cortos, si el animal hubiese intentado caminar a cuatro patas, las patas traseras habrían dejado atrás a las delanteras, y la columna vertebral habría estado incómodamente arqueada por encima de la pelvis. En la última década, el *Ornithosuchus* ha sido clasificado unas veces como dinosaurio y otras como tecodonte, pero ello sólo destaca la similitud entre los tecodontes avanzados y los dinosaurios primitivos. Algunos paleontólogos quisieran verlo como el antepasado directo del *Tyrannosaurus* y *Gorgosaurus*^[6], mientras que otros piensan que estaba demasiado especializado como para ser un antepasado directo de los dinosaurios.

El *Euparkeria* del triásico inferior era una bestia mucho más generalizada y se ha sugerido que dio lugar, no sólo a los carnívoros gigantes a través del *Ornithosuchus*, sino también a los enormes herbívoros del jurásico como el *Brontosaurus*^[7]. Debido a que los miembros del *Euparkeria* tenían unas proporciones muy similares a las del *Ornithosuchus* (el húmero constituía el 66% de la longitud del fémur en el *Ornithosuchus* y poco más del 65% en el *Euparkeria*), existen fundadas razones para pensar que éste también habría tenido dificultades para caminar a cuatro patas. En el caso de que hubiese caminado como un bípedo, debía de haber tenido que colocar las piernas debajo del cuerpo. (Estas dos características están interrelacionadas tal como ya observó claramente Alfred Sherwood Romer: «El cuerpo no podía, naturalmente, ser sostenido en un bípedo si las piernas estaban separadas a ambos flancos del cuerpo^[8]»). Se ha sugerido que cuando corría, doblaba las piernas hacia el flanco del cuerpo pero, cuando andaba despacio, volvía a colocar las piernas en una posición extendida^[9]. Ciertamente sería lógico pensar que hubo una fase de transición en el origen de los bípedos erguidos, pero sigue siendo discutible si ya la hemos encontrado en el *Euparkeria*.

Incluso admitiendo que este pequeño tecodonte del triásico inferior no era permanentemente bípedo, sino que adoptaba el ancestral modo de andar desgarbado cuando no corría, aún parece que se trate de una bestia en proceso de volverse erguida. El desplazamiento del fémur hacia un plano vertical para incrementar la zancada era el primer paso hacia una postura erguida. Obviamente, estamos presenciando una transición en el método de locomoción y posiblemente en la fisiología

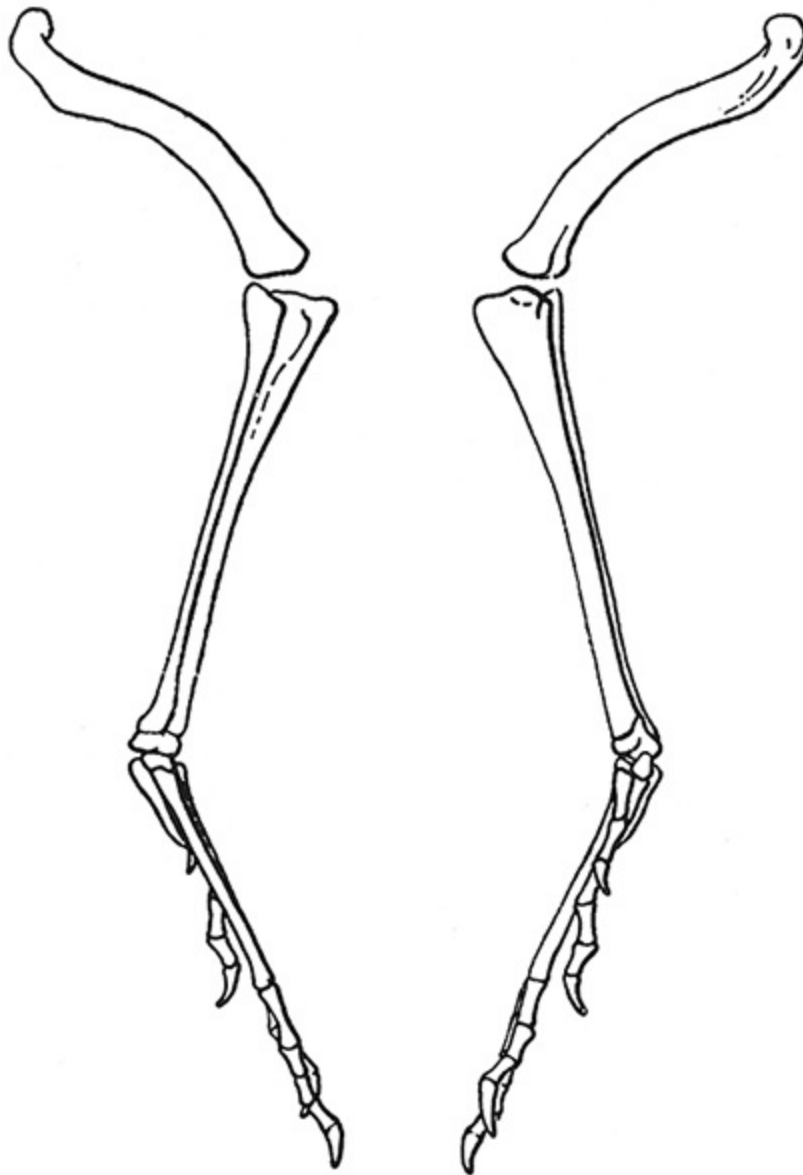
del tecodonto. Debido a que una postura erguida probablemente esté correlacionada con un mayor gasto energético, tal como destacó Ostrom, parece probable que también se produjo una transformación fisiológica a principios del triásico. Las piernas se desplazaron debajo del cuerpo para incrementar la zancada, mientras que el metabolismo se desvió hacia una producción de energía elevada y sostenida. *Esta transformación suministraría la energía absolutamente necesaria para que la zancada pudiera ser utilizada en la fase de máximo rendimiento, es decir, para la carrera veloz y sostenida.*

En el triásico medio, hace 200 millones de años, los tecodontes habían completado el proceso, probablemente eran bestias de sangre caliente con un alto nivel de metabolismo.

¿Por qué estos antepasados de los dinosaurios se volvieron bípedos hace 200 millones de años? Aparentemente habían adquirido sus patas traseras más largas para un fin bastante distinto. Los tecodontes muy primitivos eran habitantes de los pantanos^[10]. Al igual que los cocodrilos, habían desarrollado unos miembros traseros más fuertes para moverse y dar patadas en el agua y una fuerte cola muscular para su propulsión^[11]. Estos habitantes de los pantanos compartían su mundo con especies de animales que nos son completamente desconocidas hoy en día. En estos pantanos se escondían laberintodontes anfibios gigantes, criaturas que recordaban mucho a cocodrilos aplanados. Muchos eran tan planos que eran incapaces de bajar sus maxilares, éstos ya estaban apoyados en el suelo. ¡En lugar de ello, cuando el animal quería comer debía levantar el cráneo^[12]! En las aguas poco profundas de estos pantanos triásicos pastaban hipopótamos reptiles en miniatura, con colmillos similares a los de las morsas. Estos corpulentos herbívoros evidentemente eran buenos para comer ya que los tecodontes acuáticos primitivos fueron hallados generalmente junto a ellos en forma de fósiles. Sin embargo, cuando el clima del triásico se volvió más cálido, los pantanos se fueron secando lentamente; los anfibios ya eran escasos a mediados de este período y la comida habitual de los tecodontes carnívoros, los «hipopótamos», se fue extinguiendo. Eran necesarias medidas drásticas para que los tecodontes pudieran sobrevivir. Por lo tanto, éstos se aventuraron hacia tierra firme por primera vez en busca de nuevas presas donde encontraron comida en abundancia^[13]. En tierra, repentinamente se encontraron en posesión de una enorme ventaja heredada de sus días acuáticos, largas patas traseras y una fuerte cola. Los tecodontes se habían adaptado ya parcialmente para correr sobre sus patas traseras y esto es lo que hacían, inicialmente carreras cortas para cazar sus presas o cuando amenazaba algún peligro^[14]. El pequeño *Euparkeria*, como incipiente bípedo fue transformando su estilo de vida y, adentrándose en áreas secas altas, pudo hacer buen uso de sus veloces miembros sobre suelo más firme. Esto obviamente constituía un gran éxito. En el triásico medio ya vivían tecodontes «conejo» muy rápidos, en Argentina; se trataba de pequeños reptiles con patas traseras extremadamente largas, que tenían aún más aspecto de zancas que las de los dinosaurios-avestruz^[15]. Sin lugar a dudas, estos precursores de los dinosaurios ya habían adquirido un metabolismo que producía un alto nivel de energía tan esencial para las criaturas erguidas corredoras. Estos animales habían roto la barrera térmica. Los tecodontes podían dejar atrás a todos sus contemporáneos y alcanzar a cualquier presa de su elección. Con las patas situadas debajo del cuerpo en lugar de a los lados, estas bestias podían crecer hasta alcanzar proporciones gigantes. El haber alcanzado por primera vez una postura erguida constituía la clave para un

crecimiento sin precedentes. Este acto fue una de las innovaciones clave más decisivas en la Historia de los vertebrados, y las repercusiones serían inmensas. Permitted a los tecodontes y a sus antepasados conquistar un mundo.

En algún punto entre la salida de los primitivos tecodontes del agua y su evolución hacia veloces corredores, hicieron su aparición los dinosaurios, que surgieron en sucesivas oleadas de las filas de los tecodontes^[16]. Este área de estudio está cambiando continuamente en la actualidad. En muchos de los distintos tipos de dinosaurios se puede remontar su ascendencia, sin que se observen grandes cambios hasta el triásico medio. Esto le sugiere a algunos expertos que tuvieron antepasados tecodontes distintos. Sin embargo, si realmente hubo orígenes múltiples, los respectivos antepasados probablemente estarían estrechamente emparentados. Recientemente se ha sugerido, en base a las numerosas características —especialmente las relacionadas con la articulación del tobillo—, comunes a *todos* los dinosaurios, que el grupo tenía un antepasado único^[17].



j. La recientemente descubierta pata trasera del desconocido tecodonte «conejo». *Lagerpeton*. La cabeza femoral orientada hacia dentro y las largas tibias y pies son pruebas incontestables de que, a mediados del triásico, vivían en Argentina tecodontes completamente erguidos y veloces. Esto indica que ya se había superado la barrera térmica.

Harry Govier Seeley, profesor de Geografía Física en el Bedford College, Universidad de Londres, fue el primero en pensar en 1887 que los dinosaurios en realidad consistían en dos tipos distintos; los saurisquios (carnívoros y brontosaurios) y ornitisquios (iguanodontes y hadrosaurios, ceratópsidos, anquilosaurios y estegosaurios), diferenciándose estos dos grupos principales por el cinturón pélvico^[18]. Por lo tanto, parecía que el término «dinosaurio» era antinatural, un agrupamiento artificial de dos tipos de gigantes lejanamente emparentados. En los últimos años la cuestión se ha vuelto enormemente más compleja, y actualmente existen teorías que abarcan toda la gama que va desde un único antepasado hasta muchos grupos ancestrales diferentes para los dinosaurios. El criterio importante para decidir si el término «dinosaurio» posee alguna validez, es la relación que tengan entre sí diversos antepasados (si se da por válida la teoría de los orígenes múltiples). Los orígenes múltiples no son un obstáculo para agrupar a los respectivos descendientes; de hecho, los orígenes únicos son la excepción más que la regla en la aparición de los principales grupos de animales. Si todos los descendientes proceden de un grupo ancestral restringido —incluso si se desarrollan a partir de diferentes miembros del mismo—, está justificado el hecho de agruparlos. Debido a que todos los dinosaurios probablemente eran endotermos completamente erguidos, resulta más sencillo suponer que estas innovaciones clave existían como potencial o ya estaban presentes en un limitado grupo ancestral de los tecodontes, y que las sucesivas oleadas de dinosaurios las transmitieron hasta los principales linajes. Si se admite esta idea, el término «dinosaurio» es natural.

El potencial inherente a una postura erguida, unido a un nuevo logro fisiológico, provocó una explosión de las diversas formas de animales que rápidamente llenaron y monopolizaron cualquier tipo concebible de nicho terrestre idóneo para animales grandes y activos. Los pequeños reptiles del tipo *Euparkeria* hicieron su aparición en un mundo en el cual sus descendientes pudieron alcanzar la velocidad de los estrutiomímidos, el tamaño de los brontosaurios y la ferocidad de los tiranosaurios. Las consecuencias de la migración de oleadas de tecodontes activos de tamaño pequeño y mediano desde las regiones húmedas y bajas hacia las tierras altas y secas, serían catastróficas para los reptiles que entonces habitaban estas regiones, entre los cuales se hallaban los antepasados de los mamíferos que aún caminaban con las extremidades semiextendidas. Los tecodontes y dinosaurios se estaban trasladando a su terreno y los antepasados de los mamíferos no pudieron competir con estos ágiles y activos endotermos.

Los reptiles terápsidos, entre los cuales estaban los antepasados de los mamíferos, tuvieron una Edad de Oro a finales del pérmico y principios del triásico. Durante los treinta millones de años anteriores a la aparición de los tecodontes y dinosaurios, fueron estos terápsidos o reptiles semejantes a mamíferos los que dominaron totalmente la Tierra. En el sistema de Karoo, en África del Sur, compuesto por una serie de estratos dispuestos en forma de sedimentos que llenan una cuenca subyacente, encontramos un registro casi completo de la vida desde el pérmico hasta el triásico tardío. La secuencia de los estratos que albergan a sus respectivas faunas es tan completa que realmente podemos ser testigos de cómo los diversos animales se disputaron el dominio durante un período crítico que duró 50 millones de años. La característica más curiosa de

la vida en la cuenca del Karoo, en el pérmico tardío, es el predominio de los terápsidos que prácticamente excluyeron a todas las demás especies de animales. Este orden de animales que prosperó con gran diversidad de formas, y que se extendió hacia todos los nichos ecológicos, iba desde los herbívoros enormes, arcaicos hasta los pequeños insectívoros que removían la tierra en busca de alimentos. Los herbívoros más notables eran los enormes dicinodontes que tenían unos colmillos parecidos a los de las morsas, grupo que también se diversificó dando una variedad de tipos que abarcaban desde los grandes habitantes de las llanuras hasta las rechonchas formas acuáticas que se alimentaban de juncos. El Karoo simplemente rebosaba de estos animales de dos colmillos en el pérmico tardío y triásico inferior. En algunos lugares, sus estrafalarios cráneos con colmillos y picos estaban esparcidos por todo el paisaje, sugiriendo que estas corpulentas bestias vagaban por el Karoo en grandes manadas. En algunos estratos, los dicinodontes constituyen alrededor del ochenta por ciento de los esqueletos encontrados.

Estas manadas de animales naturalmente atraían a los carnívoros que, a su vez, eran terápsidos lejanamente emparentados. Muchos de estos depredadores ligeros tenían aspecto de lobos con miembros desparramados. Estos carnívoros de cuerpo más grácil y miembros más delgados, obviamente causaban gran número de víctimas en las manadas de estos reptiles arcaicos. En muchos depredadores, los «caninos» superiores estaban alargados a modo de sable y, obviamente, funcionaban como puñales para penetrar en la gruesa piel de los dicinodontes. Unos pocos carnívoros eran pequeños; la gran mayoría eran del tamaño de un perro o más grandes y capaces de cazar a los voluminosos herbívoros. Posteriormente, en el pérmico y especialmente durante el triásico, estos carnívoros fueron predominando y adquirieron aspectos más diversos y muchos de ellos comenzaron a experimentar nuevas formas de incrementar su eficacia.

Existe al menos una prueba circunstancial de que estos carnívoros estaban intentando incrementar el calor producido internamente. En los cráneos de estos reptiles de aspecto de mamífero, los pómulos empiezan a crecer a lo largo del paladar para separar la boca del conducto nasal. Las ventajas de un paladar secundario son múltiples. El animal ya no tenía que dejar de respirar para comer. Con un paladar secundario, la comida podía permanecer más tiempo en la boca mientras el animal continuaba respirando. Esto permitía que la comida pudiera ser masticada antes de ser deglutida. Los dientes en estos cráneos mostraban los primeros indicios de una mayor complejidad, ya que los dientes de las mejillas habían desarrollado coronas adicionales. Esta serie de caracteres sugiere que se estaban haciendo necesarias una respiración ininterrumpida y la adecuada masticación de la comida. El animal estaba aumentando su producción de energía^[19]. En qué fase —si es que realmente hubo una— estos antepasados de los mamíferos empezaron a tener pelo es una mera conjetura, aunque hay un dato que nos proporciona alguna información. A principios del triásico, vivían en el Karoo al menos dos terápsidos diminutos que presentaban una característica adicional. En el cráneo, el pómulo estaba perforado externamente por numerosas aberturas dirigidas hacia delante. D. M. S. Watson, que fue el primero en dirigir la atención sobre estos terápsidos en 1931, especuló sobre la función de estas perforaciones. Formuló la teoría de que éstas llevaban una serie de vasos sanguíneos muy largos y nervios hacia el hocico. El hocico debía de prolongarse considerablemente más allá del cráneo óseo y su morro, similar al de las musarañas, probablemente estaría provisto de músculos y pelos de la barba sensibles^[20]. Este

complicado razonamiento parece muy audaz, pero en el caso de que en el hocico crecieran pelos, indudablemente el cuerpo estaría cubierto de pelos: los pelos de la barba sólo son pelos modificados. Estas pruebas circunstanciales indican que los terápsidos estaban experimentando con una fisiología endotérmica que, en esa fase, probablemente aún era imperfecta. Se cree que los monotremas, como el ornitorrinco ovíparo con pico de pato y el oso hormiguero espinoso, han descendido de los terápsidos independientemente de otros mamíferos y que han heredado su constitución fisiológica. Debido a que los monotremas no tienen sistema de refrigeración, y por lo tanto son incapaces de sudar o jadear, no es irrazonable pensar que lo mismo sucedía con los reptiles semejantes a mamíferos del triásico^[21].

El Karoo pérmico sufrió períodos de intenso frío, de forma que el incipiente intento de elevar la producción de calor del cuerpo y evitar la pérdida de calor a través de la piel, aunque de modo ineficaz, proporcionó a los terápsidos una clara ventaja sobre los reptiles de tipo lagarto^[22]. Los terápsidos habían sido, a lo sumo, animales con una postura semiextendida^[23], mientras que el ornitorrinco australiano conserva la postura de miembros extendidos característica de los reptiles. Parece ser que, a finales del pérmico, los terápsidos estaban más interesados en elevar su temperatura para combatir el frío que en proporcionar más fuerza a sus miembros.

Fue en este mundo del Karoo, dominado por los terápsidos, donde irrumpieron los tecodontes. Durante el triásico, el clima había mejorado y la temperatura se había vuelto menos propensa a sufrir fluctuaciones drásticas, de forma que los grandes tecodontes y dinosaurios no tuvieron necesidad de aislar su piel tal como habían hecho los mamíferos. Los tecodontes, además, habían adoptado rápidamente una postura erguida y habían elevado su producción de energía para potenciar específicamente los largos miembros, obteniendo como resultado un marcado incremento de la velocidad y agilidad. (Debido a que el incremento de la fuerza exigía una fisiología endotérmica para un funcionamiento bioquímico óptimo, ésta fue adquirida simultáneamente). Cuando las sucesivas oleadas de tecodontes penetraron en el terreno de los terápsidos, hubo un período de intensa competición^[24]. Los antepasados de los dinosaurios estaban mucho mejor equipados y su diversificación estuvo acompañada de un igual descenso del número de terápsidos; en el triásico medio quedaban ya muy pocos y, a finales de este período, se extinguieron por completo. La Edad de Oro llegó abruptamente a su fin. Estaba comenzando la Era de la Oscuridad de los mamíferos.

En el triásico medio, los tecodontes se encontraron a sí mismos compitiendo con sus propios descendientes, los dinosaurios, y tuvieron que retirarse. Esta sucesión no fue violenta. Los tecodontes expulsaron a los terápsidos de sus nichos, ocupándolos ellos mismos de forma similar a como la ardilla gris más resistente usurpó el nicho de la ardilla roja en Gran Bretaña. El «robo» de un nicho es un suceso habitual en la sucesión de la fauna, en el cual las criaturas mejor adaptadas al medio ambiente predominante derrocan a sus competidores menos dotados en una contienda incruenta. Manadas enteras de dicinodontes dejaron paso a manadas de dinosaurios prosaurópodos. Hacia finales del triásico medio, el *Melanorosaurus*, un precursor del brontosaurio de 12 metros de largo, era un llamativo ejemplar del paisaje sudafricano. De forma similar, los terápsidos «lobos» fueron sustituidos a su vez por tecodontes carnívoros y dinosaurios que comían carne. Era una carrera hacia una postura erguida, en la cual los vencedores heredarían un mundo.

Nuestros antepasados perdieron.

Los dinosaurios conquistaron tanto las tierras altas como las bajas. Explotaron todos los nichos ecológicos que podían ser habitados por criaturas de tamaño medio y grande. Fisiológicamente, presentaban un grado de sofisticación que no tenían los terápsidos y los mamíferos primitivos. A diferencia de estos últimos, indudablemente los dinosaurios eran capaces de eliminar el exceso de calor después del ejercicio, posiblemente, como las aves, mediante un sistema de sacos aéreos que se extendía por todo el cuerpo. Esto les permitía alcanzar un nivel de actividad casi inaudito para un animal terrestre en aquella época.

Mientras tanto, los mamíferos recientemente evolucionados, se vieron sumergidos en su Era de la Oscuridad. El único nicho que permaneció inaccesible para los dinosaurios era el de las criaturas del tamaño de un ratón; debajo de un tamaño crítico, los dinosaurios habrían perdido demasiado calor a través de su piel desnuda. Ésta era la única oportunidad de la que disponían los mamíferos para sobrevivir. Así que se retiraron a este nicho. Por lo tanto, los primeros mamíferos verdaderos (los descendientes de al menos dos líneas de terápsidos que pasaron al grado de mamíferos), eran, muy diferentes de los lobos. Durante los 120 millones de años que duró la Era de la Oscuridad, los mamíferos estuvieron limitados a un tamaño muy pequeño y vivieron en hábitats secos de tierras altas. Los habitantes de este medio ambiente siempre están mal representados en los registros de fósiles; es en los estuarios bajos y en las regiones costeras donde se acumulan los sedimentos que forman las rocas. Por consiguiente, los restos de los mamíferos primitivos son sumamente raros, y en su mayor parte se trata sólo de dientes. «Hasta hace poco tiempo —estimó A. W. Crompton, que actualmente es el director del Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard—, la colección entera de fósiles mamíferos de la “Era de la Oscuridad” podía ser guardada en una caja de zapatos de tamaño medio». Esto es una reflexión que no sólo ilustra la escasez del número de fósiles sino también el diminuto tamaño de los dientes de los mamíferos más antiguos.

Una región donde se han encontrado dientes de mamíferos muy primitivos es Glamorgan, en el sur de Gales. Cuando el período triásico dio paso al jurásico, el gran mar de Tethys, que se extendía desde el Caribe hasta Rusia, comenzó a trasladarse hacia el Norte, inundando gran parte del sur de Gran Bretaña y empujando a los mamíferos hacia el Norte con su avance. Hubo al menos dos tipos de diminutos mamíferos que quedaron abandonados en una cadena de pequeñas islas donde actualmente está el sur de Gales. Estas islas estaban compuestas de piedra caliza plagada de hendiduras y, cuando los mamíferos perecieron, sus restos fueron arrastrados por el agua de lluvia hacia estas hendiduras^[25]. Los trabajadores que se hallaban en las canteras extrayendo piedra caliza para la construcción de carreteras, pusieron al descubierto estas fisuras y se encontraron toneladas de roca que contenían dientes. Los dientes de bestias llamadas *Morganucodon* y *Kuehneotherium* miden poco más de 1 mm. En el University College de Londres se han procesado muestras del material de las fisuras galesas debido a que, veinticinco años antes, se había advertido su importancia^[26]. En este proceso se utilizan tinas de ácido para disolver la roca, a fin de obtener los dientes resistentes al ácido (y fragmentos de huesos) que a continuación son ordenados y clasificados. Los dientes, que presentan unos patrones complejos de las coronas y los molares superiores, se adaptan de forma precisa a los inferiores, ajuste que permite masticar

eficazmente la comida. La masticación adecuada de los alimentos es importante para los mamíferos ya que permite una liberación más rápida de la energía.

A través del estudio exclusivo de los dientes podemos saber que se trata de mamíferos y no de terápsidos. En los reptiles, incluyendo los terápsidos, los dientes son continuamente sustituidos en los maxilares a lo largo de su vida, ya que los reptiles crecen continuamente mientras viven. Cada sucesión de dientes debe ser más grande que la última para poder mantener el mismo ritmo de crecimiento que los maxilares. Este sistema, sin embargo, no permite un ajuste exacto entre los dientes superiores e inferiores ya que todos se hallan en diferentes fases de erupción. En los mamíferos, los dientes sólo son sustituidos una vez, en la vida la segunda dentadura permanece hasta la muerte del animal como característica permanente y se ajusta perfectamente. Esto es posible debido a que los mamíferos alcanzan rápidamente su tamaño máximo. Debido a que los mamíferos jóvenes (que nacen con una gran cabeza) se alimentan con la leche materna, pueden retrasar la erupción de sus dientes definitivos hasta que son casi adultos. En el *Morganucodon* y el *Kuehneotherium* de las fisuras galesas se han encontrado pruebas de la existencia de dientes de leche y molares definitivos. Debido a que los molares de leche implican la existencia de cuidados por parte de los padres, por definición, estamos tratando con mamíferos^[27]. Sin embargo, como en todas las transiciones, el proceso debió de ser gradual ya que estos primitivos mamíferos presentan vestigios de su herencia reptil. Los molares «definitivos», y a veces también los molares, se crían cuando los animales eran adultos para dejar paso a otra dentadura^[28]. Sin embargo, ésta nunca apareció, dejando al diminuto mamífero con un agujero en la boca. Esto prueba que estos primeros mamíferos estaban intentando suprimir la última de sus características reptiles.

Es notable la ausencia de esqueletos articulados en las fisuras galesas. Por muy abundantes que sean los hallazgos de los dientes de los mamíferos primitivos, es difícil encontrar cráneos completos. Sin embargo, en otro rincón de la «caja de zapatos» de Crompton, se *podieron* encontrar tres cráneos muy preciosos debajo de una capa de dientes. El primero fue hallado por el padre Oehler, de la Universidad Católica de Pekín, mientras buscaba reptiles semejantes a mamíferos en los lechos del triásico superior en la provincia de Yunán en China en 1948. El padre Harold Rigney, rector de la Universidad y organizador de la expedición, consiguió pasar el cráneo de contrabando a Occidente en 1949 antes de ser encarcelado por los comunistas después de la caída de Pekín. Este cráneo presentaba unos dientes parecidos a los hallados en las fisuras de Gales, por lo que la pequeña bestia recibió el nombre de *Morganucodon oehlerii*^[29]. Los otros dos cráneos, de una antigüedad similar, proceden de los lechos rojos del África del Sur. El *Megazostrodon* y *Erythrotherium*, descubiertos en 1962 y 1966, son tan diminutos como los mamíferos de Gales, con cráneos que no superan los 20 mm de longitud. Es sorprendente que llegaran a ser encontrados. De hecho, el primero de los cráneos africanos fue reconocido por casualidad; se hallaba incrustado en un bloque de roca que había sido llevado al Museo Sudafricano, debido a que contenía un dinosaurio ornitiskiano^[30].

Aunque se han encontrado diversos fragmentos, sólo existe un cráneo parcial procedente de rocas que representan los siguientes 100 millones de años. En los lechos mongoles del cretáceo tardío se vuelven a encontrar cráneos de este tipo. Los tiempos realmente eran difíciles para los

mamíferos. Al no poder extenderse hacia nichos aptos para acoger a animales grandes, ya que éstos ya estaban monopolizados por los dinosaurios, los mamíferos se vieron obligados a esperar tiempos más propicios para ellos. Sin embargo, no fue una época improductiva. Durante este período perfeccionaron su fisiología endotérmica, desarrollando un mecanismo de refrigeración eficaz que implicaba el jadeo y la sudoración y lentamente fueron adquiriendo una postura erguida como los dinosaurios dominantes. Sin embargo, durante todo este tiempo continuaron siendo una parte insignificante de la fauna mesozoica. Probablemente debido a su reducido tamaño estaban obligados a salir de sus escondites de noche para evitar ser matados y comidos. En aquella época había muchas criaturas grandes, con una fisiología similar a la de los lagartos, que cazaban durante el día, pero que, con el aire más frío de la noche, se volvían perezosas. El «lagarto» tuatara de Nueva Zelanda es una reliquia de un primitivo grupo de animales que prosperó durante el mesozoico. Aunque, actualmente, estos reptiles se reducen a una única especie, en otros tiempos fueron extremadamente comunes. Muchos dinosaurios simplemente eran demasiado grandes como para preocuparse de estos animales menudos, pero los celurosaurios más pequeños, como el *Compsognathus*, sí eran capaces de cazar a estos mamíferos. Sin embargo, es a partir del cretáceo cuando encontramos indicios de que los mamíferos eran cazados incluso por la noche. Los mamíferos eran aterrorizados además por criaturas *más* astutas que ellos.

El tenaz *Deinonychus* era un antepasado de una variedad de dinosaurios carnívoros pequeños pero no menos agresivos, en el cretáceo tardío, que incluían al *Velociraptor* mongol que fue encontrado abrazado sobre su víctima. Las presas del *Velociraptor* obviamente eran los pequeños dinosaurios herbívoros y Ostrom sugiere que el *Deinonychus* también tenía preferencia por los pequeños comedores de plantas. Sin embargo, existen motivos fundados para creer que algunos de los descendientes del *Deinonychus* cazaban mamíferos.

Es un tópico que los dinosaurios poseían un cerebro tan pequeño que sólo tenían una conciencia muy limitada. Sin embargo, el grado de sofisticación hallado en el *Deinonychus* —su agilidad, velocidad y capacidad de mantener el equilibrio sobre una pierna— parece estar en discordancia con la popular concepción de la mentalidad de los dinosaurios. La coordinación nerviosa necesaria para estas proezas requería un cerebro mucho más complejo que el que poseían la mayoría de dinosaurios. La complicada manipulación de los dedos por sí sola constituye por sí sola un fuerte argumento en favor de un centro de coordinación bien desarrollado, ya que el animal presentaba, además, unos enormes ojos para supervisar la operación. La caja craneana del *Deinonychus* es desconocida, de forma que nos tenemos que basar en algunos de sus parientes de similar talento para conocer este factor vital. Uno de los últimos descendientes del *Deinonychus* del cretáceo era una criatura poco conocida llamada *Dromaeosaurus*, el «reptil emú», denominado así por su supuesto homólogo entre las aves. Esta bestia actualmente ha dado su nombre a todo un grupo, los dromeosáuridos. Sus huesos fueron hallados originariamente por Barnum Brown, durante su incursión a la región del río del Ciervo Rojo, en Alberta, en 1914, pero fueron descritos por primera vez por Edwin H. Colbert y Dale A. Russell en 1969. Lo único que Brown pudo encontrar de este carnívoro fueron algunos huesos de los pies y parte de un cráneo que, por

fortuna, tenía la caja craneana conservada en su mayor parte. La característica más sorprendente de esta caja craneana era su forma, ya que era bastante atípica para los dinosaurios carnívoros. La cavidad ósea que albergaba el cerebro era ancha, especialmente en su región posterior o medular. «Si la mitad posterior del cerebro llenaba, aunque sólo fuera aproximadamente, este espacio — exclamaron Colbert y Russell, evidentemente cogidos por sorpresa por esta forma tan poco característica para los dinosaurios—, realmente tuvo que ser muy ancha^[31]». Éste fue el primer indicio de que existían dinosaurios con cerebros que eran más grandes que la proverbial nuez. Al igual que el *Deinonychus*, el *Dromaeosaurus* era un experto asesino, con dientes incisivos y una garra trasera fuertemente curvada diseñada para lacerar, de forma que resulta interesante correlacionar su indudable agilidad y destreza con una mayor capacidad mental. Los dromeosáuridos, obviamente, eran una fuerza a tener en cuenta en los períodos cretáceos posteriores; los dromeosáuridos eran casi tan rápidos como los estrutiomímidos, relativamente más terribles que cualquier otro carnívoro, y con una capacidad de planificación inaudita en sus antepasados o contemporáneos, por lo cual, a su manera, eran incluso más terroríficos que los enormes tiranosaurios. Y posiblemente fueron más numerosos de lo que sus raros restos nos hacen pensar. Fueron sus preferencias medioambientales las que evitaron que se conservaran como fósiles.

El interés por los dromeosáuridos comenzó a despertarse a finales de la década de 1960, cuando se hizo patente que existía un grupo totalmente nuevo en fósiles de dinosaurio aún relativamente poco explotado. Así, en 1968, Dale Russell llevó un equipo del Museo Nacional de Canadá a Alberta específicamente para que buscaran a estas raras criaturas. Durante seis semanas, su equipo no recogió otra cosa que huesos aislados, pero en los últimos días de la exploración en el campo tuvieron la buena suerte de localizar el esqueleto desparramado del *Stenonychosaurus*, otro de los descendientes poco conocidos del *Deinonychus*^[32]. Este pequeño depredador sólo medía de 1,5 a 1,8 metros de longitud, pero, al igual que otros dromeosáuridos, tenía una cabeza bastante grande, de quizá 22 centímetros de largo. El cráneo destacaba por presentar unas órbitas desproporcionadamente grandes que, si los globos oculares las hubieran llenado completamente (y existen razones para creer que así fue), ello hubiese significado que el pequeño dinosaurio tenía unos ojos de 5 centímetros de ancho. Los ojos serían comparables a los de un avestruz que, en la actualidad, son los más grandes de todos los animales terrestres. Debido a que la distancia entre los ojos era anormalmente grande y el hocico correspondientemente triangular, los ojos estaban dirigidos hacia delante, superponiéndose de esta forma sus campos visuales. Ello resultaba en una visión *binocular*. La vista evidentemente era aguda, y la capacidad de juzgar distancias cercanas de forma exacta era utilizada conjuntamente con dedos que podían oponerse a los otros. Una visión aguda y esta nueva modificación estereoscópica eran esenciales para que el dinosaurio pudiera cazar y manipular a sus presas con las manos. Este estado tan extraordinariamente avanzado, obviamente requería un control central adecuadamente desarrollado, de forma que no constituye ninguna sorpresa que la ancha región interorbital del cráneo albergara un cerebro muy aumentado de tamaño, con lóbulos ópticos que se extendían por la región ventrolateral (como en las aves), y hemisferios cerebrales relativamente enormes en la región dorsolateral. Hasta hace poco, éste era el máximo desarrollo cerebral conocido en los dinosaurios. No debemos perder de

vista el hecho de que la vasta mayoría de dinosaurios estaban dotados de aptitudes insignificantes. Esto es asombrosamente cierto en la mayoría de los casos. El hadrosaurio tenía un peso cerebral que constituía sólo el 1/20 000 de su peso corporal; en el enorme brontosaurio, la proporción era de 1/100 000^[33]. Con cifras como éstas, es fácil entender por qué se aceptó la idea de que los dinosaurios eran criaturas «no pensantes», casi totalmente automatizados, incapaces de presentar la coordinación sensitiva y capacidad de cálculo del frío que se encuentran en los mamíferos y las aves. «El cerebro —afirmó Romer, refiriéndose específicamente a los brontosaurios—, es pequeño en todos los reptiles pero excesivamente pequeño en estos dinosaurios en proporción a su tamaño. Con gran probabilidad, el cerebro no hacía otra cosa que mover los maxilares, recibir impresiones de los órganos sensitivos y transmitir los mensajes a través de la médula espinal a la región de la cadera, de la cual partían los nervios que hacían funcionar a los miembros traseros^[34]». Los dromeosáuridos era un tipo de animales completamente distintos. Éstos habían alcanzado un nivel de inteligencia similar al de las aves y habían dejado tras de sí a los otros dinosaurios. El molde del cerebro de un *Stenonychosaurus*, obtenido mediante la unión de varios fragmentos de la caja craneana, sugiere que este dromeosáurido tenía un volumen cerebral de 49 cc y que, consiguientemente, el cerebro debía de pesar aproximadamente 45 gramos en vida. Debido a que los emús del tamaño del *Stenonychosaurus* generalmente no pesan más de 45 kg (siendo éste un valor alto), el cerebro del dromeosáurido posiblemente pesaba más del 1/1000 de su peso corporal. El emú de grandes ojos tiene un cerebro que pesa, aproximadamente, el 1/1227 de su peso corporal, lo cual sugiere que el emú ocuparía un segundo lugar con respecto al *Stenonychosaurus* si no en grado de inteligencia, al menos en tamaño cerebral^[35]. Un dinosaurio con un cerebro de este tamaño ciertamente se opone abiertamente a las ideas tradicionales. Incluso reconociendo que las criaturas pequeñas tenían cerebros proporcionalmente más grandes, el dromeosáurido seguía siendo incomparable en el mundo de los dinosaurios, ya que tenía un cerebro 100 veces más pesado, en términos relativos, que el del brontosaurio. Además, había áreas particulares en el cerebro de los dromeosáuridos, sobre todo los hemisferios cerebrales, que estaban aumentados de tamaño para controlar el comportamiento sofisticado del animal y dirigir su complicada coordinación motora. (En 1972, Russell procedió a demostrar que los cerebros de los dinosaurios avestruz eran aún más grandes, y que la capacidad craneal del *Dromieiomimus* era mayor que la del avestruz^[36]). Estos imitadores de las aves y dromeosaurios del mesozoico, desde luego poseían una inteligencia compatible con una compleja organización social.

Probablemente, los herbívoros como el *Struthiomimus* eran dinosaurios que formaban bandadas («manadas» parece un término poco adecuado para estas delicadas criaturas con aspecto de aves, y tanto los carnívoros como los herbívoros eran capaces de proporcionar cuidados paternos y formar un grupo familiar estructurado.

El *Stenonychosaurus* probablemente sólo era uno de muchos de estos depredadores, pero sabemos muy poco acerca de las criaturas que compartieron su mundo, a excepción de una especie mongol. El *Saurornithoides* (el «reptil de aspecto de ave», nombre que hace referencia a su aspecto) hallado por una expedición del Museo Americano a Mongolia, en 1922, era un pariente cercano del *Stenonychosaurus* con un cerebro de tamaño similar y los característicos ojos grandes y manos aferradoras^[37]. Al igual que en tantos de estos dinosaurios, su importancia no fue

valorada hasta finales de la década de 1960. Russell cree que ambos dinosaurios —que presentan dedos con capacidad de manipulación, visión binocular y una clara inteligencia— eran capaces de cazar y comerse a los mamíferos. Anteriormente, se pensaba que los mamíferos habían escapado de sus enemigos saliendo de noche de sus escondites, cuando la temperatura bajaba y los reptiles se volvían perezosos. Pero debido a que los dinosaurios probablemente eran de sangre caliente, éstos presuntamente también podían cazar durante la noche. Quizás estos dromeosáuridos más pequeños dormían durante el día, al igual que muchos mamíferos vivos, y sólo eran activos al amanecer y atardecer. Sus grandes ojos (un buen pero no incontrovertible indicio de la existencia de hábitos nocturnos) servirían para vislumbrar a los mamíferos en la penumbra. Las manos aferradoras probablemente servirían para coger al mamífero y llevarlo a la boca, o para sujetar a la víctima en el suelo de forma que los maxilares la pudieran agarrar.

Visto desde una perspectiva más amplia, la depredación activa sólo tuvo un papel secundario en la supresión de los mamíferos durante la Era de la Oscuridad. El control de los dinosaurios se basaba más en la naturaleza de la subyugación pasiva; éstos controlaban los nichos de los animales de tamaño grande e impidieron la irradiación de los mamíferos. Ésta era la situación a finales del cretáceo, cuando un misterioso desastre eliminó el único obstáculo que impedía que los mamíferos se desarrollaran con éxito. Algo exterminó la raza de los dinosaurios.

V. LA AGONÍA DE LOS TITANES

En julio de 1877, Othniel Charles Marsh, profesor de Paleontología en el recientemente inaugurado Museo Peabody de la Universidad de Yale, publicó una «Nota sobre un nuevo gigantesco dinosaurio» en las páginas del *American Journal of Science*. Este modesto artículo, de poco más de una página de longitud y escrito en la habitual prosa de Marsh inició la década más productiva que jamás haya vivido la Paleontología americana. «El museo de la Universidad de Yale —escribió Marsh— ha recibido recientemente una colección de restos reptiles de los depósitos cretáceos de Colorado que es de gran interés. Entre estos especímenes hay partes de un enorme dinosaurio de tamaño superior al de cualquier animal terrestre descubierto hasta ahora^[1]». Marsh sólo tenía unas pocas vértebras y otros fragmentos, pero su tamaño sugería que se trataba de un animal de proporciones gigantescas. Cada vértebra medía 30,48 centímetros de largo y presentaba procesos laterales que medían hasta 90 centímetros de longitud. Marsh estimó una longitud total de quince o dieciocho metros para la criatura y la bautizó con el sugestivo nombre de *Titanosaurus montanus*, el «reptil titánico».

El artículo de Marsh marcó un hito, no por sus revelaciones (éstas eran escasas exceptuando el tamaño del reptil), sino porque señaló el comienzo de una era. El Nuevo Mundo estaba a punto de descubrir los restos de dinosaurios gigantes cuadrúpedos en tal cantidad que los hallazgos anteriores quedarían completamente eclipsados.

Marsh tampoco fue el primero en darse cuenta de la existencia de estos gigantes mesozoicos. En el momento en el que escribió el artículo, los reptiles gigantes ya eran conocidos desde hacía tiempo en Inglaterra, aunque hacía poco tiempo que se había reconocido el hecho de que los más grandes especímenes eran dinosaurios del tipo *Iguanodon* y *Megalosaurus*. Antes de pronunciar su discurso clásico sobre los caracteres de los dinosaurios en el congreso de la Asociación Británica en 1841, Richard Owen habló acerca de su intento de clasificar el revoltijo de grandes vértebras que caracteriza a casi todas las colecciones. Después de eliminar las vértebras de los saurios marinos y sus tres especies de dinosaurios, Owen se ocupó de lo que parecía la vértebra de un cocodrilo enorme. Le impresionó una vértebra de cocodrilo en particular debido a que ésta era hueca, «reticulada» o «seudoneumática» como él la llamaba, característica completamente desconocida en un saurio grande. La primera vez que vio una vértebra de este tipo fue en una colección privada que pertenecía a un tal Mr. Saull. Los fósiles habían sido sacados de los estratos del wealdeniense de principios de la era cretácea por el mar y arrastrados por las olas hasta que finalmente estos huesos lisos habían llegado a las playas de la isla de Wight. Estas vértebras huecas le permitieron a Owen diferenciar otra especie de saurio gigante de sus recientemente encontrados dinosaurios, añadiendo así una criatura enorme más a su espectacular zoológico de monstruos resucitados. Owen pensaba que estas vértebras cavernosas eran los restos de cocodrilos arcaicos, aunque sus antecesores habían llegado a conclusiones bastante distintas. A mediados de la década de 1830, Dean Buckland entró en posesión de un hueso del brazo y de una costilla gigante de una de estas criaturas. Al igual que los huesos del *Megalosaurus*, éstos habían sido encontrados cerca de Woodstock en Oxford y se habían convertido en parte de la colección de Buckland en el museo de la Universidad de Oxford. Al ver estos gigantes huesos, el barón

Cuvier declaró sin vacilar que se trataba de los restos de una ballena prehistórica, diagnóstico que sorprende un poco^[2]. La gran similitud entre estas costillas desmesuradamente largas y las de las ballenas deben haber anulado totalmente la objeción de que una criatura de aspecto tan moderno no podía haber vivido en una época tan remota como el mesozoico. Owen también observó la similitud con las costillas de las ballenas y se dio cuenta de que la textura del hueso, cubierto por una corteza externa compacta, era característica de los cetáceos. Cuvier gozaba de máximo prestigio y sus opiniones tenían fuerza de persuasión incluso después de su muerte (en 1832). No obstante, Owen estaba en posesión de las vértebras y éstas no se parecían en nada a las de una ballena, de forma que fue capaz de eliminar este anacronismo bastante evidente del antiguo mundo. Sin embargo, aunque la idea de la ballena fuera desechada, las supuestas características cetáceas del fósil mesozoico persistían. Las vértebras, observó Owen, eran de igual tamaño que las de una ballena adulta y parecían «indicar que el presente saurio marino gigantesco debió de tener un tronco grande y voluminoso, pero propulsado por una cola más larga y más parecida a la de los cocodrilos que a la de las ballenas modernas^[3]». La similitud observada por Owen tuvo su reflejo en el nombre escogido para la criatura: *Cetiosaurus* o «lagarto ballena». Owen pensaba que estos colosos reptiles eran seres estrictamente acuáticos, que vivían en el mar como las ballenas. Estos animales nadaban, según Owen, con la ayuda de una larga aleta vertical situada al final de un cuerpo aerodinámico y desnudo. Sabemos que Owen pensaba que los ictiosaurios poseían este tipo de aleta debido a que los ictiosaurios supervivientes de Waterhouse Hawkins en el Crystal Palace tenían largas colas en forma de látigo con una aleta vertical. Owen imaginaba que los ictiosaurios habían sido habitantes de las aguas poco profundas que, en ocasiones, se arrastraban a la playa para tomar el sol. Ésta es la postura en la que fueron representados en el Crystal Palace, donde las aguas del lago chapoteaban alrededor de las aletas de los ictiosaurios. Indudablemente, Owen pensaba que los cetiosaurios se impulsaban mediante una larga cola que acababa en una aleta. Sus pies palmeados eran considerados como órganos de dirección al igual que lo son en la iguana marina de las islas Galápagos (Owen no halló prueba alguna de la existencia de pies palmeados en los cetiosaurios aunque disponía de algunos huesos de los miembros para su estudio). En opinión de Owen, los lagartos ballena estaban mejor adaptados al mar que los ictiosaurios con forma de delfín, y llegados a este punto especuló que probablemente se trataba de carnívoros colocados en los mares prehistóricos específicamente para mantener a raya a estos saurios inferiores^[4].

Sin embargo, Owen estaba equivocado como él mismo pronto comprobó. El reconocido método del barón Cuvier para la reconstrucción de animales enteros a partir de un único hueso no funcionó en este caso, sencillamente porque Owen no disponía de precedentes que le pudieran servir de ayuda. Owen se basaba en cocodrilos, lagartos y ballenas para sus modelos, de forma que sus cetiosaurios, conocidos sólo en base a unas pocas vértebras y huesos de los miembros, inevitablemente adquirieron un aspecto muy híbrido. Resulta bastante fácil reconstruir un ave fósil a partir de un único hueso, si ya se dispone de algún modelo de ave que sirva de guía. (Owen había realizado una restauración que fue muy aclamada. A partir de una *astilla de hueso de unas extremidades rotas de quince centímetros de largo*, Owen reconstruyó el ave corredora extinguida *Dinomis* en 1839. Tres años más tarde se encontró, en Nueva Zelanda, un esqueleto completo de 3,30 metros de altura que justificó por completo la restauración publicada por el profesor y la

teoría de la existencia de primitivas aves terrestres enormes en la isla. La Prensa popular elevó a Owen al panteón científico por este acto único de destreza científica). Desafortunadamente, cuando intentó realizar la misma proeza con los dragones sin par del mesozoico, no disponía de ningún prototipo y sólo tenía unas pocas pautas de orientación y, por lo tanto, la empresa estuvo destinada al fracaso.

El modelo de Owen del lagarto ballena fue atacado cuando aparecieron más pruebas que sugerían reconstrucciones más realistas y afinidades diferentes. En 1848 se encontraron en Oxford nuevos huesos de los miembros que, finalmente, lo obligaron a abandonar la «hipótesis cetácea», de un cocodrilo marino del tamaño de una ballena. Cuando, en 1849, comenzó su monumental obra compuesta de seis partes, el *British Fossil Reptiles* (serie que completaría en 1884), no hizo alusión alguna a la analogía de la ballena. Sin embargo, seguía estando convencido de que el cetiosaurio era un cocodrilo, si bien uno algo diferente. El tamaño de los nuevos huesos de los miembros sugería un aspecto parecido al de un dinosaurio y, por lo tanto, primero provisionalmente, comenzó a analizar el cetiosaurio desde este punto de vista. En la época del wealdeniense, escribió, cuando el *Iguanodon* habitaba la Tierra, existía «un reptil saurio de dimensiones al menos tan grandes como las del *Iguanodon*, pero que presentaba modificaciones en la columna vertebral desde la mitad del dorso hasta la cola, que lo diferenciaban de los dinosaurios y lo aproximaban a los cocodrilos^[5]». Desde nuestra privilegiada posición posdarwinista resulta difícil comprender por qué Owen pensaba que se trataba de criaturas de transición. Cuvier estaba totalmente opuesto a la idea de que la notable similitud existente en todos los cráneos de vertebrados, independientemente de si se trataba de peces, reptiles u hombres, era el resultado de una «ley superior de uniformidad del tipo», como Owen la llamaba y, en lugar de ello, creía que los huesos que tenían funciones similares eran también similares en su aspecto. Owen estaba en desacuerdo. El patrón de los huesos craneanos es tan parecido en todos los vertebrados que debe de existir algún plan general. Todos los cráneos vertebrados son variaciones de un Arquetipo Ideal utilizado por el Arquitecto Divino como prototipo en la Creación^[6]. Owen se interesaba más por cómo estos huesos homólogos se diferenciaban entre sí que en los mecanismos que habían producido estos cambios. No obstante, Owen estaba preparado para ir más lejos que Cuvier y admitir que las fuerzas naturales habían intervenido transformando el arquetipo básico y dando lugar a las formas particulares. Por lo tanto, una criatura como el *Cetiosaurus*, a medio camino entre los cocodrilos y los dinosaurios, presentaba modificaciones, algunas características de los cocodrilos y otras características de los dinosaurios, que se desviaban del plan común, si bien es una cuestión discutible que Owen hubiera considerado al *Cetiosaurus* como paso evolutivo intermedio en aquella época (1846). (A pesar de su hostilidad pública a la causa darwinista, Owen frecuentemente tuvo ideas evolucionistas en sus posteriores artículos sobre los reptiles fósiles. Parece ser que, en realidad, se oponía al *mecanismo* darwiniano que se basaba en el azar más que al *hecho* de la evolución).

En los mismos estratos en los que se había encontrado la «ballena» original de Buckland se descubrió, en 1868, otro esqueleto. El profesor John Phillips, sucesor de Buckland en el Museo de Oxford, encontró un fémur del tamaño de un hombre en las rocas jurásicas de Enslow, a 13 kilómetros de Oxford. Este fémur, de 1,60 metros de longitud y 30,48 centímetros de diámetro, no

tenía par en el mundo de los dinosaurios y su descubrimiento resultó ser un oportuno incentivo para continuar trabajando en la cantera. Durante más de un año, los exploradores no pudieron encontrar el resto de la criatura, pero, finalmente, Phillips fue recompensado con el descubrimiento de una gran parte del esqueleto del dinosaurio. Desde los días de las festividades del Crystal Palace, los grandes lagartos extinguidos habían excitado la imaginación del público y la Prensa popular y las revistas eruditas informaban regularmente sobre los nuevos descubrimientos. Naturalmente, el nuevo cetiosaurio de John Phillips levantó un considerable interés. En un artículo aparecido en 1870 en el *Athenaeum*, una revista literaria y científica peculiarmente victoriana, Phillips describía vivamente la cantera en la cual había reposado «el animal más grande que jamás pisó la Tierra^[7]». Sobre el suelo había esparcidos huesos de 1,5 metros de longitud, vértebras de casi 30 centímetros de diámetro y «costillas monstruosas» de 1,5 metros de longitud que estaban fracturadas en ambos extremos (es fácil comprender cómo se había producido la confusión en la mente de Cuvier al ver estas costillas de tamaño similar al de las ballenas). En conjunto, dijo Phillips, «parecía el lugar de enterramiento del gran padre de los lagartos». Al igual que en los otros hallazgos de cetiosaurios, no se encontró ninguna cabeza, ni siquiera un diente cerca del esqueleto que pudiera establecer de una vez por todas las afinidades del animal. Sin embargo, Phillips poseía una buena colección de macizos huesos de los miembros que testificaban que la criatura había sido cuadrúpeda. Al tratarse de una criatura terrestre con miembros macizos se convirtió en el candidato principal para los dinosaurios de Owen. Sin embargo, Owen no pudo estar absolutamente seguro de que los restos hallados pertenecían a un nuevo dinosaurio hasta que no supo cuántas vértebras fundidas presentaba el animal en la región pélvica.

Fue el descubrimiento de un nuevo esqueleto, no del *Cetiosaurus* sino de un supuesto pariente del cetiosáurido, lo que provocó la intervención de Owen. En 1874, la Swindon Brick and Tile Company, que estaba trabajando en las minas de arcilla de Kimmeridge en Wiltshire, escribió una carta a Owen en la cual le describía el descubrimiento de restos de saurios en uno de sus pozos. Los huesos se habían encontrado a 3 metros por debajo de la superficie de la tierra y los trabajadores de la mina, al darse cuenta de la fragilidad de los fósiles, los habían cubierto para evitar que los huesos se desintegraran en el aire solicitando la inmediata presencia de Owen. En los meses siguientes, el Museo Británico adquirió varias toneladas de estas rocas que contenían los huesos. La extracción de los huesos de la roca no fue una tarea fácil y, durante un año, un «cantero-escultor» estuvo dedicado por completo a este trabajo. Finalmente, los huesos fueron arrancados de la roca y Owen pudo admirar la región de la cadera de su cetiosaurio. Las vértebras de la cola estaban en perfecto estado y mostraban la presencia de un poderoso apéndice en forma de látigo en vida. La cola, explicó, «probablemente se utilizaría, al igual que en los saurios vivos más grandes, para proporcionar golpes mortales en tierra y para surcar con rapidez el elemento acuoso^[8]». Los lagartos-ballena estaban saliendo lentamente, incluso indecisamente, del agua para ir a tierra. El húmero era grande, lo cual le proporcionó el nombre al dinosaurio: Owen llamó a su «cetiosaurio». *Omosaurus*, que literalmente significa «saurio húmero». Los huesos de la mano eran cortos y rechonchos, mientras que el «conjunto de las patas delanteras —observó Owen—, era más macizo y elefantino en sus proporciones» que en cualquier otro gigante del mesozoico:

los enormes pies debieron de haber sido usados para la locomoción terrestre. Tal como se averiguó más tarde, el *Omosaurus* no era un cetiosaurio, ni siquiera un pariente cercano, sino un dinosaurio más pequeño emparentado con el *Stegosaurus* acorazado. Lo que es importante es que Owen *pensaba* que se trataba de un cetiosaurio y que actuó de acuerdo con esta creencia. La presencia de cinco vértebras sacras fundidas, razonó Owen, era una prueba positiva de que los cetiosaurios eran dinosaurios.

Sin embargo, Owen se había anticipado. Su precaución extremada y adhesión estricta a su propia definición anticuada del dinosaurio (que otros ya habían comenzado a considerar de forma más flexible), permitieron avanzar a sus contemporáneos más jóvenes de Londres. En particular, Huxley, que era la eterna espina en el costado de Owen, aprovechó rápidamente esta oportunidad. Los dos paleontólogos habían roto sus relaciones diplomáticas en 1856, después de que Owen asumiera el título de Huxley de profesor de Paleontología mientras daba un ciclo de conferencias en la Escuela de Ingeniería de Minas de Huxley. Cuatro años más tarde, Huxley se tomó la revancha derrotando a Owen en el área académica. La cuestión era, naturalmente, el hombre; el último bastión de los devotos. Owen, en su conferencia en la Linnean Society, en 1857, había colocado al hombre en un lugar diferenciado del resto de la Creación basándose en razones anatómicas. Si Dios debía de continuar siendo una proposición viable y si el hombre debía de conservar su alma, entonces el hombre debía ser *considerado* como único. De forma que Owen intentó demostrar que Dios le había otorgado al cráneo y al cerebro del hombre unas determinadas características únicas como signo de su especial favor. Aunque la Tierra ya no siguiera manteniendo su posición privilegiada en el Universo, y el *Génesis* ya no fuera el criterio mediante el cual se medía la cronología, al menos el hombre permanecería inviolable. Huxley tuvo un gran placer en destrozarse el razonamiento de Owen, señalando que estas denominadas características únicas existían en los monos superiores. El último bastión había caído. A continuación, Huxley dirigió su atención hacia los dinosaurios y una vez más desafió al «Hombre Viejo» de la Paleontología. En 1867, Huxley visitó el Museo de Oxford por invitación de Phillips y se maravilló con la colección de cetiosaurios de Buckland. No podía haber duda de que estas criaturas monstruosas eran dinosaurios, aseguró Huxley, y en 1869 publicó una nueva clasificación de los dinosaurios incluyendo al *Cetiosaurus* de Phillips, agrupándolo específicamente con los iguanodontes^[9]. Esta unión fue cuestionada con pasión por Harry Govier Seeley, aunque éste tampoco dudaba de que los cetiosaurios gigantes eran de naturaleza dinosauria. Seeley, de hecho, advirtió que los cetiosaurios eran un grupo importante y diferente de dinosaurios. Quizá, se aventuró a decir, «grupos originales distintos se confunden bajo el nombre de dinosaurios». Los dinosaurios eran un importante grupo de animales en la época mesozoica pero se componían de subgrupos principales cuya diferenciación proponía ahora Seeley. Uno de los grupos que separó inmediatamente del resto fueron los cetiosaurios y, en 1874, sugirió que fueran elevados de rango formando un orden^[10]. Los lagartos-ballena habían comenzado a adquirir alguna importancia. La fructífera línea de razonamiento de Seeley y su búsqueda de algún criterio para distinguir un tipo de dinosaurio de los otros, dio paso a una clasificación más natural de los dinosaurios en la siguiente década.

Durante aproximadamente cuarenta años, los cetiosaurios habían sido considerados como

seres acuáticos que se disputaban el dominio en los océanos mesozoicos, junto con los ictiosaurios y los plesiosaurios. Sin embargo, los miembros paquidérmicos macizos y los dedos cortos de los pies habían demostrado hasta qué punto esta idea se había vuelto insostenible. A pesar de todo, el salto completo del agua a tierra era un paso difícil a hacer de un tirón. Aunque los enormes cetiosaurios poseían la «facultad de progresión terrestre en un grado superior», Owen llegó a un compromiso entre el «lagarto-ballena» y el dinosaurio mediante su reafirmación de que «el elemento habitual de los cetiosaurios podría haber sido, y pienso que lo fue, el agua del mar o de los estuarios^[11]». Owen era incapaz de romper con sus ideas tradicionales. A pesar de que su monstruo estaba provisto de miembros macizos para soportar su peso, Owen en realidad nunca le permitió a la criatura salir del agua que durante tanto tiempo había sido su hogar. Ello a pesar de su declaración anterior de que los dinosaurios, a diferencia de los plesiosaurios marinos y animales similares, por definición, eran criaturas terrestres. Aferrado a la tradición, Owen dejó a su «lagarto-ballena» monstruoso, sin saber qué hacer, en las aguas poco profundas. Sin embargo, alrededor de 1870, había hecho progresos importantes en el conocimiento del hombre de los dinosaurios incluyendo en su grupo a habitantes gigantes, cuadrúpedos de los mares y lagos.

Los cetiosaurios ingleses eran una colección poco definida en la época de Owen y, desde entonces, el conocimiento acerca de estos fósiles no se ha incrementado en gran medida. Pero, por muy difícil que fuera su nacimiento, los dinosaurios verdaderamente gigantes habían hecho su aparición en la época victoriana. Estos prolongados dolores de parto apenas fueron experimentados por el Nuevo Mundo; aquí, los monstruos salían de la tierra con su forma completa. Era como si de forma espectacular se hubiera levantado un velo de la criatura. En 1877, O. C. Marsh, del Yale College, recibió del Oeste los primeros huesos fosilizados del primo americano del cetiosaurio. Los paleontólogos ya no se verían forzados a enfrentarse con restos desmoronados y fragmentarios. A partir de ahora desenterrarían especímenes perfectamente conservados en un verdadero cementerio de gigantes.

El hecho de que estos gigantes jamás hayan visto la luz del día, se debe más a los caprichos de la motivación humana que a los estudios científicos desapasionados. Los huesos que recibió Marsh habían sido encontrados casualmente por Arthur Lakes, un graduado de Oxford que ocupaba un puesto de maestro en una escuela de Denver. Habiendo adquirido un profundo interés por la Historia natural en Oxford, cuyo museo era un depósito que rebosaba de restos de saurios, Lakes había explorado el territorio virgen alrededor de su escuela. Un día de marzo de 1877, mientras estaba buscando hojas fósiles en la dura piedra arenisca de Dakota, cerca de la ciudad de Morrison, Lake descubrió una vértebra gigante que estaba incrustada en un bloque de piedra. Debido a que estaba familiarizado con los «lagartos-ballena» del profesor Phillips, le escribió una carta a Marsh en Yale incluyendo un dibujo de la vértebra y de un hueso del brazo. La reputación de Marsh ya se había consolidado por sus hallazgos de pterodáctilos y aves fósiles en Kansas, lo cual le convertía en un objetivo natural para las noticias sobre descubrimientos de esta índole. Lakes exploró el lugar minuciosamente y pronto desenterró un enorme fémur. De forma que volvió a escribir excitadamente una carta a Marsh, pensando que el monstruo debía tener una longitud no inferior a los 18 o 21 metros. No recibió ninguna respuesta de New Haven. Lakes envió una tercera carta seguida de una cuarta. En sus cartas hablaba de otros huesos enormes que

pertenecían, decía, a seis individuos o quizás a seis especies diferentes. Increíblemente, Marsh no estaba interesado. Lakes envolvió los huesos y esperó varias semanas para que Marsh le diera la señal para enviárselos, sin embargo, no le llegó ninguna contestación. Perseveró y, en mayo de 1877, se encargó él mismo de enviar diez cajas de embalaje llenas de huesos de dinosaurio a New Haven, cuyo peso total era inferior a una tonelada. La falta de resolución de Marsh finalmente defraudó a Lakes. Desesperadamente dio un paso que haría que Marsh se interesara y prestara atención: escribió a la persona que Marsh más temía que entrara en posesión de estos preciados especímenes. Lakes escribió a Cope. Marsh había librado una batalla amarga, incluso algo defensiva, contra Cope desde los días de la disputa sobre el elasmosaurio y, constantemente, estaba rechazando los ataques insidiosos de su oponente en la Prensa. Ahora, Lakes no sólo había escrito a Cope, sino que incluso le había enviado algunos de sus huesos gigantes a Filadelfia. Marsh se enteró de esta correspondencia e inmediatamente entró en acción, enviando un cable a Lakes para evitar (con retraso) que éste enviara sus huesos de Morrison a Cope, y un telegrama a uno de sus propios recolectores sobre el terreno en Kansas, Benjamin Mudge, ordenándole que fuera en seguida a Morrison para que llegara a un acuerdo con Lakes y se asegurase lo que Marsh ahora consideraba como su propiedad. Cuando llegó a Morrison, Mudge rápidamente se dio cuenta de la rica colección de fósiles cuando Lakes «salió de la casa de fieras» y se le aproximó. Se llegó a un acuerdo y Mudge le cablegrafió a Marsh: «Hemos logrado un acuerdo satisfactorio para dos meses. Jones no puede interferir^[12]». «Jones», naturalmente, era Cope. Entretanto, Cope había estado preparando a toda prisa un artículo sobre esos restos de saurio y le había enviado a la American Philosophical Society, en Filadelfia, una relación preliminar. No es difícil imaginarse su cólera cuando éstos fueron arrebatados de nuevo por Lakes quien informó a Cope que Marsh ya los había comprado. Para añadir aún más insulto a la afrenta, Lakes le exigió a Cope que enviara sus huesos fósiles a Marsh.

Incluso una mirada superficial a Marsh y Cope durante su guerra, rápidamente refuta el mito del científico sobrio y objetivo. La celosa rivalidad que existía entre estos dos hombres en los días del Oeste Americano no estaba exenta de compensaciones ya que, sin duda, fue la batalla más productiva en los anales de la Paleontología. Ambos hombres eran unos descriptores prolíficos y su motivación era a menudo que el otro estaba trabajando en la misma área. ¿Cuánto tiempo hubiese necesitado Marsh para darse cuenta de los descubrimientos de Lake si Cope no hubiese actuado repentinamente como catalizador?

Marsh no perdió tiempo en publicar una relación de los huesos fósiles de Lakes, a fin de asegurarse su prioridad sobre Cope. En Morrison, Mudge comenzó a trabajar en el yacimiento de forma fervorosa. El primer hueso que extrajo, un húmero de más de 60 centímetros de ancho, fue un presagio de lo que se avecinaba. En el transcurso de unas pocas semanas, Lakes y Mudge habían enviado con el tren otra tonelada de huesos a Marsh, entre los cuales se hallaban los primeros vestigios conocidos del dinosaurio acorazado *Stegosaurus*. Al principio, Marsh no estaba muy seguro de las afinidades del estegosaurio y pensaba que podía estar relacionado con las tortugas, al considerar que las enormes placas dérmicas del animal (algunas de las cuales medían más de 90 centímetros de longitud) eran como una especie de armadura en forma de coraza^[13]. Más tarde, colocó estas placas en posición vertical formando una gran cresta ósea a lo largo de la

línea media de la espalda del estegosaurio.

El tamaño de algunos de los huesos de los primeros envíos de Marsh es bastante asombroso incluso para nosotros hoy en día. La mayoría de los primeros descubrimientos fueron de el *Titanosaurus*. Un fémur que se hallaba en posesión de Marsh medía más de 2,44 metros. ¡Si este hueso hubiese pertenecido a un cocodrilo, especuló Marsh, la criatura hubiese tenido la increíble longitud de 35 metros! Al igual que sus primos ingleses, *Titanosaurus* tenía vértebras ahuecadas, pero sólo tres o cuatro vértebras fundidas en la región de la cadera (menos que en la definición original del dinosaurio de Owen). Cuando esta región se hizo más conocida en los dinosaurios, el número resultó ser variable en los diferentes tipos.

Debido a un curioso giro del destino, del tipo que parece haber seguido tenazmente a Marsh y Cope durante la mayor parte de su vida de trabajo, otro maestro de escuela estaba haciendo excursiones por las colinas de Colorado, en marzo de 1877. O. W. Lucas, un botánico aficionado, estaba explorando la región cerca de Canyon City, al sur de Morrison, en busca de plantas. Él también encontró restos enormes de saurios pero su reacción inicial fue escribir a Cope. Cope aprovechó esta oportunidad para colocarse en igual posición que Marsh e inmediatamente contrató a Lucas. Las excavaciones comenzaron a toda prisa. Los primeros huesos enviados a Cope en Filadelfia consistían en fragmentos de un maxilar de *Laelaps*. Sin embargo, el segundo lote contenía vértebras que, anunció Cope, «aparentemente representan a un animal mucho más gigantesco y creo que se trata del animal más grande o más voluminoso capaz de desplazarse por tierra del que tengamos conocimiento^[14]». (No sorprende mucho que estas palabras fueran pronunciadas con una regularidad monótona en los siguientes meses a medida que se descubrían criaturas cada vez más grandes en los yacimientos). Cope publicó a toda prisa un artículo, el 23 de agosto de 1877, describiendo el reptil gigante de Lucas al que llamó *Camarasaurus* o «reptil de compartimentos» por la naturaleza cavernosa de sus vértebras. A pesar de ello fue vencido por un estrecho margen por Marsh cuyo artículo sobre *Titanosaurus* había aparecido el 20 de junio. Sin embargo, Cope tuvo un remedio para compensar el haber llegado un poco tarde en su publicación. Insistió en que *Titanosaurus*, el nombre escogido por Marsh, no podía ser adoptado de acuerdo con las reglas de la nomenclatura debido a que no había ningún diagnóstico o descripción que acompañaran a los huesos. En base al artículo de Marsh, habría sido imposible distinguir la criatura de un cetiosaurio inglés. De cualquier manera, dijo Cope por añadidura, *Titanosaurus* era un nombre ya adoptado por una criatura fósil. Cope, que había llegado el segundo respecto a Marsh, impugnaría la decisión en base a los detalles técnicos legales. Cope dijo que fue él quien había descrito por primera vez a un herbívoro gigante. Por deferencia hacia las reglas de la nomenclatura, Marsh cambió el nombre de su monstruo por *Atlantosaurus* aunque esto sea una débil justificación por robarle la prioridad.

Hasta este momento, Cope había estado tratando sólo con dinosaurios bípedos con aspecto de canguro, de forma que fue una sorpresa para él descubrir que las patas delanteras del *Camarasaurus* eran largas y que la criatura caminaba sobre cuatro patas. La reacción inicial de Cope al conocer este hecho fue sorprendente. Las largas patas delanteras, afirmó, «junto con el notable cuello largo que poseía este género sugieren un parecido en la forma y hábitos entre los reptiles gigantes y la jirafa. Mientras que algunos de los dinosaurios posteriores se alzaban sobre

las patas traseras para alcanzar las copas de los árboles donde podían alimentarse (se refiere al *Hadrosaurus* del cretáceo), la forma general del cuerpo en algunos de estos tipos primitivos los capacitaba para alcanzar su alimento sin que las patas anteriores abandonaran la tierra». El siguiente envío de Lucas incluía los restos de una bestia aún más grande, *Amphicoelias*, que Cope consideraba como un adecuado rival para el *Camarasaurus* en el mundo mesozoico. Cope describió este inesperado cambio completo en el estilo de vida de los dinosaurios, escasamente dos años después de que Richard Owen reafirmara, en Londres, su creencia de que estos cuadrúpedos gigantes eran animales acuáticos. Parecía como si el primo americano del cetiosaurio hubiera sido emancipado repentinamente del mar. Sin embargo, el leviatán estaba luchando prematuramente en tierra.

Marsh, entretanto, se enteró del lugar de excavación de su rival a sólo unos 160 kilómetros al sur del suyo propio, y dio instrucciones a Mudge para que abandonara Morrison e investigara. Cope, sin embargo, ya había monopolizado el lugar y Lucas estaba al servicio de él. Mudge observó decepcionado que los huesos que estaban excavando se hallaban en mejor estado y eran hasta un 30% más grandes que sus homólogos en Morrison, y que a Cope le estaba costando muy poco excavarlos. Marsh ordenó a sus recolectores que se dirigiesen a la región para comenzar a realizar prospecciones en los alrededores; Samuel Williston fue traído desde Kansas para dirigir las operaciones junto con Mudge. Cuando tuvieron la impresión de que Lucas estaba desilusionado con Cope, ya que éste se sentía explotado y mal pagado, inmediatamente le hicieron ofertas. Sin embargo, Lucas respetó el acuerdo con Cope y envió los restos de los huesos de su yacimiento a Filadelfia. El yacimiento alternativo de Mudge y Williston no tuvo éxito. Sólo extraían huesos friables y rotos de la dura piedra arenisca y celosamente miraban cómo los hombres de Cope estaban sacando huesos completos del esquisto más blando de su yacimiento. Después de que fracasara su intento de sobornar a Lucas, Marsh ordenó a sus hombres que volvieran a Morrison para recoger allí todo lo que pudieran, pero un grave deslizamiento de montaña casi mató a todo el equipo y el trabajo fue suspendido durante el resto de la temporada.

Una vez más, se sabe que Marsh tuvo conocimiento de Canyon City antes que Cope. En febrero de 1877, otro recolector de fósiles envió cartas en las que describía el descubrimiento de huesos de reptiles gigantes, algunos con cabezas articuladas de 50 centímetros de ancho. En este caso, Marsh tampoco siguió la pista y, sólo cuando Cope se interesó, Marsh decidió que el lugar era de valor científico.

A mediados de 1877, Marsh ya estaba completamente sobre aviso de la fantástica riqueza de reptiles fósiles que esperaban ser excavados en las rocas jurásicas de los Estados de las Montañas Rocosas. En julio, recibió una carta firmada con el seudónimo de «Harlow y Edwards», que le relataba el descubrimiento de un gran número de fósiles, que supuestamente pertenecían al perezoso terrestre gigante *Megatherium*, en rocas consideradas por los descubridores pertenecientes al período terciario. «Estamos deseosos de vender los fósiles que ya hemos conseguido —escribían Harlow y Edwards— y, también, el secreto de los otros».

«Un omóplato —informaron a Marsh—, medía poco menos de 1,5 metros. Aún no le hemos dicho nada a nadie —dijeron—. Nos gustaría mucho recibir noticias tuyas que siempre serán bien venidas, puesto que sabemos que es usted un geólogo entusiasta y un hombre de fortuna,

cualidades que siempre hemos estado deseosos de encontrar y, en especial, la última». Como signo de buena voluntad enviaron algunos huesos a New Haven para que Marsh los inspeccionara.

Marsh desempaquetó el perezoso gigante y fue recompensado con las vértebras, dientes, maxilares y huesos de los miembros del enorme *Brontosaurus* jurásico. Inmediatamente, telegrafió a Harlow y Edwards y les adelantó un cheque. Éste, naturalmente, no podía ser cobrado porque los descubridores habían ocultado su identidad verdadera para mantener secreto el hallazgo y su localización. Volvieron a escribir una carta a Marsh diciéndole: «Hay mucha gente que busca estas cosas y si nos localizan podrían hallar descubrimientos que ya hemos hecho». Marsh envió un cable urgente a Williston y lo despachó a este nuevo lugar de las excavaciones situado en Como Bluff, en Wyoming. Williston hizo correr la voz de que se iba a Oregón por si alguien intentaba seguirlo. (Estos sucesos parecen más un drama de espionaje de ficción que la exploración de fósiles; el secreto e incluso el engaño eran sintomáticos de la paranoia que se había apoderado de los campamentos rivales en su búsqueda de saurios gigantes). Los huesos estaban esparcidos en un área de *10 a 11 kilómetros*, escribió Williston sobre esta nueva localidad, «Canyon City y Morrison son sencillamente nada en comparación». No perdió tiempo contratando a los dos descubridores, los empleados del ferrocarril de Como, William E. Carlin y Bill Reed, y, en el curso de tres días, ya se habían resuelto todas las formalidades incluso antes de que Cope pudiera llegar a saber algo del trato. El acuerdo incluso estipulaba que Carlin y Reed debían tomar «las precauciones razonables para mantener fuera de la región a todos los buscadores de fósiles no autorizados por el profesor Marsh». Una precaución justificable, naturalmente. Al cabo de pocos días, un misterioso personaje apareció repetidas veces cerca del lugar haciendo preguntas sobre huesos y cráneos. Uno de los hombres de Cope, informó Williston. «¡Primero dijo que estaba vendiendo víveres!». Williston incluso obtuvo una muestra de su escritura para compararla con la de Cope, en el caso de que se tratara del archirrival de Marsh en persona.

De esta forma, comenzó la exploración en Como Bluff, donde un lugar albergaba quizá cientos de yacimientos en los que se desenterraban dinosaurios en un espacio de muy pocos años. Las intrigas continuaban. Los dos paleontólogos desarrollaron la extracción rápida de dinosaurios convirtiéndola en un arte refinado, con la esperanza de descubrir un nuevo lugar de excavación antes de que el otro supiera de su existencia. Eran comunes los incidentes violentos. Hombres que desertaban al campo contrario y se empleaban tácticas de mano dura para expulsar a los invasores, o para introducirse en un yacimiento rival. Los dinosaurios gigantes como el *Diplodocus*, *Camarasaurus* y *Barosaurus* fueron un tema común en los artículos científicos de Marsh y Cope. Se abrían yacimientos, se extraían todos los huesos y se cerraba todo en un espacio de tiempo de pocos meses o incluso semanas. Cuando el equipo de excavación abandonaba un yacimiento, machacaba los huesos restantes para evitar que cayeran en manos de su rival. Esta explotación sacó a la luz muchos fósiles que podrían haber pasado inadvertidos con otros métodos de exploración. En un yacimiento hubo mucha excitación por el descubrimiento del primer mamífero jurásico americano, una criatura «marsupial» primitiva, de la cual se pensaba que tenía parecido con el opossum y a la cual Marsh bautizó con el nombre de *Dryolestes*. (De hecho, ésta vivió en una época demasiado temprana como para haber sido un marsupial. Los marsupiales y los mamíferos placentarios no aparecieron hasta mediados del cretáceo, desarrollándose a partir de

mamíferos primitivos emparentados con los drioléstidos). Un aliciente tan espectacular como éste hizo que el mismo Cope acudiera a los yacimientos en busca de trofeos similares.

En 1878, la llegada de huesos gigantes de herbívoros a New Haven era tan masiva, que Marsh los escogió para un estudio especial, dedicándoles varios artículos. Al igual que Seeley antes que él, reconoció que estos dinosaurios gigantes cuadrúpedos eran algo distintos del resto y, oficialmente, los clasificó como saurópodos o «pie de lagarto» por sus pies con cinco dedos (en contraste con los bípedos que generalmente tenían tres dedos^[15]). Aunque Seeley ya había diferenciado estos dinosaurios como cetiosáuridos, ha sido el nombre de Marsh el que ha pasado al uso común.

Las excavaciones continuaron durante años, esforzándose Marsh y Cope en mantener la paz entre ellos. Se escribieron y publicaron numerosos artículos que describían a las criaturas que surgían de las rocas. Se descubrieron brontosaurios completos junto con estegosaurios acorazados, carnívoros gigantes como el *Allosaurus* e incluso dinosaurios del tamaño de un gato como el *Nannosaurus*. Se desenterró gran número de huesos del saurópodo *Morosaurus*. (El *Camarasaurus* de Cope: debido a que los dos paleontólogos estaban describiendo simultáneamente los mismos dinosaurios, la mayoría de las criaturas acabaron teniendo dos nombres). Cuando Marsh vio por primera vez el cráneo ridículamente pequeño de esta criatura monstruosa se sorprendió; su cerebro debía haber sido relativamente más pequeño que el de cualquier otro animal vertebrado. El gran ornitópodo bípedo *Camptosaurus* fue hallado en estos yacimientos, al igual que el delicado *Coelurus*, con huesos huecos y características semejantes a las de las aves (una criatura peculiar que, en un principio, Marsh no pudo clasificar, aunque a principios de 1880 reconoció que era un tipo de dinosaurio carnívoro). La bonanza duró doce años. Alrededor de 1889, la gran fiebre de los huesos ya había pasado. Los yacimientos fueron agotados y posteriormente muy pocos han proporcionado gigantes comparables.

Uno de los resultados del descubrimiento de saurópodos enteros en Como fue que Marsh fue capaz de reconstruir por primera vez estas criaturas con exactitud. El esqueleto de *Brontosaurus* hallado por Reed era casi perfecto. Todos los huesos procedían de un individuo y éste debía de haber medido en vida 15 metros de longitud. Marsh restauró su esqueleto en 1883 y acompañó su restauración con una descripción de la criatura.

La cabeza era notablemente pequeña. El cuello era largo, y, considerando sus proporciones, flexible, siendo la porción más ligera de la columna vertebral. El cuerpo era bastante corto, y la cavidad abdominal era de tamaño mediano. Las patas y los pies eran macizos y todos los huesos sólidos. Los pies eran plantígrados, y cada huella del pie debía de tener aproximadamente 0,8 metros cuadrados de extensión. La cola era larga y casi todos los huesos, sólidos.

La diminuta cabeza es lo primero que atrae la atención, ya que, en proporción con el cuerpo, es más pequeña que la de cualquier otro animal vertebrado conocido hasta ahora. El cráneo entero tiene un diámetro o un peso verdadero inferior a la cuarta o quinta vértebra cervical.

Una estimación prudente del tamaño del *Brontosaurus*, tal como ha sido restaurado

aquí, demostraba que en vida el animal debía haber pesado más de veinte toneladas. La cabeza y el cerebro tan pequeños y la delgada médula espinal, indican que se trataba de un reptil estúpido, de movimientos lentos. La bestia carecía completamente de armas ofensivas o defensivas o de una coraza dérmica.

En sus hábitos, el brontosaurio era más o menos anfibio, y su comida eran, probablemente, las plantas acuáticas u otra vegetación suculenta. Los restos generalmente se encuentran en lugares donde por lo visto los animales se habían encenagado^[16].

No fue la aceptación ciega de los puntos de vista tradicionales lo que provocó la preferencia de Marsh por la teoría de que se trataba de un saurópodo acuático. Había una característica que estos dinosaurios compartían con las criaturas verdaderamente acuáticas, como los ictiosaurios y las ballenas: los orificios nasales estaban situados en la parte trasera del cráneo, con frecuencia cerca o incluso entre medio de los ojos en lugar de hallarse en la punta del hocico. Las criaturas acuáticas corren el peligro de aspirar agua al respirar, de forma que es deseable tener los orificios nasales lo más altos posibles en el cráneo. Los orificios nasales estaban incluso situados en bóvedas en el *Brachiosaurus*, de forma que podían elevarse por encima del agua mientras que el resto del animal permanecía sumergido. A diferencia de Marsh, la reacción inicial de Cope respecto al *Camarasaurus* fue de que se trataba de una jirafa reptil, provista de un cuello maravillosamente alargado que capacitaba al animal para ramonear en las copas de los árboles. Con esta teoría, Cope, de buena gana, había llevado al animal a tierra por primera vez. Sin embargo, pronto abandonó esta idea y se unió a la opinión generalizada de que los saurópodos eran habitantes de los lagos, representándolos completamente sumergidos en el agua y de pie sobre el fondo firme del lago o paseando debajo del agua en busca de alimentos. Ocasionalmente, levantarían sus cuellos alargados para sacar la cabeza fuera del agua y tragar aire antes de continuar cogiendo la suculenta vegetación del fondo del lago^[17]. En profundidades incluso mayores, el animal, mantenido a flote por el agua, se levantaría sobre sus patas traseras para alcanzar la superficie a unos 9 metros o más del fondo del lago. El enorme saurópodo paseándose por el fondo del lago a salvo de todo peligro, levantando su cuello verticalmente a modo de periscopio a través de la superficie ha sido una noción popular desde los días de Cope. El biógrafo de Cope, Henry Fairfield Osborn, estaba de acuerdo de forma incondicional con su predecesor. Imaginó al *Camarasaurus* como a un gran cuadrúpedo vadeando por el fondo firme de los ríos arenosos del Wyoming jurásico o quizá nadando rápidamente cuando amenazaba peligro, propulsándose con la ayuda de su larga y fuerte cola. Una extensa cápsula cartilaginosa en las articulaciones de los miembros y la supuesta naturaleza cartilaginosa de algunos huesos de los tobillos y muñecas hicieron pensar a muchos expertos en dinosaurios que los saurópodos *nunca* podrían haber caminado sobre tierra firme sin oprimir las articulaciones de sus miembros y lesionarse a sí mismos. Osborn no estaba de acuerdo con esta opinión extrema. Sin embargo, él también describió al *Amphicoelias* viviendo la mayor parte del tiempo bajo el agua donde el flexible cuello, parecido al de un emú, era capaz de girar y volverse, elevándose verticalmente cada pocos minutos para coger aire. Esta «hipótesis de la función —dijo Osborn— es aplicable a todos los cetiosaurios, es decir, también al *Morosaurus* y *Diplodocus*^[18]».

Los brontosaurios, conocidos por los paleontólogos de finales del siglo XIX, tenían cuellos largos como las serpientes, de aproximadamente 5,5 metros de longitud, coronados por unos cráneos ridículamente pequeños con orificios nasales dorsales. Se pensaba que éstos actuaban a modo de excelentes tubos de respiración que permitían a los reptiles continuar su existencia submarina sin estorbos. Sin embargo, los primeros saurópodos descubiertos, aunque enormes según cualquier estándar, en modo alguno eran los dinosaurios con tubos de respiración más grandes que jamás hayan existido. El *Brontosaurus* de Marsh, de hecho, sólo medía 15 metros de longitud. Osborn estaba trabajando con un «individuo grande» de *Camarasaurus*, desenterrado por el equipo del Museo Americano de Historia Natural en 1897, una criatura que probablemente alcanzaba los 18 metros de longitud aproximadamente.

Después de que Marsh hubiera descrito los primeros escasos huesos de *Diplodocus*, en cada expedición en busca de fósiles se hacían añicos las grandes esperanzas de descubrir un espécimen realmente bueno. El caso de Osborn era típico. Encontró la punta de una cola de *Diplodocus* perfectamente conservada y procedió a seguirla, vértebra por vértebra, acortando el risco en el cual estaba encastrada. Pero, en lugar de que los huesos se hicieran más grandes y numerosos, se acabaron después de unos cuantos centímetros. Posteriormente, el Museo Carnegie de Pittsburgh se sumó a los esfuerzos para desenterrar estos prestigiosos gigantes, y fueron los equipos recolectores del museo, de 1899 y 1900, los que finalmente recuperaron el primer esqueleto imperfecto pero reconstruible de Albany County, Wyoming.

Estas expediciones al Oeste estaban patrocinadas por un hombre, tirano y héroe de la Era Dorada de América, Andrew Carnegie. Carnegie había ido escalando puestos, pasando de ser un mensajero telegráfico hasta convertirse en un magnate multimillonario del acero. En una época en la que el acero era el rey y el capitalismo no conocía ninguno de los refinamientos de los últimos tiempos, la implacable explotación que hacía Carnegie del hombre y de la tierra parecía estar completamente en armonía con la ética de la época, una ética al gusto de Carnegie. Carnegie justificó su carrera contra los contrincantes, su insaciable exigencia de una mayor producción y el sacrificio de sus trabajadores y colegas en aras de la eficiencia, como ejecución del modelo social darwinista. La marca de Herbert Spencer del darwinismo social halló un abogado idóneo en el mundo empresarial, después de la Guerra Civil Americana, y en Andrew Carnegie en particular: la competencia empresarial, que selecciona los elementos más débiles de la sociedad industrial, garantizaría la supervivencia de los más fuertes. La nueva ética capitalista, considerada por muchos como una ley de la Naturaleza, era el credo de Carnegie. (Herbert Spencer permaneció desvinculado del duro mundo descrito en sus escritos, prefiriendo el aislamiento de su hogar inglés. Cuando Carnegie finalmente lo introdujo al visitar Pittsburgh, ávido de enseñarle su Utopía industrial, fundada sobre los verdaderos principios de Spencer, el desinflado filósofo inglés se volvió a Carnegie con ojos tristes y se lamentó: «¡Seis meses de permanencia aquí justificarían el suicidio!»). Como apologista de su riqueza acumulada, Carnegie hablaba con confianza y enérgicamente: no se consideraba como su *propietario* sino meramente como su *guardián*. Y disgustando mucho a Spencer, Carnegie obtuvo una satisfacción aún más grande mediante la redistribución de su fortuna. De hecho, en su *Gospel of Wealth*, Carnegie adjudicó el primer

puesto a sus sabias disposiciones (estaba motivado por la creencia de que sus fundaciones actuarían como un estímulo para los otros para que se esforzaran tal como lo había hecho él^[19]). Así, en 1895, fundó el Instituto Carnegie en su ciudad natal de Pittsburgh y, poco tiempo después, construyó y equipó un museo. Carnegie invirtió 25 millones de dólares en el instituto en los primeros diez años, ayuda que le proporcionó a Pittsburgh algunos de los mejores esqueletos de saurópodo jamás encontrados. Sin embargo, el más célebre fue con mucho el *Diplodocus*.

J. B. Hatcher, el director del museo, intentó realizar en 1901 una reconstrucción en papel del *Diplodocus*, basada en los últimos hallazgos encontrados en Wyoming, pero relleno los huecos con los huesos de muchas otras colecciones. *Se pensaba* que la criatura resultante debía tener una longitud algo inferior a los 20 metros pero, tal como se supo posteriormente, ésta era una estimación demasiado baja. Las extrañas proporciones del *Diplodocus* se hicieron evidentes inmediatamente tras la restauración de Hatcher. Tenía un cuello extraordinariamente largo que contenía más de quince vértebras alargadas, una cola con más de 37 vértebras y un tronco relativamente corto en medio. Debido a que el espécimen de Carnegie se diferenciaba de las especies conocidas, fue bautizado con el nombre de *Diplodocus carnegiei* en honor al patrón del museo. Carnegie estaba encantado con esto y rehusó que se hiciera solamente una restauración en papel, encargándole a los naturalistas preparadores la tarea de realizar una reconstrucción esquelética de tamaño natural que correría a su costa. Mientras tanto, se habían descubierto en Wyoming nuevos especímenes del *Diplodocus* de Carnegie que estaban en mejor estado y, por lo tanto, fueron incorporados en la nueva restauración realizada por el sucesor de Hatcher, W. J. Holland. Se construyó un esqueleto completo, hecho con yeso mate, que fue expuesto en el Museo Carnegie. Se supo que muchas de las vértebras habían faltado en la restauración anterior de Hatcher. La cola no poseía 37 vértebras. Holland ahora tenía 73, y las carillas articulares de la última sugerían que aún no se había alcanzado la punta de la cola^[20]. La restauración del *Diplodocus carnegiei* en el Museo Carnegie medía más de 26 metros de longitud. Con casi 9 metros más de longitud que los hallazgos anteriores de Marsh y Cope. Constituía, con mucho, el animal terrestre más largo conocido. En relación con su tamaño, tenía uno de los cerebros más pequeños; una inmensa máquina dirigida por un diminuto centro de control, de modo similar a como el imperio del acero de Pittsburgh estaba dominado por un único hombre (analogía apoyada por los biógrafos de Carnegie).

Un antiguo fideicomisario del Museo Británico, que tuvo no poca influencia sobre el industrial de Pittsburgh, fue el rey Eduardo VII. El monarca inglés se había hospedado en casa de Carnegie y se maravilló con su *Diplodocus* restaurado, expresando de forma casual la esperanza de que algún día el Museo Británico tuviera la suerte de poder adquirir un monstruo de este tipo. Carnegie puso a trabajar inmediatamente a sus naturalistas, haciendo otra serie de moldes de su *Diplodocus*. En un breve espacio de tiempo, se había realizado un duplicado completo del dinosaurio de Pittsburgh que llegó a su debido tiempo al Museo Británico en enero de 1905. En abril también llegó a Londres el naturalista preparador jefe de Carnegie y asumió el control del montaje de los aproximadamente 300 huesos. La criatura era tan grande que no se pudo encontrar ninguna estancia para ella en la sala de paleontología, tal como era en aquel entonces, de forma que se montó en la galería de los reptiles (que más tarde se convertiría en la galería de los dinosaurios).

Los fideicomisarios organizaron la entrega formal el 12 de mayo y la galería rebosaba de científicos y paleontólogos eminentes (con unos cuantos lores) para que ayudaran a celebrar el momento. El profesor Ray Lankester, director del museo, presentó los actos mientras que Lord Avebury aceptaba el *Diplodocus* de Andrew Carnegie de parte de los fideicomisarios^[21]. El acontecimiento evidentemente impresionó a Carnegie ya que envió a Holland, en calidad de emisario, a los monarcas de otros países europeos y su *Diplodocus* fue presentado brevemente con gran pompa al emperador Guillermo y al presidente de la República Francesa. Los moldes también fueron enviados a los museos de Viena, Bolonia, La Plata, en Argentina, y a Ciudad de México. En cada ciudad, los naturalistas preparadores de Carnegie acompañaban las cajas de huesos de dinosaurio de escayola a fin de montar la criatura y Holland permanecía el tiempo suficiente para supervisar la instalación y actuar como representante de Carnegie durante la ceremonia de presentación. Este mismo *Diplodocus* es seguramente el objeto expuesto más impresionante en muchos de los mejores museos del mundo. Cada uno de los esqueletos tiene la fama de haberle costado a Carnegie 30 000 dólares, sumando los costes de su fabricación, el transporte hasta su lugar de destino y posterior montaje. Con una promoción tan espléndida, difícilmente puede sorprender que el *Diplodocus* sea uno de los habitantes más conocidos del antiguo mundo.

Durante todo este tiempo, nadie pensó en cuestionar el paso erguido de los saurópodos montados. El *Diplodocus* y su familia siempre habían sido restaurados en una postura similar a la de los elefantes, con las piernas colocadas debajo del cuerpo. Al igual que en los elefantes, las piernas funcionaban como puntales para mantener el cuerpo lejos del suelo. La primera reconstrucción de Marsh del *Brontosaurus*, en 1883, marcó el ritmo. Representaba a la criatura caminando con el cuerpo elevado por encima del cuerpo, sostenido por piernas con aspecto de columnas. «El ejemplo de Marsh fue seguido desde entonces servilmente», comentó un disidente, Oliver P. Hay, en Washington, en 1908. De hecho, el *Brontosaurus*, aun siendo una de las bestias más grandes y pesadas de todos los tiempos, había sido montado en el Museo Americano de Historia Natural con una ligera curva en sus piernas, haciendo que pareciera estevado. Sin embargo, el *Diplodocus* construido por Carnegie tenía las piernas completamente rectas.

¿Por qué en un principio se empleó una postura similar a la de los elefantes? Los dinosaurios bípedos fueron los primeros en ser conocidos en América y dominaron por completo los estudios sobre dinosaurios durante muchas décadas. Cuando Leidy y Cope encontraron criaturas fósiles con enormes patas traseras, inmediatamente pudieron observar una analogía con la fauna de nuestros días. Ésta, sin embargo, no se hallaba entre los reptiles sino entre los mamíferos. De forma que resulta comprensible que utilizaran el único modelo que estaba a su disposición y restauraran el *Hadrosaurus* y el *Laelaps* a modo de canguro. Esta imagen de dinosaurio estaba tan arraigada que, cuando Cope halló el primero de los gigantes saurópodos como el *Amphicoelias*, automáticamente pensó que éstos también habían caminado erguidos sobre sus patas traseras. Con el descubrimiento de las patas delanteras igual de macizas se vio forzado a asumir una postura cuadrúpeda para la criatura. Debido a que los dinosaurios bípedos como el *Hadrosaurus* eran capaces de caminar sobre sus patas delanteras —si los miembros estuvieran colocados debajo del cuerpo como lo están en los canguros cuando se desplazan sobre cuatro patas—, Marsh y Cope lo

usaron como su modelo. Simplemente alargaron las patas delanteras y adoptaron una postura resultante similar a la del elefante. Los saurópodos de Marsh, con las piernas colocadas debajo del cuerpo y mirando hacia delante, tenían la postura que Richard Owen había otorgado a sus bestias en Londres muchos años antes.

Cuando Carnegie distribuyó sus especímenes de *Diplodocus* (y los modelos a escala en miniatura) por todo el mundo, por primera vez los científicos estuvieron cara a cara con un reptil que tenía aspecto de mamífero paquidérmico. Con la llegada del *Diplodocus* a Londres, un conocido ilustrador inglés, F. W. Frohawk, claramente vio la paradoja en la reconstrucción de Carnegie y expresó sus dudas en *The Field*, en 1905:

El visitante de la galería de los reptiles del Museo de Historia Natural seguramente quedará sorprendido por la extraordinaria postura del esqueleto gigantesco y modelo en miniatura del *Diplodocus carnegiei*. Sería interesante saber la razón por la que se ha montado el espécimen con patas tan largas, como algunos paquidermos enormes. Ya que se trata de un lagarto gigante, ¿por qué no se le representa en la postura generalmente adoptada por estos animales? El esqueleto tiene el aspecto de pertenecer a algún mamífero grande. El modelo pequeño realizado por el Dr. Holland nos muestra a la criatura con el cuerpo y los miembros parecidos a los de un elefante, con un cuello de enorme longitud y una cola que parece la de una pitón inmensa. Parece razonable suponer que un animal con un cuello de longitud tan prodigiosa difícilmente lo soportaría de la manera representada, y que la mayor parte del cuello, cuerpo y conjunto de la cola probablemente reposarían en el suelo, y los miembros estarían colocados más lateralmente como en otros reptiles. Sin duda existe alguna buena razón para montarlo y modelarlo en esta postura; en el caso de que así fuera, sería grato recibir alguna información al respecto^[22].

Al año siguiente se hizo un intento de reconstruir uno de estos dinosaurios con miembros desparramados, en este caso el *Brontosaurus*. Dos asistentes, Otto y Charles Falkenbach, del laboratorio paleontológico del Museo Americano de Historia Natural, construyeron un pequeño modelo de *Brontosaurus* tomando como base a los cocodrilos. Los miembros del dinosaurio estaban orientados hacia fuera, de forma que la criatura parecía estar arrastrándose por el suelo con el vientre ligeramente elevado por encima del mismo. Este modelo fue exhibido en la reunión de la Sociedad Americana de Paleontología de los vertebrados que tuvo lugar en el museo ese año pero, por común acuerdo, se llegó a la conclusión de que representaba algo imposible.

El *Diplodocus* de Carnegie es el responsable de precipitar la verdadera sublevación, una sublevación que se haría tan internacional como el propio *Diplodocus*. Mientras Holland estaba haciendo la presentación al presidente francés, Hay —irónicamente, él mismo era receptor de una beca de otro de los beneficiarios de Carnegie, el Instituto Carnegie de Washington—, desafió la elección de la postura de esta criatura (independientemente parece de los auxiliares del Museo Americano). Es muy improbable, dijo, que el *Diplodocus* adoptara una postura erguida como la de un elefante. Los contemporáneos de Hay habían usado el enorme peso del animal como argumento para las piernas rectas. Con columnas a modo de pilares para sostener el cuerpo, el peso se

transmite directamente a través de las piernas al suelo. El peso de un animal se incrementa como el cubo de su longitud, mientras que su fuerza varía solamente como la sección transversal o el cuadrado. Cuando aumenta el tamaño, llega un momento en el cual el peso del dinosaurio finalmente supera a su fuerza para permanecer erguido, especialmente si las piernas están torcidas. El desarrollo de columnas de soporte rectas es el medio más eficaz para sostener este enorme peso. Hay, sin embargo, mantenía que el exceso de peso era un argumento *en contra* del modo de andar similar al de los mamíferos. Los dinosaurios no eran mamíferos sino reptiles, y los reptiles no caminan como los elefantes sino que se arrastran como los caimanes. «La idea de un dinosaurio reptador era difícilmente concebible», se lamentó Hay. No obstante, con todo el peso que debía soportar, el *Diplodocus* debía de haber tenido extremidades extendidas de forma que la mayor parte del tiempo podía estar tumbado sobre el vientre como un caimán. Los pies, supuso, estaban dirigidos hacia fuera en lugar de hacia delante, mientras que la rodilla y los codos se hallaban formando un ángulo recto como en los lagartos. Si el *Diplodocus* vivía en regiones pantanosas, además, estaría mejor dotado si se deslizaba como los cocodrilos. Al ser tan pesado, si hubiese caminado erguido sobre terrenos pantanosos pronto se habría encenagado inextricablemente y hubiese perecido de forma miserable. Continuó diciendo:

Es difícil entender por qué un animal cuyos antepasados inmediatos seguramente se desplazaban como los cocodrilos, un animal que era estúpido y probablemente lento de movimientos, un animal que mediante su largo cuello podía alcanzar la superficie desde el fondo y llegar desde la superficie hasta el fondo, por qué un reptil de este tipo tendría la necesidad de desarrollar la capacidad de vadear los fondos de los ríos como los mamíferos^[23].

El *Diplodocus* era una criatura perezosa (no por elección sino por necesidad) y podía arrastrarse fuera del agua sólo haciendo un gran esfuerzo. Su verdadero hogar eran los pantanos. Naturalmente, al *Diplodocus* con aspecto de cocodrilo le faltaba algo de la novedad inherente a un ser elefantino pero esto se podía remediar:

El escritor tiene la impresión de que nuestros museos, ocupados haciendo soportes y restauraciones de los grandes saurópodos, han dejado pasar la oportunidad de construir algunas representaciones curiosas de estos reptiles que se corresponderán más a su verdadera naturaleza. El cuerpo colocado en una postura típica de los cocodrilos sería menos, incluso nada impresionante, en comparación con una postura erguida; mientras que el cuello largo, flexible como el de un avestruz, podría ser colocado en gran variedad de posiciones elegantes.

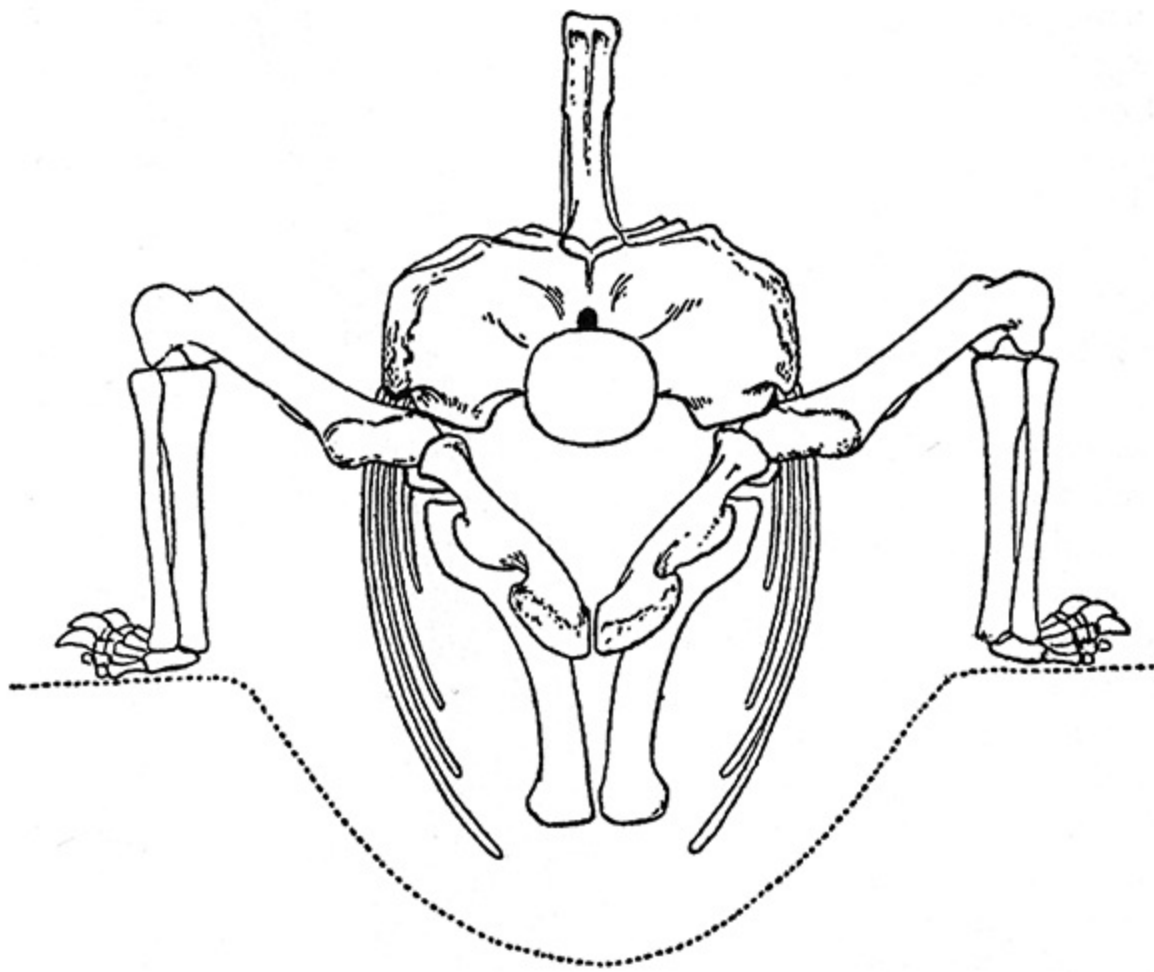
Hay dio vida a su *Diplodocus* en un dibujo que realizó en 1910^[24]. La escena que evocó podía parecerle realmente extraña a una generación que se había erigido sobre saurópodos elefantinos aunque probablemente no más extraña que el monstruo elefantino de Carnegie que vieron los

primeros visitantes ingleses.

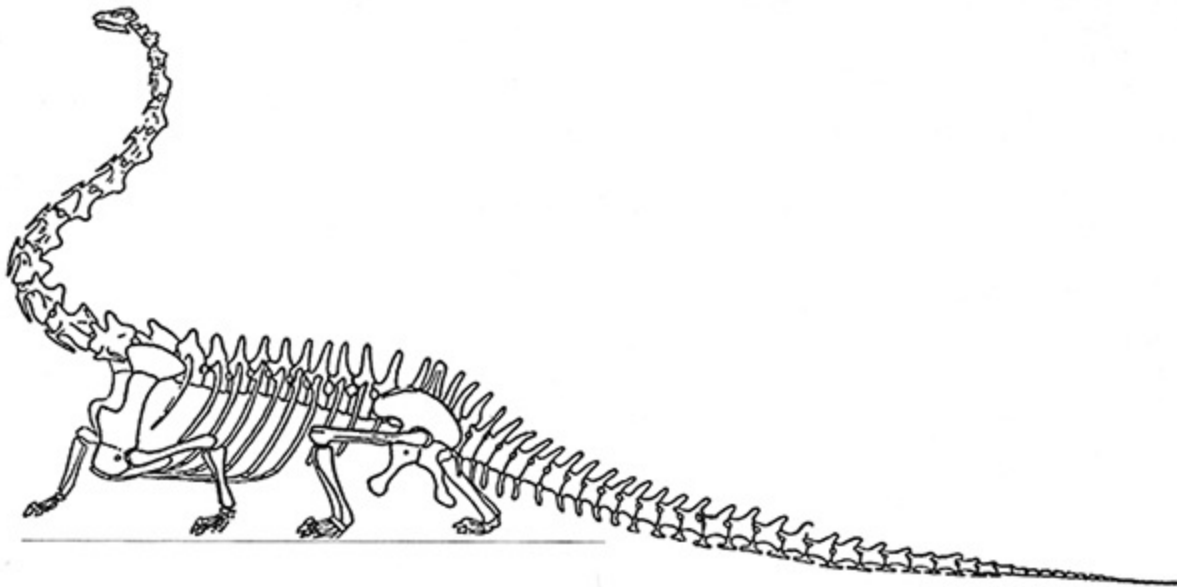


k. El *Diplodocus* «reptante» de Hay, restaurado según especificaciones características de los cocodrilos.

A consecuencia de la difusión del *Diplodocus* de escayola por todo el mundo se alzó una gran controversia. En Viena, Othenio Abel se inclinaba a favor de la postura similar a la de los mamíferos mientras que, en Alemania, Gustav Tornier se puso al lado de Hay, prefiriendo un cocodrilo que un mamífero. Debido a que el *Diplodocus* es un reptil, arguyó, nunca debería haber sido reconstruido en su primera forma con aspecto de mamífero y, como prueba de que la postura de cocodrilo no era imposible, hizo un esbozo de la restauración. Otros paleontólogos alemanes apoyaron la teoría de Tornier y se burlaron de sus homólogos americanos, por haber hecho una reconstrucción errónea de la criatura desde la cabeza hasta los dedos del pie. Esto fue demasiado y los paleontólogos americanos, puestos en ridículo, lanzaron una ofensiva dirigida contra los «naturalistas alemanes más limitados» como Holland los llamaba. Con la ayuda de un lápiz, dijo Holland, Tornier había dislocado las articulaciones y torcido los huesos, configurando una forma grotesca para el dinosaurio. Su monstruosidad habría sido completamente incapaz de realizar movimiento alguno. Dos décadas de trabajo de los estudiosos americanos más eminentes del dinosaurio habían sido borrados con éxito de un plumazo por Tornier. «Como contribución a la literatura de la caricatura, el éxito logrado es notable», fue la evaluación ridiculizante de Holland sobre la «monstruosidad esquelética» de Tornier^[25]. La única característica para recomendar esta reconstrucción, dijo uno de los paleontólogos europeos, era que justificaba la rápida desaparición de los saurópodos. ¡Teniendo todas las articulaciones dislocadas, estos animales debieron de haber sufrido una indescriptible agonía en vida!



l. Corte transversal a través del esqueleto de un *Diplodocus* de 10 toneladas restaurado en postura de lagarto. El intento de hacer del *Diplodocus* un dinosaurio de extremidades desparramadas fue un error fatal. Tal como observó sarcásticamente Holland, la profunda caja torácica del dinosaurio habría requerido un sendero en el suelo para que el animal pudiera reptar.



m. La «monstruosidad esquelética» de Tornier. El deforme *Diplodocus*, con todas las articulaciones dislocadas, debió de haber tenido una vida de indescriptible agonía.

El gesto de buena voluntad de Carnegie había degenerado en una discusión violenta

internacional con no poco orgullo herido por ambas partes. La «cruelmente convincente polémica» de Holland, tal como la llamaba acertadamente Matthew, en efecto silenció a Tornier y a sus seguidores. El gran conocimiento de Holland de los dinosaurios y de los reptiles modernos no era superado por nadie. El detallado estudio de las articulaciones de los miembros, cinturones y pies le llevó a afirmar, de forma bastante categórica, que el *Diplodocus* era «rectígrado», que caminaba erguido sobre extremidades con aspecto de pilares dirigidas hacia delante. El tamaño enorme de los dinosaurios de este tipo había hecho necesaria la presencia de extremidades colosales de soporte.

Las ideas de Holland fueron justificadas completamente a finales de 1930, cuando Roland T. Bird encontró las primeras huellas de saurópodos. En 1938 encontró en Glen Rose, Texas, una sucesión completa de huellas impresas en el barro cretáceo dejadas por un brontosaurio de 18 metros de longitud. La zancada del monstruo medía aproximadamente 3,6 metros de longitud, aunque la anchura de las huellas era de sólo 1,8 metros^[26]. Si el brontosaurio hubiese reptado como un cocodrilo con las piernas extendidas a ambos lados del cuerpo, la anchura hubiese tenido que ser mucho mayor. Ésta era la prueba inequívoca de que los brontosaurios y dinosaurios similares andaban firmemente erguidos.

La controversia se había convertido en historia. Desde nuestra perspectiva alternativa, y con la ayuda de una nueva serie de presuposiciones que apoyan nuestro punto de vista de los dinosaurios, podemos apreciar la paradoja con la que se encontraron nuestros predecesores. Los reptiles no pueden mantener un elevado gasto energético durante mucho tiempo y, por consiguiente, se ven obligados a descansar sobre sus vientres gran parte de sus vidas. Esto es válido incluso para los lagartos pequeños de peso insignificante. El problema de Hay era explicar cómo una criatura cuyo peso era enormemente superior al de un lagarto podía permanecer erguida. Los dinosaurios más grandes, como el *Brontosaurus* y el *Brachiosaurus*, pesaban entre treinta y ochenta toneladas cuando eran adultos (las estimaciones del peso en vida varían considerablemente). Hay habría tenido razón al creer que los dinosaurios nunca podrían haber permanecido de pie si se trataba de reptiles como los lagartos. Sin embargo, no lo eran. Los saurópodos probablemente eran animales de sangre caliente con un metabolismo que producía una gran cantidad de energía que les proporcionaba la producción de energía continua que necesitaban para mantenerse erguidos soportando un peso tan enorme. Se necesita un esfuerzo constante para mantener el cuerpo por encima del suelo y la energía de la que disponían los dinosaurios debió de ser mucho mayor que la disponible para un lagarto postrado o cocodrilo. Los dinosaurios adoptaban una postura similar a la de los mamíferos probablemente porque tenían una fisiología parecida a la de los mamíferos. Es difícil imaginar otra cosa.

La prueba para cualquier teoría buena consiste en su capacidad para explicar hechos previamente inconexos. Encontramos que la endotermia no solamente explica la postura de los dinosaurios sino que también nos ayuda a comprender por qué crecían tanto. Los dinosaurios no presentaban aislamiento alguno (excepto placas o escamas óseas en algunos) y perdían calor a través de su curtida piel. Cuanto mayor era el crecimiento del dinosaurio, más pequeña se hacía el área de superficie en relación con el volumen. Por lo tanto, una bestia más grande pierde relativamente menos calor que una más pequeña. Un elevado índice metabólico y la piel desnuda

les impidieron llenar el micronicho ocupado por los lagartos y pequeños mamíferos insectívoros. Los lagartos tienen bajos índices metabólicos y pueden tolerar temperaturas más bajas mientras que los mamíferos presentan un abrigo de piel aislante.

Los dinosaurios nunca podrían haber mantenido una temperatura constantemente alta si hubiesen disminuido de tamaño por debajo de un nivel crítico y hubiesen perecido por la exposición. ¿Es por lo tanto de extrañar que nunca se hayan encontrado microdinosaurios? Los dinosaurios estaban obligados a ser gigantes.

El reciente descubrimiento de un dinosaurio sin precedentes de 100 toneladas de peso crea otro problema. Si esta bestia inimaginable hubiese crecido uniformemente a lo largo de su vida como los reptiles, habrían transcurrido muchos siglos antes de que hubiese alcanzado su tamaño final. De hecho sabemos que los dinosaurios no vivían *tanto* tiempo (contando los anillos de crecimiento en sus huesos largos). Más bien el estudio de Ricqlés sobre los huesos de dinosaurio sugiere que los dinosaurios jóvenes crecían a un ritmo rápido, alcanzando rápidamente la madurez como los mamíferos y las aves jóvenes. Esto explica la escasez de fósiles; la mayor parte de la vida del dinosaurio transcurría siendo el animal ya adulto. Sin embargo, el metabolismo de un reptil simplemente no puede soportar estos brotes sostenidos de crecimiento juvenil: una prueba más de que los dinosaurios producían vástagos activos y vigorosos.

La mayoría de los expertos en dinosaurios han pensado que, a fin de poder soportar tantas toneladas de músculos y huesos, las extremidades en forma de columnas de los dinosaurios debieron de haber recibido alguna ayuda. Si el elefante es el mayor tamaño que los mamíferos terrestres actuales pueden manejar, preguntó Matthew, ¿cómo los dinosaurios pudieron alcanzar un tamaño tan superior? Suponía que, al igual que las ballenas, los saurópodos contaban con el agua para poder flotar. Aligerado de esta forma el peso de los pies, estos animales fueron capaces de crecer alcanzando proporciones gigantescas^[27]. El *Diplodocus*, con un cuello que medía hasta 6,4 metros de longitud, era un saurópodo extremadamente largo. Esta bestia podría haber continuado respirando hallándose en aguas de más de 9 metros de profundidad, siendo éste el lugar donde generalmente se encontraba. (En este sentido, el trotamundos *Diplodocus* fue aventajado con mucho por el *Brachiosaurus*, desenterrado sólo pocos años más tarde en Tanzania en África Oriental. Aunque no era tan largo como el objeto de valor máspreciado de Carnegie, el *Brachiosaurus* probablemente pesaba hasta ochenta toneladas en vida y las extremidades delanteras, desproporcionadamente largas, se combinaban con un sinuoso cuello que sostenía la cabeza que se alzaba a unos 12 metros de altura). Al igual que el *Brachiosaurus*, el *Diplodocus* presentaba unos orificios nasales en la parte superior de la cabeza situados entre sus ojos. También era considerado una criatura de alguna manera indefensa, razón de peso suficiente como para dejar al *Diplodocus* en el agua donde se supone que nunca se adentraban los carnívoros.

El *Diplodocus* parecía tener sólo unos dientes con aspecto de rastrillo y escasos alvéolos situados sólo en la parte delantera de la boca. Se pensaba que este aparato de masticación tan ineficaz funcionaba cogiendo las blandas y succulentas plantas acuáticas que los pies habían arrancado del fondo del lago. Esto era al menos como Hatcher pensaba que la criatura obtenía su

comida. También describió el ambiente en el cual vivía el *Diplodocus*. En la época jurásica, la región que actualmente es Colorado, Wyoming y Montana probablemente se parecían a la cuenca tropical del Amazonas, con numerosos lagos y ríos largos rodeados por una densa vegetación tropical con valles extensos y llanos sometidos a inundaciones periódicas^[28]. En medio de este exuberante follaje y en un clima caluroso y húmedo, vivía el enorme *Diplodocus* buscando constantemente vegetación suculenta. Desgraciadamente, el extraordinario desgaste observado en los dientes de la mayoría de cráneos de *Diplodocus* difícilmente se puede atribuir a una vegetación blanda, acuática. Los dientes grandes con aspecto de estaca que frecuentemente medían hasta 4 centímetros de longitud, estaban completamente desgastados y planos, formando un ángulo recto en los extremos y, debido a que los dientes de los maxilares superiores e inferiores no se rozaban unos con otros, hemos de buscar otra explicación. Holland sugirió que si estos dinosaurios eran herbívoros, como todo el mundo pensaba, el desgaste podría estar producido porque los animales se raspaban los dientes en la superficie de piedras mientras que arrancaban las plantas. Sin embargo, se inclinaba más a pensar que la materia áspera de los troncos de las cicádidas, tan abundante en las junglas del mesozoico, era su dieta corriente. Los dientes peculiarmente aplanados se aventuró a decir, se producían cuando los animales roían los troncos de los árboles para intentar llegar a la médula.

Resulta misterioso cómo estos dinosaurios obtenían suficientes alimentos para satisfacer las necesidades de sus enormes cuerpos, aunque el hecho de que tuvieran tanto éxito atestiguaba la falta de problemas para los saurópodos. Gustav Tornier sugirió que comían alimentos animales y que no eran en absoluto herbívoros. Esto, de hecho, les hubiese suministrado los alimentos nutritivos de forma mucho más compacta y probablemente necesitarían consumir menos para satisfacer sus necesidades diarias de ingesta de comida. La nueva sugerencia de Tornier era de que se trataba de comedores de pescado (sólo podían hacer pasar peces a través de sus diminutos cráneos), aunque más tarde se propuso que comían cantidades enormes de moluscos bivalvos de los cuales se sabe que vivían en abundancia a lo largo de las orillas de los lagos jurásicos. Si el *Diplodocus* arrancaba los crustáceos del fondo del lago, somos también capaces de explicar el extraño desgaste que presentaban los dientes de los animales, desgaste sugestivo del material duro y abrasivo de las conchas de los mejillones. El *Diplodocus*, dijo Holland, podría haber cogido los mejillones con sus dientes frontales cortantes y haberlos arrancado del fondo del lago. Es una hipótesis ingeniosa. Explicaría cómo una bestia gigante podía ingerir suficiente comida a través de una cabeza diminuta y por qué los dientes estaban desgastados de forma tan peculiar. Desafortunadamente, a pesar de una intensiva búsqueda, Holland nunca pudo encontrar montículos de conchas de mejillones tragadas en la región de los fósiles donde se suponía que se hallaba el estómago. Sabía de la existencia de varios especímenes de *Diplodocus* que tenían las vértebras y costillas en su sitio, pero nunca se halló algún tipo de contenido visceral. «Por lo tanto, hasta el momento no existe ninguna confirmación de la teoría de Tornier —suspiró Holland añadiendo—: ni tampoco, si vamos a eso, de la afirmación del profesor Marsh de que estas criaturas eran herbívoras. Confieso hallarme en la situación de verme obligado a comunicar que soy un agnóstico en lo que se refiere a la forma de cómo estas criaturas obtenían su comida^[29]».

Debido a que los dinosaurios vivían en el agua, siempre se pensaba que la comida debía ser

acuática. Hubo una o dos voces que estaban en desacuerdo con esta teoría. Henry Fairfield Osborn, del Museo Americano, observó que las vértebras de los saurópodos eran ligerísimas, siendo huecas y por lo tanto distintas a las de las ballenas. El Museo Brooklyn tenía un esqueleto de ballena de 23 metros de largo y un peso de casi 80 toneladas. Osborn estimaba que un esqueleto de saurópodo de la misma longitud pesaba poco más de la mitad de ese valor. «El hecho de que el esqueleto sea ligero es una adaptación sufrida para andar, correr o volar —añadió— y no para poder nadar; los animales nadadores necesitan la gravedad de su esqueleto debido a que, en el agua, la necesaria capacidad de flotación siempre es proporcionada por los pulmones y los tejidos blandos del cuerpo». Sin embargo, Osborn no quiso seguir esta línea de razonamiento hasta llegar a su conclusión lógica, sino que llegó a un compromiso declarando que la «extraordinaria ligereza de estas vértebras de dinosaurio podrían ser consideradas como una prueba de la suprema capacidad de propulsión de un enorme esqueleto durante las incursiones *ocasionales* hacia tierra^[30]». A los dinosaurios sólo se les permitía salir fuera del agua durante breves espacios de tiempo, según lo que se creía para poner huevos o para migrar a una charca cercana. Osborn, al igual que Cope en sus anteriores especulaciones, se imaginaba a los animales parando para ramonear en las copas de los árboles en su camino hacia un nuevo lugar de permanencia en el agua, e incluso los veía estirándose, apoyados sobre sus patas traseras, para alcanzar las hojas más altas. En una posición como ésta, los herbívoros se podrían haber defendido contra carnívoros más pequeños, alzándose cuando fueran atacados para asestar un terrorífico golpe con sus macizas patas delanteras^[31]. Sin embargo, éste no era el medio ambiente preferido por los saurópodos: la criatura sólo se sentía completamente a gusto en el agua. El reconocimiento de que tuvieron que salir a tierra para la reproducción fue un importante paso, aunque sobre la cuestión de la puesta de huevos no existía una opinión unánime. Matthew sostenía que los saurópodos podrían haber sido vivíparos como los ictiosaurios, trayendo al mundo (y al agua) crías vivas.

Estando fuera del agua, indudablemente estaban expuestos al ataque de los carnívoros, tal como prueban los restos de al menos un festín prehistórico. Un equipo del Museo Americano encontró huesos de brontosaurio del jurásico que presentaban muescas de dientes, a partir de las cuales montaron sus alosaurios inclinados sobre los restos de este esqueleto de saurópodo marcado con cicatrices. Debido a que los alosaurios siempre han sido considerados como animales terrestres, estos banquetes debieron de tener lugar en tierra donde el brontosaurio había muerto de forma natural o había sido abatido por los alosaurios. Cualquier duda concerniente a los hábitos anfibios de los brontosaurios fue disipada de forma espectacular por el descubrimiento de Bird de una serie única de huellas. Bird era escéptico respecto a la capacidad de los dinosaurios de caminar sobre tierra firme. El *Brontosaurus*, cuyo nombre literalmente significa «lagarto de trueno», desde luego habría hecho tronar el suelo bajo sus pies cuando pasaba, ya que pesaba lo mismo que media docena de elefantes. Las huellas encontradas en Texas habían quedado impresas en barro duro, que por sí mismas, no nos proporcionan mucha información sobre si los animales caminaban sobre tierra o en el agua. La primera pista de que había al menos algo de agua se obtuvo cuando, en el barro, no se pudieron hallar surcos de colas; la cola debía de haber flotado detrás del dinosaurio que caminaba por el agua. Si no hubiese habido agua, se arguyó, la cola con toda seguridad se habría arrastrado por el barro dejando un surco. Bird sólo llegó a encontrar un

surco de este tipo aunque existen pocas evidencias de que estuviera producido por la cola de un brontosaurio. ¿Es que los dinosaurios en realidad nadaban? Bird halló unas huellas notables en Bandera County, en Texas, que proporcionan la prueba inequívoca de que al menos un dinosaurio nadaba en el agua profunda. Las huellas pertenecen sólo a las patas delanteras ligeramente impresas en el fango; el animal estaba flotando y avanzaba dando patadas en el fondo del lago con los miembros delanteros. A continuación aparece, repentinamente, como si surgiera de la nada, una impresión única de una pata trasera y el animal cambia de dirección. El brontosaurio había hecho un giro en el agua dando patadas en una dirección diferente con las patas traseras. Ésta era la prueba completamente independiente de que los brontosaurios podían nadar^[32]. Estos descubrimientos desterraron como herejía las opiniones sobre los brontosaurios, braquiosaurios o el *Diplodocus* considerándolos cualquier cosa menos moradores de los pantanos o ciénagas, que sólo podían salir a tierra para reproducirse. En muchos casos, los saurópodos eran relegados a las profundidades de los lagos, sacando la cabeza cada pocos minutos para tomar aire.

Mientras tanto, en otra rama de la ciencia se estaban realizando estudios completamente independientes. Los fisiólogos alemanes de principios de este siglo, estaban intentando averiguar la presión máxima que un ser humano podía soportar bajo el agua siendo aún capaz de respirar. Los voluntarios eran atados con correas a tablas de madera y sumergidos en piscinas en una posición horizontal, permitiéndoles respirar a través de un tubo que salía del agua. Robert Stigler, que inició este tipo de investigaciones en el Instituto de Fisiología de la Universidad de Viena en 1911, descubrió que los sujetos (frecuentemente él mismo) eran físicamente incapaces de respirar si la tabla se sumergía a más de 90 centímetros de profundidad, haciéndose la presión ejercida sobre los pulmones demasiado grande. El propio Stigler intentó la misma proeza a una profundidad 1,8 metros, pero la catastróficamente elevada tensión arterial creada a una profundidad tan grande lesionó permanentemente su corazón. Los fisiólogos británicos comprobaron los resultados de Stigler, añadiendo que los sujetos sólo podían respirar cómodamente a una profundidad de 25 centímetros, a partir de los cuales la respiración se volvía dolorosa. La primera (y al parecer la única) que se dio cuenta de la importancia de estos estudios fisiológicos realizados en seres humanos, para los, en apariencia, remotamente relacionados dinosaurios, fue Kenneth Kermack del University College de Londres. En 1951, Kermack tomó los resultados de los fisiólogos alemanes y los aplicó a los grandes saurópodos con consecuencias inesperadas (inesperadas para el sistema basado en puntos de vista tradicionales que no habían cambiado desde la época de Cope aunque, sin lugar a dudas, Kermack ya había anticipado los resultados). Algunos de los saurópodos con largos cuellos alzados verticalmente podían alcanzar una altura de 12 metros, y se pensaba que en esta postura los animales estaban de pie sobre el fondo del lago actuando sus largos cuellos como tubos de respiración. Los animales tienen que expandir el tórax y los pulmones para respirar. Así, los pulmones de los *Diplodocus* habrían estado a una profundidad de aproximadamente 8 metros (a pesar de que el *Brachiosaurus* era más grande en conjunto, los miembros delanteros largos elevaban el tórax aproximándolo más a la superficie, situando los pulmones a la misma profundidad, más o menos, que en el *Diplodocus*). A esta profundidad, la presión es de aproximadamente 8 libras, la cual, si no aplastaba la tráquea (el tubo que pasa a los pulmones), sin duda habría impedido la expansión de los pulmones. ¡Para

poder respirar con presiones tan altas, el músculo respiratorio tenía que haber empleado una fuerza inmensa para tantas toneladas de peso^[33]! Los problemas de los saurópodos no acababan aquí. A fin de evitar el colapso y permanecer funcionales, los vasos sanguíneos debían tener una tensión arterial catastróficamente alta, estando el producto de la tensión arterial normal compuesto por la presión externa. Debido a que el aire en el interior de los pulmones (suponiendo que fueran capaces de resistir el efecto aplastante del agua) tenía una presión atmosférica normal, la sangre de los vasos pulmonares habría explotado dentro de los pulmones. Esta forma de aliviar la gran presión no podría haber sido resistida por los tejidos pulmonares y se habrían producido hemorragias fatales. (Siempre que, como en el desafortunado caso de Stigler, el corazón de los saurópodos no hubiese quedado primero irrevocablemente lesionado).

Kermack concluyó que era «extremadamente improbable» que los saurópodos hubieran logrado lo que los sujetos de Stigler no fueron capaces de conseguir. Incluso viviendo en aguas poco profundas, las criaturas habrían tenido que alzarse fuera del agua para respirar. De esta forma, Kermack socavó completamente la hipótesis de la «nariz acuática»: debido a que los animales *tenían* que salir fuera del agua para respirar, la nariz difícilmente podía haber sido un mecanismo de respiración para aguas profundas o un tubo de respiración. Las teorías de Kermack, publicadas en 1951, eran completamente opuestas al dogma imperante, dogma que no había tenido en cuenta la fisiología de los animales. Colbert contestó al desafío. «Por analogía con el hombre, la lógica de Kermack es razonable. Sin embargo, se podría cuestionar la conveniencia de basar este argumento sobre nuestro conocimiento de las limitaciones humanas en el agua. Después de todo, el hombre no es un anfibio o vertebrado acuático^[34]». Colbert, a continuación, procedió a usar un animal acuático como modelo para demostrar que las criaturas pueden sobrevivir bajo el agua. Las ballenas, señaló, pueden respirar en la superficie mientras el cuerpo está inclinado formando un ángulo agudo, dejando los pulmones a cierta profundidad. Sin embargo, como el propio Colbert admite, las ballenas y marsopas presentan una coraza de protección alrededor de los tubos de respiración para evitar el colapso. Quizá, sugirió Colbert, «los dinosaurios saurópodos presentarían algunas modificaciones en el aparato respiratorio que también los capacitaban para respirar mientras el cuerpo estaba completamente sumergido en el agua».

Kermack siguió teniendo sus dudas. Las ballenas emergen oblicuamente, admitió, pero el silbido que se oye cuando el orificio nasal sale a la superficie no se debe a que los pulmones espiran aire sino a la gran presión, existente a esa profundidad, que lo expulsa a la fuerza. Una ballena es una criatura marina demasiado especializada como para ser utilizada para la comparación con los dinosaurios. Las modificaciones estructurales tales como la pérdida de los miembros para caminar se acompañan de grandes adaptaciones fisiológicas a la presión del agua. Los saurópodos eran bestias cuadrúpedas, e incluso los defensores acuáticos más apasionados están de acuerdo en que el animal podía caminar sobre tierra, aún a pesar de que prefería vivir en los estanques. Las ballenas sólo están adaptadas a un tipo de vida, la del océano; fuera del agua se ahogan debido a que los pulmones no se pueden expandir sin la ayuda de la capacidad de flotación proporcionada por el agua. Los dinosaurios son tetrápodos especializados para la vida sobre tierra y difícilmente son comparables a los mamíferos marinos más especializados^[35].

Las refutaciones como la de Kermack no tienen una acción instantánea; la Ciencia sólo

abandona sus teorías mimadas con mucha reticencia; la vena conservadora prolonga la vida de las teorías tradicionales, incluso después de que éstas se hayan vuelto insostenibles, al igual que el impulso adquirido por un coche cuando es conducido demasiado de prisa y es incapaz de parar abruptamente. Kermack posiblemente sembró, en sus propias palabras, una «grave duda» sobre el modo de vida habitualmente aceptado para los saurópodos, pero la revisión de los libros de texto, publicados dos décadas más tarde, demuestra la poca atención que recibieron sus teorías. Seguimos encontrando saurópodos representados de pie en los fondos de los lagos arrancando plantas acuáticas con sus «débiles» dientes^[36]. «La mente humana —escribió Antoine Lavoisier, el químico francés guillotinado durante la Revolución Francesa— se ve doblegada a una forma de ver las cosas». Se podría añadir que la resultante mente colectiva sufre no menos ya que continúa, mediante adoctrinamiento, de generación en generación. Aquí se impone un ejemplo chocante. Desde el comienzo de la época victoriana, cuando Owen cimentó su reputación en base a un «lagarto ballena» acuático, los saurópodos han sido perseguidos por esta imagen acuosa. Si Cuvier no hubiese nunca pontificado sobre las costillas de *ballena*, ni Owen sobre los «lagartos *ballena*», es concebible que hasta hoy no habría existido un solo brontosaurio con tubo de respiración que viviera en los fondos de los lagos. Sin embargo, esta opinión no es objetiva. Más bien, esta tendencia surgió a raíz de, lo que retrospectivamente parece ser, una serie de interpretaciones erróneas y los saurópodos «cetáceos» rápidamente se convirtieron en una verdad científica indiscutible. Esta visión sobrevive hasta nuestros días. El pensamiento científico de cualquier época debe más de lo que se piensa a su pasado, y sólo comprendiendo el origen de las creencias heredadas podemos apreciar la continuidad de su valor.

Durante veinte años, Kermack no halló apoyo alguno. El cambio de la opinión general se produjo en 1971 cuando Robert T. Bakker presentó una visión radical del brontosaurio en un artículo publicado en *Nature*^[37] (aunque ésta no era la primera vez que había expresado sus ideas). Bakker se había desviado aún más de las ideas tradicionales, afirmando que los brontosaurios eran habitantes de las llanuras y de los bosques como los elefantes y las jirafas. Reunió una gran cantidad de pruebas para la crítica de las teorías imperantes, socavando sucesivamente todos los argumentos a favor de una existencia acuática. En relación con la situación elevada de los orificios nasales, Bakker argumenta que esto también se puede observar en la iguana terrestre y los lagartos monitores del desierto. Además, los animales acuáticos hacen poco uso de su sentido del olfato y sólo poseen unos orificios nasales pequeños. En los brontosaurios, el órgano nasal y su abertura en el techo del cráneo son grandes; obviamente presentaban un sentido agudo del olfato. El gran desgaste de los dientes observado en muchos brontosaurios, sugiere que se alimentaban, no de plantas acuáticas blandas, sino de la basta vegetación terrestre. Sin embargo, el principal soporte de la teoría de Bakker lo constituía la similitud existente entre la construcción de los brontosaurios y de los elefantes. Los animales acuáticos, como los hipopótamos, presentan miembros cortos y un tórax poco profundo, a diferencia de los brontosaurios y elefantes que tienen miembros largos y un tórax profundo. Los hipopótamos, que flotan en el agua, tienen miembros débiles, flexionados en las rodillas y los codos. En contraposición, las patas con aspecto de columnas de los brontosaurios se parecen a las de los elefantes y debieron de ser utilizadas para transportar la criatura por tierra firme. Si los brontosaurios eran moradores del agua no hubiesen

necesitado unos miembros tan macizos. Sus pies tampoco estaban adaptados para caminar sobre el barro; los dedos de los hipopótamos están extendidos para lograr un mayor soporte en el suelo blando, mientras que los elefantes y los brontosaurios tienen dedos cortos revestidos de unas almohadillas carnosas (las huellas de saurópodos también presentan estas características). En conjunto, parece que los brontosaurios vivieron una vida similar a la de los elefantes en la época mesozoica. ¿Podemos aproximarnos aún más con nuestra analogía?

¿Por qué los brontosaurios poseían cuellos largos si éstos no se hacían servir a modo de tubos de respiración? Los miembros largos y un cuello largo se dan en los animales terrestres, como la jirafa, donde se utilizan en gran medida para incrementar la capacidad de forrajear, proporcionando una gran ventaja en la búsqueda de comida. La jirafa es capaz de ramonear las hojas más altas de un árbol a las que no llegan las otras criaturas y, sin duda, los brontosaurios también encontraron ventajoso disponer de este amplio margen vertical. Esto hacía posible que pudieran ramonear entre las copas de las cicádidas y pinos comunes de su mundo (las cicádidas y las coníferas eran muy abundantes en la flora de Morrison mientras que apenas se sabe de la existencia de vegetación pantanosa). Las criaturas acuáticas como los hipopótamos, por el contrario, son compactas y presentan unos cuellos y miembros cortos debido a que las plantas acuáticas son más abundantes en las aguas poco profundas.

Si los saurópodos hubiesen escapado al agua en caso de peligro, sin duda habrían sellado su propio destino. Los alosaurios que los perseguían estaban provistos de extremidades traseras largas y fuertes con dedos extendidos, el tipo de pie que está bien adaptado para proporcionar fuertes golpes en el agua. Los saurópodos no podrían haber escapado de estos carnívoros nadando ni tampoco corriendo. Probablemente, los saurópodos formarían grupos para rechazar a los atacantes, quizá, tal como sugirió Osborn, alzándose sobre sus patas traseras y usando sus patas delanteras como armas formidables.

El modelo de jirafa del brontosaurio, modelo que Cope se vio obligado a abandonar por falta de pruebas, ha sido rehabilitado completamente por Bakker. A raíz de la revisión benévola del artículo de Bakker publicada en la misma edición de *Nature*, se hace patente que este concepto del saurópodo está logrando la aprobación general. *Nature* es una de las revistas científicas más importantes, de forma que cualquier opinión favorable de sus augustas columnas es de no poca importancia. El ataque anatómico de Bakker, afirmó el artículo de fondo, dejando fuera de toda duda la conversión del crítico, «destruye completamente» y de una vez por todas la hipótesis acuática^[38]. Desde luego el peso combinado de los argumentos de Kermack y Bakker es impresionante.

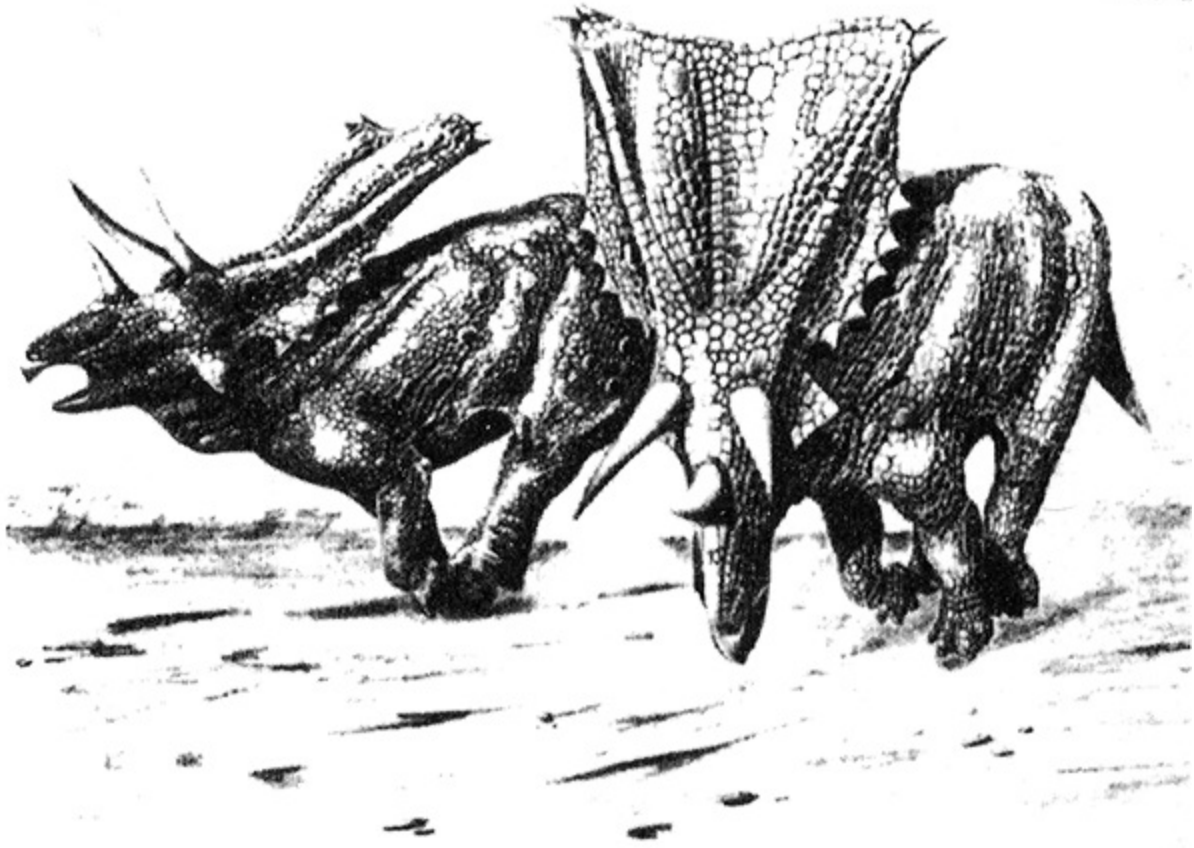
Sin embargo, aún persiste una prueba firme en contra de esta teoría. ¿Cómo podemos explicar la fotografía de las impresiones aisladas de las patas delanteras de un brontosaurio realizada por Bird? Este hecho por sí solo demuestra que los brontosaurios debieron de aficionarse al agua al menos en algunas ocasiones. Quizá, como los elefantes, se sumergían regularmente para evitar que la piel se agrietase y para eliminar los parásitos externos. La mayoría de los mamíferos grandes visitan regularmente charcas de agua. Desgraciadamente, las huellas de brontosaurios, por su naturaleza, sólo pudieron quedar impresas en el barro alrededor de estas charcas, de forma que sería de *esperar* que encontráramos pruebas de que los animales en ocasiones se revolcaban en el

barro como los elefantes. Pero esto apenas justifica que los brontosaurios sean declarados animales acuáticos al igual que los elefantes. El debate sin duda continuará.

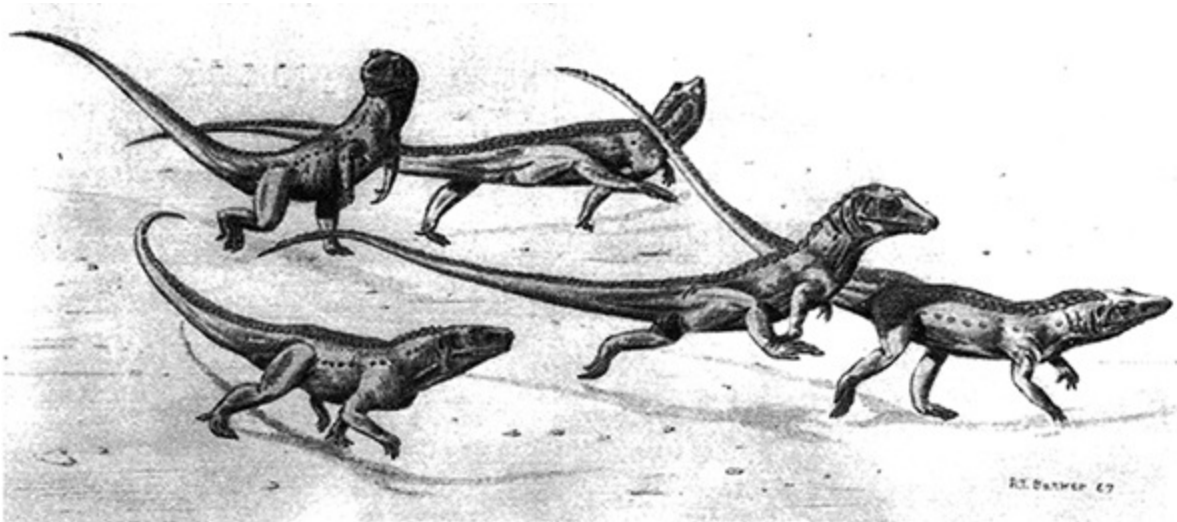
Bakker concluyó su informe sobre los brontosaurios con una nota sobre el rara vez mencionado papel ecológico desempeñado por estas bestias majestuosas.



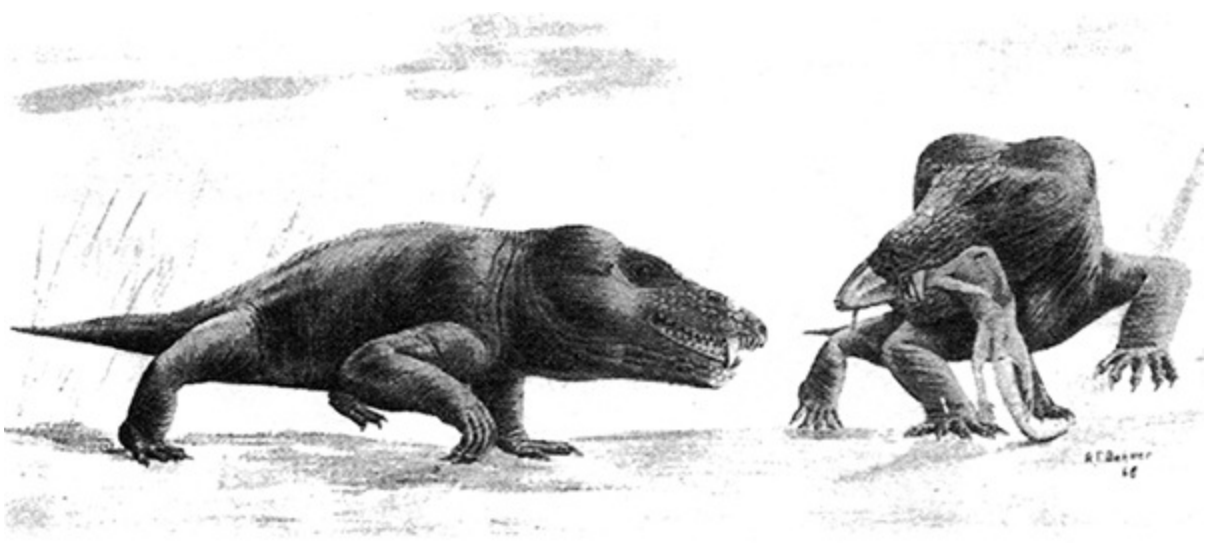
Poco después de localizar las primeras huellas de saurópodos en Glen Rose en 1938, Roland T. Bird descubrió esta espectacular huella que fue interpretada como un brontosaurio perseguido por un carnívoro. Las huellas de brontosaurio de 90 centímetros de largo, están flanqueadas a la izquierda por las huellas de tres dedos de un carnívoro del tipo *Allosaurus*.



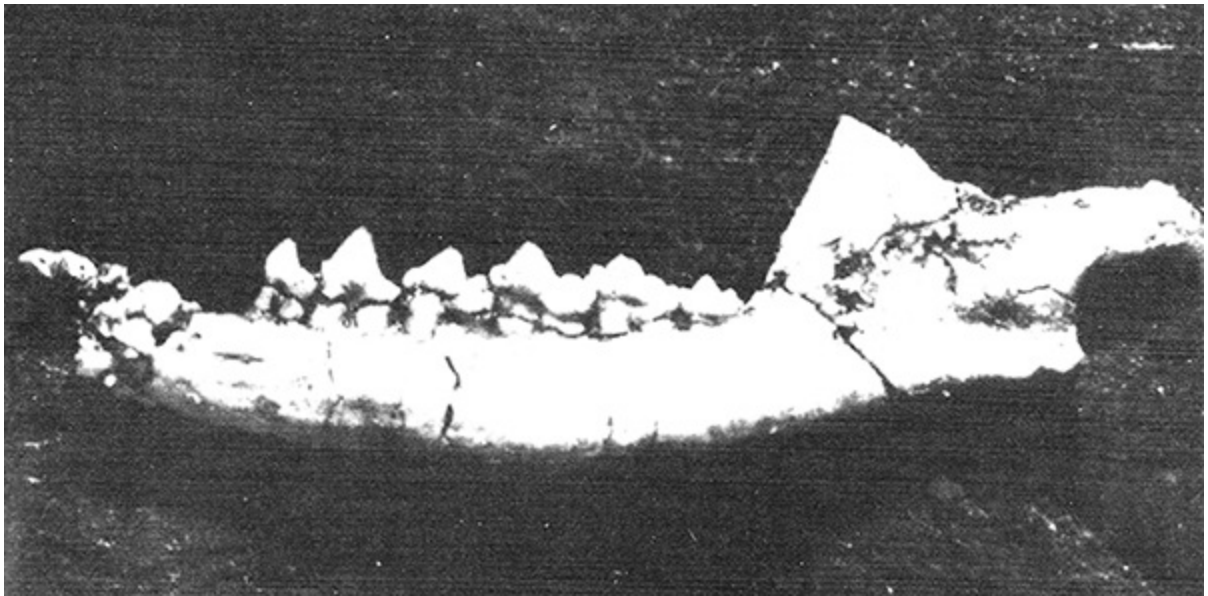
Las investigaciones de Baker sobre la mecánica de los miembros de los dinosaurios sirven para destacar el parecido entre los dinosaurios y los grandes mamíferos. El ceratópsido *Chasmosaurus* alcanzaba los 5 metros de longitud y se parecía mucho a los rinocerontes, y probablemente compartía la disposición a atacar de los rinocerontes.



A principios del triásico, hace 210 millones de años, los pequeños tecodontes pseudosuquianos se convirtieron en los primeros animales que caminaron erguidos. Aunque el hecho de colocar las patas debajo del tronco incrementaba la zancada, ello solo podía ser aprovechado bien si se podía mantener la producción rápida de energía. El *Euparkeria* (arriba) estaba transformando simultáneamente la postura y el metabolismo. Los tecodontes emparentados fueron los responsables de la explosión de los dinosaurios en detrimento de los reptiles semejantes a los mamíferos.



El *Cynidionathus*, que vivió a comienzos del triásico, era un terápsido con extremidades semidesparramadas, semejante a un lobo que media aproximadamente 1,20 metros de longitud. Los terápsidos comenzaron a menguar cuando los ágiles tecodontes se desplazaron hacia su territorio



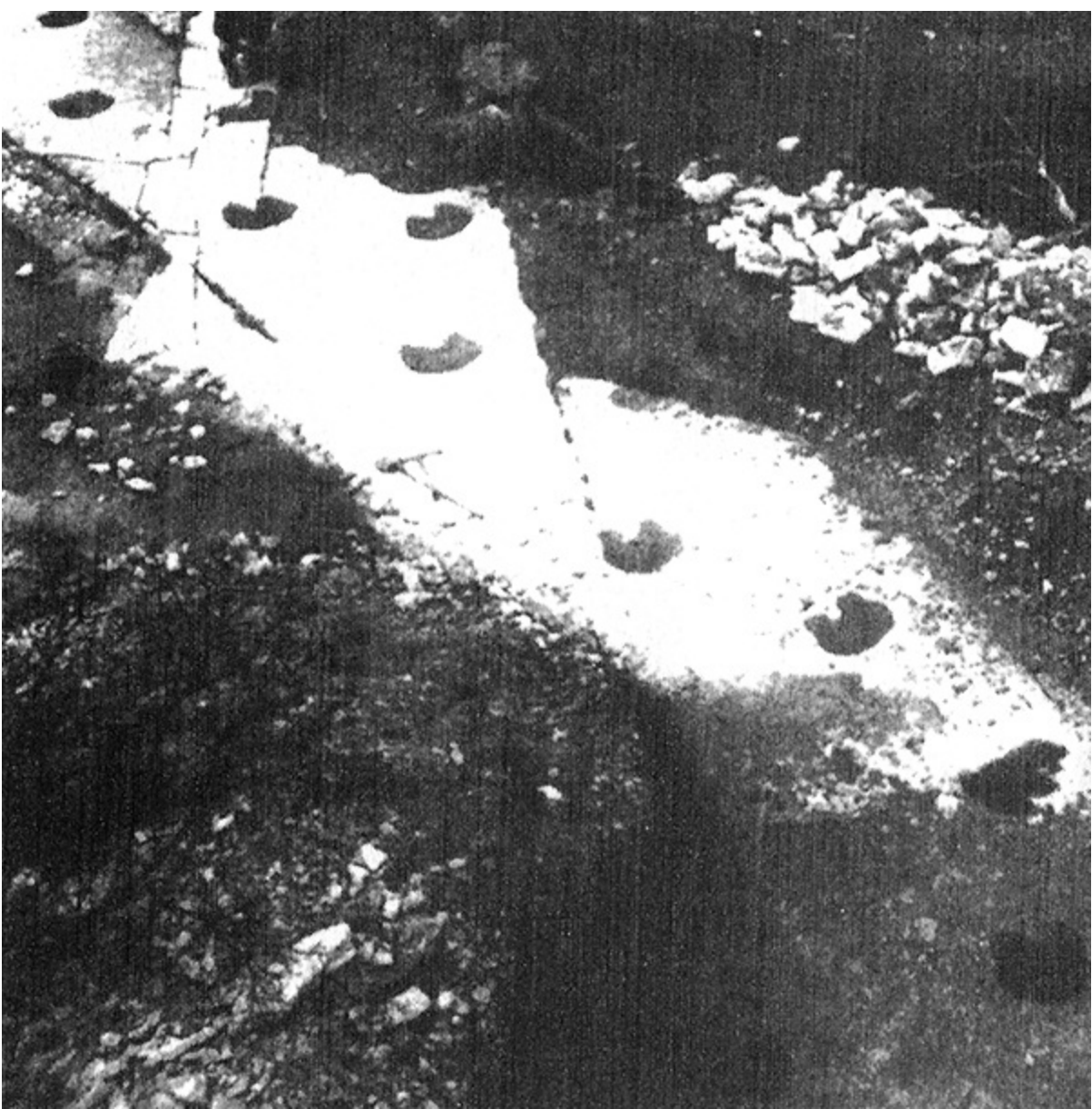
El maxilar alargado del *Morganucodon*, uno de los primeros mamíferos. El maxilar, de 15 mm de longitud, procede de las fisuras de finales del triásico de Gales.



El *Morganucodon*, que quedó abandonado en su isla galesa en el mar de Tethys del triásico, probablemente se alimentaba de carroña o comía escarabajos.



El dinosaurio-avestruz *Struthiomimus*, al igual que tantos celurosaurios gráciles y de cuello largo, ha sido encontrado frecuentemente en una postura contorsionada. Esto se debe al estiramiento de los ligamentos del cuello después de la muerte.



La prueba más persuasiva de que los brontosaurios se metían en el agua son estas huellas de las patas delanteras de un brontosaurio que sólo pudieron haber sido hechas estando el animal flotando en el agua.

El impacto de los brontosaurios sobre la ecología terrestre mesozoica debió de ser enorme. Las manadas de las diferentes especies saurópodos simpátricas debió de despejar los espesos bosques y evitar que la maleza se volviera densa, tal como es el caso de los elefantes en África. Los dinosaurios herbívoros más pequeños, adaptados a los bosques abiertos y a las llanuras, debieron de depender de los saurópodos que impedían que estos hábitats fueran cubiertos por una espesa jungla^[39].

La referencia a las manadas es interesante y nos lleva a otro aspecto de los saurópodos que nada tiene que ver con los reptiles. Hitchcock, tal como recordarán los lectores, hizo observaciones sobre las numerosas huellas *paralelas* de sus «aves» del valle Connecticut, y las utilizó como prueba de la presencia de bandadas; sus «aves» eran, naturalmente, dinosaurios. Las vidas de los dinosaurios probablemente tenían una organización mucho más compleja de lo que generalmente se piensa. A diferencia de los lagartos solitarios, muchos dinosaurios eran gregarios,

viajando en manadas como los elefantes y antílopes, desplazándose continuamente en busca de pastos frescos para satisfacer su voraz apetito. Bird fue el primero en darse cuenta de esto como resultado de sus estudios sobre las huellas de dinosaurios. En su yacimiento de Bandera County, en Texas, descubrió una «guarida» de dinosaurios como en un principio la llamó. Al inspeccionarla más detenidamente, se hizo evidente que todos los brontosaurios, 23 individuos en total, habían pasado en la misma dirección y que, tal como sospechó, habían sido conducidos hacia una meta común. Uno o dos carnívoros solitarios habían pasado antes pero la manada claramente había atravesado el lugar como una unidad. En otras partes encontró las huellas de un gran dinosaurio que se había desplazado perezosamente, a veces arrastrando un pie antes de levantarlo, seguido de otros quince brontosaurios que paseaban despacio, «como vacas que vuelven a su vereda^[40]». Si los saurópodos eran criaturas de manada, la incapacidad de Bird de hallar surcos de colas cerca de las huellas fósiles tiene una explicación sencilla. Estas bestias seguramente no se hubiesen atrevido a arrastrar por el suelo sus largas colas de 9 metros de largo, por miedo a que las pisasen los miembros de la manada que las seguían de cerca; en lugar de ello, las colas debían de ser mantenidas rígidas en el aire para que no pudieran lesionarse.

La teoría de que los dinosaurios eran animales de manada ha sido apoyada recientemente por un estudio, realizado por John Ostrom, sobre las huellas encontradas en Holyoke, en Massachusetts. Este lugar tiene una edad geológica más antigua y todas las huellas se componen de pies con tres dedos. Éstas pueden ser clasificadas en tres grupos por su tamaño, siendo las más grandes las más abundantes (es posible que algunas de las huellas más pequeñas fueran hechas por animales jóvenes de la misma especie). 134 huellas individuales forman 28 sucesiones de huellas, y 23 de estas sucesiones de huellas pertenecen a las bestias de pie grande. 20 de estas últimas sucesiones de huellas están orientadas en una misma dirección, hacia el Oeste, mientras que las huellas más pequeñas parecen estar esparcidas en todas las direcciones.

Los dinosaurios no podían haber estado ramoneando, ya que se hubiesen producido huellas erráticas al ir los animales de un lado a otro. Parece que estuvieron viajando como grupo que comparte un objetivo común. Las huellas que se desvían indican que no existía barrera física para los movimientos en otras direcciones. Por lo tanto, el grupo no estaba siendo «canalizado», por ejemplo, por tener que pasar por encima de un banco de arena situado entre dos lagos adyacentes. La probabilidad de que estas sucesiones de huellas estuvieran orientadas en una misma dirección, si los individuos no eran miembros de una manada, es fenomenal. ¡Ostrom calculó que las probabilidades eran de 2×10^{21} : 1 en contra! Por lo tanto, parece sensato concluir que estos dinosaurios no eran individuos solitarios sino miembros de una manada con una meta en perspectiva^[41].

Uno de los problemas más fascinantes es el de la jerarquía social. Si los dinosaurios tenían una capacidad mental tan limitada, ¿cómo podrían haber participado en una manada estructurada? ¿Había un líder y una jerarquía subordinada de machos y hembras; un harén de hembras perteneciente a un macho dominante; y una guardería para los jóvenes? ¿O quizás una organización de este tipo estaba fuera del alcance de la capacidad de los dinosaurios? Bird se imaginaba, que junto con las manadas, viajaban brontosaurios jóvenes. Bakker incluso propuso una estructura interna para el grupo, quizá con los animales jóvenes protegidos por un grupo de

adultos. Con toda seguridad, los animales jóvenes debían de ser muy vulnerables. Los brontosaurios adultos dominaban a todos los enemigos contemporáneos y, al igual que los elefantes, probablemente serían bastante inmunes a los ataques aunque los dinosaurios jóvenes no compartían esa ventaja.

Los restos de saurópodos adultos se encuentran abundantemente y, sin embargo, los fósiles de animales jóvenes son muy escasos. Por analogía con los reptiles, se ha sugerido que existía una mortalidad explosiva en los primeros años de vida, pudiendo sólo unos pocos individuos alcanzar la edad adulta^[42]. La probabilidad de supervivencia de las tortugas jóvenes, por ejemplo, es reducida, y a fin de garantizar que exista un número suficiente de animales que sobrevivan, deben ponerse gran cantidad de huevos. Quizá los jóvenes saurópodos eran víctimas fáciles de los alosaurios que acechaban a las manadas. Sólo cuando los supervivientes alcanzaban un umbral crítico de tamaño se volvían inmunes a los ataques y su futuro estaba asegurado.

Si los saurópodos ponían nidadas de huevos, ello hace surgir algunos problemas logísticos interesantes. Existen limitaciones físicas respecto al tamaño que puede alcanzar un huevo. A medida que el volumen de líquido dentro del huevo aumenta, la cáscara se debe volver más gruesa a fin de poder resistir la presión, y llegaría un punto en el que la cáscara sería demasiado gruesa e impediría a los jóvenes salir del huevo. Por lo tanto, los saurópodos gigantes podían poner huevos que no eran más grandes que aquellos de los dinosaurios mucho más pequeños. Esto crea dos problemas. En primer lugar, si los huevos eran colocados en la arena o suelo cálido hasta la eclosión de las crías, ¿cómo los jóvenes dinosaurios podían encontrar el camino hacia la manada que se encontraría a muchas semanas de distancia en el momento de la salida del huevo? En segundo lugar, ¿cómo podía un diminuto dinosaurio recién salido del huevo, de tamaño no superior a un lagarto grande, evitar ser pisoteado por los adultos que podían alcanzar alturas similares a edificios de tres pisos? Por lo tanto, uno se pregunta si existían saurópodos que daban a luz crías vivas mientras estaban en movimiento. Los jóvenes habrían tenido un mayor tamaño y, rápidamente, se habrían unido a la manada que le hubiese proporcionado una protección inmediata. También significa que en la manada hubiesen tenido que nacer menos animales jóvenes debido al mayor potencial de supervivencia. Al haber menos animales jóvenes, un crecimiento rápido y una expectativa de vida de probablemente un siglo, existiría un relevo lento de la población y una propensión hacia adultos verdaderamente grandes tal como se observa en los fósiles encontrados.

La cantidad de comida requerida para abastecer a una manada debió de ser enorme. Debido a que los brontosaurios podrían haber tenido un índice metabólico similar al de los elefantes, probablemente necesitarían la misma cantidad de comida en relación con su peso corporal. Un elefante de tres o cuatro toneladas necesita una tonelada de paja al día^[43], de forma que un dinosaurio de treinta o cuarenta toneladas de peso podría haber consumido media tonelada de vegetación cada día. Suponiendo que cada miembro del grupo consumía esta cantidad de hojas y frutas, la manada se habría visto obligada a desplazarse constantemente a fin de evitar tragarse su entorno inmediato.

La objeción más seria a esta teoría es la dificultad de imaginarse a un *Diplodocus* o *Brontosaurus* tragar estas cantidades inmensas de comida cada día a través de una cabeza no

mayor que una de sus vértebras. (Es interesante observar que los orificios nasales posteriores le permitían al saurópodo pasar constantemente comida a través de su boca sin tener que interrumpir la respiración, la nariz «acuática», de hecho, hacía las veces de paladar secundario). Al igual que los mamíferos ramoneadores de las llanuras que viven actualmente, los brontosaurios probablemente dedicaban muy poco tiempo a dormir durante el día, buscando constantemente forraje. La ausencia de dientes para mascar no constituye un problema tan difícil de explicar. El *Diplodocus* cortaba los brotes, frutos, ramas y hojas con los incisivos con aspecto de estaca situados en la parte anterior de la boca. Al faltarle los molares gigantes que el elefante utiliza para moler su comida, el *Diplodocus* se veía obligado a tragar la vegetación sin masticarla previamente. Las aves tampoco tienen dientes, pero logran el mismo efecto utilizando piedras estomacales. En la molleja (una forma de preestómago), la comida es molida por estos guijarros por la acción removedora de las paredes de la molleja, de forma que lo que pasa al estómago se diferencia poco de la comida bien masticada de los mamíferos. En un dinosaurio herbívoro — aunque no se trataba de un saurópodo— descubierto por una expedición del Museo Americano a Mongolia, se encontraron 112 piedras o gastrolitos muy bien pulidos en la región estomacal. Existen pocas dudas de que éstos eran una parte integral de su mecanismo digestivo^[44]. De forma que quizá los grandes saurópodos también tragaban guijarros para facilitar la digestión. Se ha encontrado un espécimen de *Barosaurus* con siete de estos gastrolitos característicos relacionados con él. Estos guijarros tan bien pulidos se encuentran frecuentemente en las capas rocosas que albergan huesos de dinosaurios. En los lugares donde son numerosos los esqueletos de dinosaurios como, por ejemplo, los lechos del cretáceo inferior de Montana, existen literalmente miles de estas piedras esparcidas por la región, probablemente regurgitadas por los dinosaurios cuando se gastaban al no resultar ya útiles para moler los alimentos.

Al igual que los elefantes, que dependen mucho de su sentido del olfato, los saurópodos usaban su gran cavidad nasal para captar los olores transportados por el aire. Los elefantes salvajes mueven sus trompas en el aire para captar los olores del follaje de los bosques o de las frutas maduras y el *Diplodocus*, probablemente, usaba su cuello de la misma forma. Para un animal que presuntamente iba de árbol en árbol, arrancando los frutos y las hojas, este mecanismo de rastreo debió de ser indispensable, permitiéndole elegir los lugares para comer. La visión de estas grandes manadas de saurópodos desplazándose a través de los bosques jurásicos, con animales jóvenes del tamaño de un elefante adulto protegidos por un anillo de viejos machos, debió de ser una de las más imponentes de cualquier período en la Historia de la Tierra.

VI. UN GRIFO RESCATA LA EVOLUCIÓN

A lo largo de la vasta extensión del tiempo geológico, se pueden reconocer inmediatamente los dos saltos prodigiosos hechos por los animales vertebrados. En ambas ocasiones, estuvo implicada la conquista de un mundo nuevo y extraño frente a obstáculos aparentemente insuperables. Uno de estos pasos gigantes ocurrió cuando los vertebrados se elevaron por primera vez en los aires, creando así un medio completamente nuevo de colonización y, en conjunto, una forma nueva de existencia que exigía estructuras locomotoras y sensoriales nuevas y complejas. La forma de cómo y por qué los reptiles terrestres desarrollaron por primera vez alas con plumas, potentes músculos para volar y extensos centros de coordinación en el cerebro sigue siendo una cuestión muy discutida. El proceso de elevación en el aire debió de ser gradual, implicando muchas fases de evolución.

Sin embargo, cada fase en el desarrollo de un ala debió de ser funcional, habiendo sido escogido entre una miríada de variaciones aleatorias que tuvieran alguna utilidad. La selección natural, después de todo, funciona adoptando todas aquellas estructuras que proporcionen a su propietario una ventaja positiva sobre aquellos que no las posean. ¿Pero cómo pudo haber un desarrollo por etapas en las alas? ¿Seguro que una cosa así es disparatada? Sólo el producto acabado es funcional —al menos esto es lo que pensaron algunos de los contemporáneos de Darwin hace un siglo. St. George Mivart pensaba que las modificaciones constantes y progresivas que finalmente daban lugar a una estructura completamente integrada como un ala, no se ajustaba al modelo propuesto por Darwin, la Selección Natural. En lugar de ello, Mivart se vio obligado a considerar que las alas y todos sus atavíos armoniosos surgieron de repente, como si existiera algún mecanismo interno de control^[1].

Sin embargo, naturalmente las alas de las aves no pudieron haber surgido de modo espontáneo, mediante el milagroso salto imaginado por Mivart: por consiguiente, la evolución de las alas continúa siendo un enigma. El problema es que, para que un ave pueda volar, *antes* necesita tener plumas, músculos para volar y las adaptaciones esqueléticas asociadas como el esternón. Pero si es necesario que antes de volar disponga de estas características, ¿por qué las desarrolló? Los reptiles no tenían la capacidad de previsión para darse cuenta de que iban a necesitar plumas si querían volar. La explicación del misterio es que cada uno de los componentes que, en conjunto, llegarían a volar originariamente debieron de haber sido desarrollados por algún motivo que no fuera el de permanecer en el aire. Sólo cuando todas las estructuras indispensables estuvieron presentes, pudieron ser conectadas para una nueva función. Resultará más fácil entender esto si primero analizamos otro prodigioso salto hecho por los vertebrados: la colonización de la tierra por los peces.

En el período devónico, hace aproximadamente 400 millones de años, los vertebrados más avanzados eran peces revestidos de una coraza ósea. En tierra firme se estaban rápidamente estableciendo los primeros insectos y plantas arcaicas. *Allí* estaba el nuevo mundo a explotar. A pesar de que los peces no abandonaron el agua de forma voluntaria —sólo lo hicieron bajo una gran presión— finalmente salieron de él, y es a estos pioneros a los que toda la subsiguiente vida vertebrada terrestre debe su existencia. ¿Cuáles eran los requisitos previos para la vida en tierra?

En lugar de agallas, los peces que se aventuraran a tierra firme necesitarían pulmones para respirar el aire atmosférico. Existían dos tipos de peces en el período devónico que ya poseían pulmones para respirar aire: el pez pulmonado (con descendientes bastante especializados que actualmente viven en Australia, África del Sur y América del Sur) y el pez de aleta carnosa (cuyo único descendiente, el famoso celacanto —fue pescado al arrastre en el lecho oceánico en la costa de East London, África del Sur en 1938, 70 millones de años después de su supuesta extinción—, ha convertido su pulmón en una vejiga llena de grasa). Aunque hoy en día raros, éstos eran los peces más comunes en el devónico. Probablemente vivían en los lagos pantanosos que, en ocasiones, se volvían sucios. Debido a que el agua estancada no tenía suficiente oxígeno, el tragar aire se convirtió en una necesidad para que el pez pudiera seguir vivo. De esta forma las vejigas que, originalmente probablemente eran órganos hidrostáticos llenos de gas, que capacitaban al pez para seguir flotando, actuaban ahora como pulmones, ayudando a las agallas en caso de escasez de oxígeno. Sin embargo, para poder tragar aire los peces necesitaban alejarse del fondo del agua y es en este punto donde la aleta carnosa encontró su plena justificación. La aleta pectoral de estos peces estaba compuesta no sólo de un lóbulo carnoso, sino también de un esqueleto óseo interno (que puede ser equiparado, hueso por hueso en su región proximal con el de los anfibios y de hecho con los miembros de todos los vertebrados que surgieron posteriormente). Cuando finalmente las charcas se fueron secando lentamente, haciéndose inhabitables para otros peces, los peces con pulmón pudieron seguir con vida tragando aire. Cuando la charca se secó por completo, y el pez quedó varado fuera del agua, la aleta carnosa podía seguir respirando levantando la garganta-bomba del suelo para coger aire. (Mientras tanto, el pez pulmonado tenía que hacer madrigueras en los bancos de arena para pasar el verano en estado de entorpecimiento hasta la época de las lluvias: el pez pulmonado había llegado a un callejón sin salida de la evolución). Fuera del agua, los pulmones serían inútiles y el pez se ahogaría al no tener un apoyo para levantar el tórax del suelo. Al emplear el movimiento natural de popa a proa de la aleta, el apoyo podría ser utilizado para que el recién instalado anfibio se desplazara para buscar más agua.

De esta forma, los peces de aletas carnosas del devónico ya estaban adaptados para sobrevivir fuera del agua, mientras aún estaban viviendo en él. Ya habían desarrollado el equipo necesario. Si ahora volvemos al problema de los vertebrados voladores, hemos de explicar por qué las plumas, alas, etc., fueron desarrollados antes de que estas protoaves fueran capaces de volar. ¿Para qué habían servido al principio? Las aves no pueden lanzarse de los árboles si no tienen las alas con plumas —por lo tanto, debieron de desarrollar las alas antes de subirse a los árboles. ¿Pero cuál era la función primitiva de estas estructuras bonitas «preadaptadas»?

A fin de resolver el problema, debemos volver al ave más antigua que se conoce —y quizás el fósil más famoso (o, al principio, infame) de todos los tiempos— para observar de qué estaba provisto *este animal* para poder volar. Antes de 1860 no se habían encontrado plumas procedentes de rocas más antiguas que el período terciario y, por lo tanto, como dice un proverbio, las aves se conocen por sus plumas, se pensaba que las aves no existieron hasta el mesozoico. Se argüía que la supremacía aérea pertenecía a los pterodáctilos, y sólo cuando éstos se extinguieron, al final del período cretáceo, las aves tuvieron la ocasión de desarrollarse (algunos evolucionistas incluso se aventuraron a decir que los pterodáctilos evolucionaron hacia las aves). Entonces, en 1860, justo

un año después de la publicación de *El origen de las especies* de Charles Darwin, Hermann von Meyer encontró una pluma en los depósitos de caliza litográfica de Solnhofen, en Baviera, que contenían fósiles de pterodáctilos. Describió la pluma con cautela, casi sin atreverse a pensar que ésta perteneciera a un ave —aún siendo su aspecto de ave. Le dio el nombre de *Archaeopteryx lithographica* por el «plumífero arcaico de la caliza litográfica^[2]». ¿Realmente esta pluma solitaria podía proceder de un ave del período jurásico tardío, incluso antes de que florecieran los iguanodontes? En un principio, Von Meyer era escéptico respecto a su autenticidad; de ningún modo habría sido el primer engaño paleontológico. Sin embargo, el estudio minucioso de la pluma descartó que se tratara de una trampa. Era auténtica con toda certeza.

Al año siguiente, 1861, se produjo el descubrimiento paleontológico del siglo, y una de las mayores ayudas que podría haber recibido el recién surgido darwinismo. Se había encontrado un esqueleto sin cabeza, pero casi completo, de un híbrido de reptil y ave a 18 metros bajo tierra en la cantera de Ottmann en Solnhofen, Baviera; era un ave porque tenía plumas, aunque seguía siendo un reptil por sus dedos en forma de garra y su larga cola ósea. La sensación que provocó entre los trabajadores hizo que llamara la atención del médico del distrito, Dr. Karl Haberlein, que rápidamente se dio cuenta de su valor científico. El Dr. Haberlein, que había obtenido el fósil de los trabajadores de la cantera como pago de sus servicios médicos, lo puso a la venta. Cualquier museo lo podría adquirir para sus colecciones: es decir, cualquier museo que pudiese pagar el inaudito precio de setecientas libras esterlinas. El médico invitó a los futuros compradores para que vieran el reptil-ave, pero no les permitía tomar notas o hacer dibujos y dejó que presentaran sus ofertas. Fueron a verle coleccionistas eminentes de todo el mundo para echar un vistazo a los restos fósiles. Haberlein recibió de América a Louis Agassiz, el confirmado antidarwinista y fundador del Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard. Lord Enniskillen, un ávido coleccionista de fósiles, cuyas adquisiciones finalmente pasaron a la propiedad del Museo Británico, y el duque de Buckingham, constituyeron el contingente británico que se dirigió hacia Baviera. Sin embargo, Haberlein estuvo un año sin querer comprometerse a nada, intentando elevar el precio. Durante este tiempo se creó tal misterio alrededor del fósil, que los creacionistas empezaron a acusar a sus oponentes de haber fabricado el «eslabón perdido» para confirmar su debilitada teoría. Andreas Wagner, un antidarwinista de la Universidad de Munich, que estuvo analizando el fósil a partir de los rumores y dibujos de segunda mano (siendo éstos producto de la memoria), hizo lo que pudo para robarle al *Archaeopteryx* cualquier rasgo que pudiera hacerlo parecer un eslabón y, por lo tanto, munición para los darwinistas. Un ave con una cola larga de reptil y dedos en forma de garras, sería idóneo para la causa darwinista, así que Wagner lo degradó a un reptil que había desarrollado plumas independientemente de las aves como «adornos peculiares». Wagner lo llamó *Griphosaurus*, el «lagarto enigmático», o «lagarto grifo». «La primera contemplación del *Griphosaurus* podría causarnos ciertamente la impresión de que tenemos ante nosotros una criatura intermedia —advirtió Wagner—. Probablemente, Darwin y sus partidarios emplearán el nuevo descubrimiento como un éxito, excesivamente bien recibido, para la justificación de sus extrañas ideas sobre la transformación de los animales». En este caso, preguntó Wagner, ¿dónde estaban las fases intermedias de este eslabón y el ave o reptil final? Al haber perdido el primer combate contra el enemigo, los creacionistas exigían ahora la existencia

de criaturas intermedias y así, probablemente, *ad infinitum*. Convencido de que había propinado un golpe demoledor a la extraña doctrina evolucionista, Wagner dejó a sus adversarios con sus «sueños fantásticos^[3]».

La descripción que Wagner hizo del grifo llegó a oídos de Richard Owen, ansioso como siempre de ampliar la colección de fósiles del Museo Británico (que en aquella época estaba albergada en Bloomsbury; Owen más tarde sería el encargado de trasladarla a un edificio independiente en South Kensington). En 1862, Owen envió a George Waterhouse, conservador del Departamento Geológico, a Baviera con 500 libras esterlinas, la suma máxima que estaban dispuestos a pagar los administradores del museo. «El viejo médico alemán es obstinado respecto al precio —escribió Owen en su Diario— y Mr. Waterhouse ha vuelto con las manos vacías. No deberíamos dejar escapar este fósil^[4]». No lo dejaron escapar. Los administradores del museo finalmente pagaron la suma completa, que se llevó una cantidad considerable del presupuesto previsto de dos años. No fue una adquisición mala para el fósil más sensacional que jamás haya sido descubierto. Cuando, finalmente, los museos alemanes capitularon, la gente se enteró de que el ave había volado a Londres^[5].

Y realmente fue sensacional en manos de los darwinistas ingleses. Owen, el protagonista de Huxley en la arena evolucionista, posiblemente lo había descrito formalmente, pero fue Thomas Henry Huxley, el campeón de Darwin en la batalla y el hombre que ceremoniosamente destronó a Owen, el que advirtió su valor real. Cuando Huxley se levantó para dar una de sus populares conferencias, se produjo un silencio de expectación en la audiencia de la Institución real. ¿Cómo es, preguntó, que si un tipo de animal evoluciona hacia otro, por ejemplo, un reptil hacia un ave, existen los grandes saltos insuperables que hoy en día los separan? «Nosotros, los que creemos en la evolución, replicamos diciendo que esos huecos fueron antaño inexistentes, que las formas que conectaban unas especies con otras existieron en épocas previas de la historia de la Tierra, pero que ahora están extinguidas». Una sonrisa maliciosa rompió la dura expresión de Huxley. «Resulta natural, pues, que ahora se nos pida que presentemos esas formas de vida extintas». Y Huxley, tan mago como siempre, procedió a sacar al *Archaeopteryx* de su sombrero Victoriano^[6].

Al no estar ya a la defensiva, los evolucionistas pudieron salvar el obstáculo creado por la excusa de las «imperfecciones del registro geológico» que Darwin había dado para la falta de eslabones de conexión. Finalmente, se había encontrado una criatura que era un verdadero intermedio entre las aves y los reptiles —un reptil con plumas o un ave con dedos en forma de garra y cola ósea; independientemente de cómo fuera analizado el fósil, no se podía negar que se trataba de una criatura de transición. De hecho, era exactamente el tipo de criatura intermedia que Huxley había descrito antes de que fuera desenterrada. Darwin estaba encantado.

Cuando en Solnhofen fue descubierto el siguiente *Archaeopteryx* —en la cantera de Dorr en 1877—, se confirmó la naturaleza de grifo de la criatura por la innegable presencia de dientes en sus maxilares (en realidad, ya se había sugerido que también se podían observar en el espécimen de Londres). Una vez más fue la familia Haberlein, esta vez su hijo, la que entró en posesión del vestigio científico. El precio puesto a su cabeza (este espécimen estaba provisto de una) era de 1800 libras esterlinas. Se instó al gobierno alemán a que no dejara que el valioso fósil saliera del país, al igual que su predecesor, e incluso éste fue ofrecido al Káiser Guillermo I. La falta de

interés de éste provocó un torrente de improperios de Karl Vogt, profesor de zoología en la Universidad de Ginebra. «Su Majestad no quiere tomar parte en esta discusión. ¡Ay, ojalá se tratara, en lugar de un ave, de un cañón o un fusil petrificado^[7]!». Vogt, un socialista de la revolución de 1848, asumió la dirección de la lucha darwinista. Cuando, en 1879, habló en el congreso de naturalistas suizos intentó conseguir el entusiasmo (y dinero) para traer el trofeo darwinista a Ginebra. Sin embargo, el discurso dirigido a los naturalistas para recaudar fondos degeneró, como resultado de la feroz retórica socialista de Vogt, en un ataque global al Káiser, el militarismo e imperialismo alemán, resultando el Káiser muy mal parado. El fósil le fue ofrecido al propio Vogt a un precio reducido, pero éste tampoco fue capaz de reunir la suma requerida. Sin embargo, sus improperios y reproches de barbarismo cultural impulsaron a un industrial alemán a comprar la plancha por 1000 libras esterlinas, y luego venderla a la Universidad de Berlín por el mismo precio.

A pesar de que el debate sobre la evolución ya pertenece a la historia y a los Estados del sur, el *Archaeopteryx* sigue siendo el centro de la controversia. El problema ya no es si se desarrolló a partir de los reptiles, la atención se centra ahora en *qué* reptiles fueron sus antepasados.

Las similitudes existentes entre el *Archaeopteryx* y los pequeños dinosaurios corredores celurosaurios son sorprendentes. Sin sus plumas, el *Archaeopteryx* tiene un esqueleto casi idéntico al de estos dinosaurios bípedos. Tal como observó Heilmann en 1920: «Huesos excesivamente largos con metatarsianos muy delgados y un “dedo trasero”, una mano larga y estrecha, una cola larga y un cuello largo, órbitas grandes y costillas ventrales —éstas son características de las aves que inmediatamente llaman la atención en los celurosaurios^[8]». Era imposible que éstas pasaran inadvertidas. Othniel C. Marsh, el prolífico describidor y escritor de la Universidad de Yale, bautizó a uno de sus nuevos hallazgos de celurosaurios del cretáceo con el nombre de *Ornithomimus*, «imitador de las aves», en reconocimiento a estas similitudes y, más tarde, Henry Fairfiels Osborn llamó a un espécimen similar *Struthiomimus*, o «imitador de las avestruces^[9]». Pero el hecho de que las aves en realidad habían *descendido* de estos dinosaurios era demasiado difícil de creer. Siempre que se sugería alguna afinidad entre el ave y el dinosaurio, ésta era contestada por un aluvión de proposiciones contrarias. El debate ha continuado durante un siglo. En la década del 1870, Samuel Wendell Williston (que más tarde se convertiría en uno de los expertos de reptiles fósiles más eminentes y que en aquella época era un recolector de dinosaurios de Marsh) se inclinaba a favor de la teoría de los antepasados dinosaurios, en oposición a otro de los prospectores de Marsh, el profesor Benjamin Mudge de Kansas. (La única razón, de hecho, por la cual Marsh fue capaz de mantener el récord mundial de «descubrimientos» de especies nuevas de dinosaurios es que él, o más bien el museo de su tío Peabody, pudo permitirse tener a todo un equipo de recolectores sobre el terreno).

El implacable enemigo de Marsh, Edward Drinker Cope, ya había quedado sorprendido por la gran similitud existente entre el aspecto de estos reptiles fósiles y las aves. Le impresionó especialmente el *Compsognathus*, un pequeño celurosaurio bípedo contemporáneo del *Archaeopteryx*, pero no fue capaz de decidir si este pequeño celurosaurio se parecía más a un pingüino o a un avestruz^[10]. Mientras tanto, en Londres, el *Compsognathus* había llamado la atención de Huxley que se estaba ocupando del mismo problema y su solución fue comunicada a

la Sociedad Geológica de Londres (de la cual era entonces presidente) en 1869. Huxley iba a suprimir el término general de «dinosaurio» e introducir un nombre nuevo —los ornitoscélidos o «piernas de ave»—, en reconocimiento a los miembros traseros de los dinosaurios, similares a los de las aves. Los dinosaurios ordinarios seguirían estando en uno de los grupos *subordinados* y, en el otro, Huxley incluiría al *Compsognathus* a fin de destacar sus sorprendentes características, parecidas a las de las aves^[11]. Este audaz intento de Huxley de derribar las viejas ideas no duró mucho tiempo. Una de las personalidades de entre la audiencia que estaba escuchando su conferencia era el hombre que, poco después, escribiría el artículo definitivo sobre la clasificación de los dinosaurios, Harold Govier Seeley. No obstante, este hecho demuestra el reconocimiento que estaban obteniendo en los primeros años las cualidades avícolas de los dinosaurios. Y quizá excusa a Edward Hitchcock por persistir en su idea de que las huellas del valle del Connecticut pertenecían a aves gigantes.



n. Aparte del *Archaeopteryx*, el *Compsognathus* (arriba) era el dinosaurio más pequeño. ¿Podía ser que tuviera plumas?

El debate prosiguió durante varias décadas. A pesar de que no se podían ignorar las similitudes, parece que la mayoría de los expertos pensaban que las hipótesis de la ascendencia dinosauria para las aves era herética, para no decir más. Pero, en este caso, tenían la responsabilidad de dar razones convincentes para estas similitudes sin implicar algún tipo de relación directa. En palabras de uno de los paleontólogos más respetados y teóricos de la evolución de este siglo, George Gaylord Simpson, «casi todos los parecidos particulares de algunos saurisquianos con las aves, tanto tiempo observados y tan destacados en la literatura, son demostrablemente paralelismos y convergencias. Estas formas de dinosaurios corredores desarrollaron unas características en el esqueleto y en algún género u otro que se asemejan de forma sorprendente a las de las aves, pero en realidad nunca han alcanzado el nivel de las aves^[12]». La convergencia era el recurso adoptado por los ortodoxos para evitar las consecuencias de la naturaleza, tan extraordinariamente parecida, de los celurosaurios y de las aves. Éstos protestaron diciendo que las aves y los dinosaurios tenían un antepasado lejano —probablemente

triásico—, común entre los tecodontes primitivos que dieron lugar a todos los arcosaurios, ya fueran pterodáctilos, aves, cocodrilos, dinosaurios, etc. Sin embargo, los pequeños celurosaurios, y precursores de las aves, habían tenido un tipo de vida muy similar. Ambos eran corredores y que ambos tenían patas largas; ambos eran depredadores con maxilares llenos de dientes puntiagudos y manos aferradoras que podían coger pequeños mamíferos y lagartos. Al vivir en el mismo nicho ecológico, sufrir las mismas presiones y comer la misma comida, la selección natural había provocado que estructuras de aspecto similar tuvieran las mismas funciones en ambos grupos. Se trata de un proceso habitual tal como ya hemos visto. El delfín presenta una gran convergencia con los ictiosauros marinos del mesozoico, ya que ha adoptado el mismo estilo de vida en el mismo tipo de medio ambiente: ambos perdieron sus extremidades y desarrollaron aletas para surcar el mar y ambos desarrollaron cuerpos aerodinámicos con contornos casi idénticos. De la misma forma que el cráneo del lobo de Tasmania ha desconcertado a muchos estudiantes, que pensaban que se trataba de un lobo placentario, de hecho, a primera vista, son casi indistinguibles. Sin embargo, el lobo placentario está más estrechamente emparentado con el elefante que con el lobo marsupial de Tasmania. El hecho de tener una forma de vida tan similar provocó la convergencia de su aspecto.

Los que se inclinaban a favor de la teoría de los antepasados dinosaurios, fueron silenciados eficazmente con la publicación del libro altamente influyente de Gerhard Heilmann, *The Origin of Birds*, que apareció a mediados de la década de 1920. (Después de haber tenido grandes dificultades, como se quejó amargamente Heilmann, ya que ninguno de los editores ingleses comprendía su contenido o mostraba el más mínimo interés por la empresa; ¡a menos, naturalmente, que el autor sufragara todos los costes^[13]! El libro ha sido un clásico desde entonces. Heilmann parecía estar a punto de aceptar a los dinosaurios como antepasados de las aves; confeccionó una lista innumerable de similitudes, y observó que «los sorprendentes puntos de similitud entre los celurosaurios y las aves estaban relacionados con casi todas las partes del esqueleto. A partir de estos resultados podría parecer una conclusión obvia buscar entre los celurosaurios a los antepasados de las aves». (Compárese esta afirmación con la opinión expresada por Simpson arriba: demuestra cómo los expertos pueden examinar el mismo material partiendo de puntos de vista bastante distintos y, en muchos casos, según diferentes inclinaciones teóricas). Pero a continuación, Heilmann se detiene bruscamente antes de dar el siguiente paso herético. «Sin embargo, éste sería demasiado precipitado ya que, la ausencia de clavículas (huesos del cuello) sería en sí misma prueba suficiente de que estos saurios no pueden ser los antepasados de las aves». Ninguno de los dinosaurios celurosaurios presentaba clavículas; sin embargo, el *Archaeopteryx* sí los presentaba. Debido a que la evolución no puede dar marcha atrás (dictamen que se conoce como ley de Dollo), y a que cuando se pierde una estructura, ésta no puede volver a desarrollarse, es imposible que un grupo que haya perdido la clavícula evolucione hacia un grupo que la posea. Y esto acabó con la polémica. Hubo uno o dos intransigentes que se pusieron a favor de los dinosaurios (especialmente Percy Lowe en la década de 1920, y después, que pensó que el *Archaeopteryx* era «un dinosaurio volador» sin ninguna característica avícola. Debido al reducido número de vértebras cervicales pensó que estaba demasiado especializado como para haber dado paso a las aves modernas y, por lo tanto, consideró que se trataba de uno de los callejones sin

salida en la evolución de la Naturaleza). Pero estas declaraciones eran aisladas. La búsqueda de los antepasados se trasladó al período triásico, cuando aún existían criaturas primitivas que presentaban clavículas y se escogió a los seudosuquianos de constitución más fuerte como candidatos más probables. A pesar de que las aves primitivas y los dinosaurios corredores tenían un aspecto muy similar, de hecho se habían originado de forma independiente a partir de los seudosuquianos menos refinados. Por lo tanto, los delicados celurosaurios, tan parecidos en casi todos los aspectos al *Archaeopteryx* contemporáneo suyo, fueron descartados debido a la ausencia de clavículas. Cualquier relación era «falsa», según las palabras de Gavin de Beer^[14], y creer en ésta era considerado como una herejía por los ortodoxos, estado de opinión que duró hasta 1973.



o. Heilmann se imaginó a los antepasados de las aves como reptiles que se deslizaban por los árboles.

Se pensaba que el verdadero antepasado seudosuquiano de las aves había sido el *Ornithosuchus* bípedo no especializado. Éste se parecía mucho a los dinosaurios más primitivos, pero su nombre —que literalmente significa «ave cocodrilo»— ilustra bien el supuesto origen común de las aves, los dinosaurios y los cocodrilos. A primera vista, puede parecer sorprendente

que el pariente vivo más cercano de las aves sea un cocodrilo acuático, acorazado y de aspecto arcaico. Éstos, actualmente, parecen tener poco en común porque fueron difundiéndose hacia nichos ecológicos muy diferentes, que requerían modificaciones muy diversas. De hecho, los cráneos de las aves y de los cocodrilos comparten muchas características comunes, lo cual demuestra su ascendencia común. Sin embargo, no existe consenso sobre el grado de parentesco que existe entre las aves y los cocodrilos. Recientemente, Alick Walker, de la Universidad de Newcastle, ha tomado partido a favor de la existencia de lazos mucho más estrechos de lo que hasta el momento se pensaba, como resultado de sus estudios sobre el *Sphenosuchus* que ha sido interpretado de diversos modos, como cocodrilo muy primitivo del triásico superior, o como seodusuquiano en su camino evolutivo hacia el estado de cocodrilo. Nadie está seguro de qué lado ponerse. Walker encontró que muchos de los huesos en el cráneo del *Sphenosuchus* funcionaban como los de un cráneo de ave. Incluso parece que el cocodrilo primitivo tenía unas glándulas excretoras de sal en las órbitas y que, probablemente, era capaz de beber agua salada, eliminando el exceso de sal de la misma forma como lo hacen las aves marinas hoy en día. ¡El oído interno del *Sphenosuchus*, dijo Walker, era más parecido al de una perdiz que al de un cocodrilo moderno! El valor exacto de algunos de los datos presentados por Walker, que relacionaban a las aves modernas con los cocodrilos primitivos, es objeto de discrepancias al igual que lo son sus conclusiones de que los cocodrilos evolucionaron a partir de un antepasado avícola. «Por lo tanto, parece lógico concluir seriamente —dijo Walker— que es posible que los cocodrilos, en su conjunto, hayan descendido, quizá en “oleadas” sucesivas, de un tronco desconocido de reptiles del triásico medio o superior que, por comodidad, podrían ser llamados “protoaves^[15]». Debido a este supuestamente estrecho parentesco (la palabra clave es «estrecho» ya que nadie niega su afinidad), Walker incluso está dispuesto a aceptar la posibilidad de que en otros tiempos los cocodrilos fueron habitantes de los árboles.

El informe de Walker, publicado en *Nature*, era un desafío que no podía ser ignorado. Éste fue contestado inmediatamente por John Ostrom, cuya carta de rechazo apareció sólo pocos meses más tarde en *Nature*, en 1973. Ostrom estaba en una buena posición ya que se había pasado dos años estudiando todos los especímenes conocidos de *Archaeopteryx* (entonces existían cuatro, pero más tarde se encontró otro), intentando desenmarañar el origen del vuelo de las aves. El *Archaeopteryx* jurásico, evidentemente estaba más relacionado con el origen de las aves que la perdiz y, tal como demostraría Ostrom de forma convincente, que los cocodrilos esfenosuquios. No era necesario remontar la ascendencia de las aves hasta los lejanos cocodrilos, o tecodontes del triásico, debido a que los antepasados ya eran evidentes en el jurásico. «La anatomía del esqueleto del *Archaeopteryx* —dijo Ostrom de forma desafiante— es casi enteramente la de un dinosaurio celurosaurio, nada de tecodonto, de cocodrilo o de ave^[16]». La teoría había dado una vuelta completa, pero ahora la *prueba*, tal como la presentaba Ostrom, se decantaba de forma arrolladora a favor del origen dinosáurico de las aves ya defendido por Huxley. Los argumentos de Ostrom son tan poderosos que resulta difícil no llamar dinosaurio al propio *Archaeopteryx*. Ostrom hizo una relación de los sutiles rasgos que relacionaban a los celurosaurios pequeños, bípedos, con manos aferradoras. Sin embargo, el motivo del cambio en la opinión general paleontológica se debe más bien a los descubrimientos nuevos e interpretaciones nuevas. Los recientes hallazgos de

dinosaurios, especialmente los hechos en el desierto de Gobi, recientemente explorado de nuevo, demostraron que existían muchos más caracteres compartidos de lo que se pensaba. En concreto, fue eliminada como objeción la grave ausencia de clavícula que había provocado que, en el último momento, Heilmann desestimara el origen dinosaurio de las aves; los dinosaurios —incluyendo el *Velociraptor* mongol encontrado por una reciente expedición polaco-mongol al desierto de Gobi—, han sido desenterrados con clavícula.

Sin embargo, el ataque de Ostrom fue doble. No solamente demostró las características dinosaurias del ave más primitiva, sino que también acercó al *Archaeopteryx* más a los dinosaurios, eliminando algunas de sus características avícolas. El cinturón pélvico típico de las aves, presenta un proceso púbico orientado hacia atrás mientras que, en los dinosaurios, éste está dirigido hacia abajo. Esto son caracteres diagnósticos; el cinturón pélvico siempre ha tenido una gran importancia en la clasificación de los dinosaurios, desde que Seeley advirtió, por primera vez, las diferencias existentes entre los principales tipos de dinosaurios, en 1887. Siempre se había pensado que el *Archaeopteryx* de Berlín presentaba esta orientación hacia atrás del pubis típica de las aves, hasta que Ostrom halló la prueba de que, probablemente, éste se había roto en el fósil y que, por lo tanto, podía haber estado orientado hacia abajo en vida, como en los otros dinosaurios carnívoros^[17]. Después de haber puesto en duda esta cuestión, sólo quedaba la fúrcula o «espoleta», formada por la fusión de las clavículas, que indicaba que el *Archaeopteryx* era un ave —aparte de una posición bastante obvia. «De hecho —afirmó Ostrom—, si no se hubiesen conservado las impresiones de las plumas, todos los especímenes de *Archaeopteryx* hubiesen sido identificados como dinosaurios celurosaurios. La única conclusión razonable es que el *Archaeopteryx* debió de descender de un terópodo de principios o mediados del jurásico».

El origen más probable de tantos rasgos característicos de los celurosaurios en el *Archaeopteryx* es la herencia directa de un antepasado celurosaurio pequeño. La importancia adicional de esta filogenia es que los «dinosaurios» no se extinguieron sin dejar descendientes y sugiere que las plumas, como aislantes térmicos, podrían haber sido la razón principal del éxito de los descendientes de los dinosaurios.

Las similitudes eran demasiado completas, detalladas y numerosas como para haber sido el resultado de la convergencia. La convergencia puede servir como explicación mientras no sobrepase el límite de credulidad. Incluso el cráneo del lobo de Tasmania presenta características diagnósticas muy importantes, que inmediatamente lo revelan como marsupial y, por lo tanto, no tiene ningún parentesco con nuestro lobo del hemisferio Norte. El *Archaeopteryx* era un celurosaurio pequeño que se diferenciaba de sus contemporáneos por la posesión de plumas. No debería haber ya ninguna necesidad de recurrir a la convergencia; la prueba contundente exige ahora un parentesco sanguíneo directo.

Los simpatizantes se alinearon al lado de Ostrom, valiéndose de sus resultados para apoyar sus propios trabajos. De repente, parecía que todas las piezas encajaban: las aves probablemente eran de sangre caliente porque descendían de dinosaurios de sangre caliente. La endotermia no se había desarrollado de forma independiente en estos dos grupos, sino sólo una vez en el tronco común de

antepasados dinosaurios. Como corolario, naturalmente, la certeza de que las aves son de sangre caliente refuerza la teoría de que los dinosaurios también lo fueran. Esta solución no solamente es más agradable estéticamente, sino que se ajusta a la exigencia científica de sencillez; no se deberían invocar dos orígenes para la endotermia cuando uno solo ya satisface las evidencias. Las aves heredaron su condición fisiológica de los dinosaurios.

Las implicaciones de esta clasificación animal son verdaderamente revolucionarias. Sugieren que debemos cambiar radicalmente nuestra forma de ver las aves y los dinosaurios.

Si los dinosaurios tuvieron un origen único u orígenes múltiples, a partir de un grupo restringido, y si admitimos que el grupo ancestral sufrió una gran transformación pasando de la ectotermia a la endotermia —una innovación clave de tal importancia que desencadenó la aparentemente repentina explosión de dinosaurios en el mundo triásico—, nuestra clasificación debería reflejar la consecución de este nuevo nivel de desarrollo. Es muy difícil abogar *por* la separación de los mamíferos de los antepasados reptiles por lo que se refiere a su clasificación sin, al mismo tiempo, abogar por la separación de los dinosaurios de sus ancestros reptiles: en ambos casos, están en litigio las mismas cuestiones. Al igual que los mamíferos, los dinosaurios también habían cortado con sus antepasados y habían evolucionado hacia un apogeo nunca alcanzado hasta entonces. Ciertamente, esto también justifica que sean elevados a la categoría de clase por derecho propio, condición que los equipararía con los mamíferos, reptiles, anfibios y peces. Todos éstos representan pasos enormes en la historia de la vida: los peces por salir del agua; los anfibios por poner huevos con cáscara fuera del agua; los reptiles por elevar por vez primera su temperatura interna hasta un nivel alto estable sin la ayuda del sol. Cada uno de éstos anuncian un salto a un nuevo nivel de organización.

¿Pero, qué pasa con las aves? ¿Por qué no figuran en esta lista? Esto es una sorpresa quizás aún mayor que la creación de la clase dinosaurios. Este hecho fue apreciado, por primera vez en su totalidad, por Robert Bakker y Peter Galton, cuya modesta carta de cuatro páginas a *Nature*, el 8 de marzo de 1974, llevaba el título de «Monofilia de los dinosaurios y una nueva clase de vertebrados». El aspecto quizá pueda parecer modesto, pero lo que contiene, probablemente, es una de las propuestas más revolucionarias —y controvertidas— en el pensamiento paleontológico de este siglo. A continuación citaré el último párrafo de este artículo clave que se encontraba entre las cartas publicadas en *Nature*.

La endotermia, y un metabolismo aeróbico altamente efectivo, son una justificación suficiente para separar las aves en una clase distinta de los otros tetrápodos saurópsidos vivos. Sin embargo, la endotermia y el metabolismo altamente efectivo probablemente ya existían en los antepasados dinosaurios de las aves, y son las características clave que diferencian a los dinosaurios de los cocodrilos y de otros arcosaurios extinguidos... La radiación de las aves es una utilización aérea de la fisiología básica del dinosaurio y de su estructura, como la radiación del murciélago es una utilización aérea de la fisiología básica, primitiva, de los mamíferos. Los murciélagos no están separados en una clase independiente, simplemente, porque vuelan. Pensamos que ni el vuelo ni la diversidad de especies de las aves merecen la separación de los dinosaurios como clase. La adaptación

más profunda experimentada por los amniotas fue la transición de la ectotermia a la endotermia, que tuvo lugar durante el origen de los mamíferos y de los dinosaurios. Por esta razón, proponemos la creación de una clase llamada *dinosaurios* que incluiría las subclases *saurisquianos*, *aves* y *ornitisquianos*.

Los arcosaurios, como los cocodrilos, tecodontes y pterosaurios, tendrían con los dinosaurios un lazo de parentesco similar al que tienen los reptiles semejantes a mamíferos con los mamíferos. «Esta nueva clasificación —concluyeron— refleja con mayor fidelidad los más importantes pasos evolutivos. Ectotermos y formas transicionales en el camino hacia la endotermia, se conservan en los reptiles y los dos grupos endotérmicos altamente triunfantes, mamíferos y dinosaurios, deben tener categorías de clases separadas^[18]».

En efecto, proponen que las aves ya no existan como clase rival de los mamíferos. Este privilegio corresponde ahora a los dinosaurios, siendo las aves sus representantes vivos. Las aves sólo son uno de los tres grupos de dinosaurios.

Las profundas implicaciones de esta idea no podían pasar inadvertidas en la Prensa popular británica. «La sorprendente afirmación de que las aves son dinosaurios —exclamó el *The Sunday Times* en un artículo titulado “Los dinosaurios voladores”— no puede ser ignorada por los compañeros paleontólogos^[19]».

Bakker y Galton —continuó el *The Sunday Times*— proponen la revisión drástica de la clasificación zoológica de los animales, algo tan controvertido como cambiar la Sagrada Escritura. Incluso los que no están de acuerdo deben tomar en serio esta teoría.

Sin embargo, a pesar de la resistencia intrínsecamente conservadora al cambio que caracteriza a toda actividad humana, la ciencia —en contraste con la Sagrada Escritura— es una disciplina en constante evolución y, por lo tanto, es susceptible a ser actualizada de acuerdo con los últimos hallazgos. La ciencia es una búsqueda sin límites fijos. Su objetivo es lograr una mayor comprensión del mundo. Ha habido muchos momentos en los que el hombre ha tenido que cambiar radicalmente su concepto del mundo, y quizá ninguno tan importante como cuando la Tierra dejó de ser el centro del mismo. Las teorías científicas posiblemente se acerquen cada vez más a la verdad pero nunca la alcanzarán. Si las pruebas han sido interpretadas correctamente, y la conclusión se realiza de forma lógica, con el tiempo la oposición vencerá a la idea. Alan Charig, director del Departamento de Reptiles Fósiles y Aves del Museo Británico, admite que las aves podrían haber descendido de los dinosaurios y que los dinosaurios podrían haber sido de sangre caliente, pero no acepta la teoría del origen único para todos los dinosaurios. Los tres puntos, arguye Charig, deben ser conciliados. Tal como dice Charig, «los paleontólogos no comenzarán a llamar oficialmente a las aves dinosaurios hasta que todos estén unánimemente de acuerdo en estos puntos y estamos lejos de ello^[20]». Sin embargo, el argumento es igualmente válido si se acepta que la clase dinosaurios es polifilética, es decir, que un mismo grupo ancestral tenga orígenes múltiples, de forma que el tercer argumento de Charig no es verdaderamente crucial para

esta cuestión. De hecho, ninguna de las clases existentes (con la sola excepción de las aves discutiblemente difuntas) es considerada monofilética, de modo que difícilmente esto puede ser un requisito previo para el reconocimiento de una clase. El punto importante de la cuestión, en relación con los dinosaurios, es que probablemente una o más líneas estrechamente emparentadas alcanzaron un nivel de organización basado en la endotermia, y que todos los subsiguientes linajes se originaron a partir de una clase de dinosaurios de sangre caliente. En realidad, las objeciones de Charig podrían ser refutadas, y nuestro punto de vista ser considerado más justificable si el grupo ancestral —los tecodontes seudosuquianos— también fuese incluido en la clase de los dinosaurios. De hecho, existen razones fundadas para ello. Tal como siempre se ha argumentado, las innovaciones clave (postura erguida, metabolismo rápido y sangre caliente), que asociamos con la radiación de los dinosaurios, probablemente se desarrollaron por primera vez en los seudosuquianos primitivos del triásico. No sería lógico establecer la clase dinosaurios y luego incluir a los seudosuquianos en el grupo de los reptiles. Para que nuestra nueva clase sea válida y refleje el incremento del nivel de organización, debería incluir a los seudosuquianos. La clase de los dinosaurios podría acabar comprendiendo a los ornitisquianos, saurisquianos y seudosuquianos y —si Bakker y Galton impusieran su punto de vista— las aves.

Si el *Archaeopteryx* realmente estaba emparentado con los celurosaurios —y el estudio de Ostrom sugiere que lo estaba muy estrechamente—, y si presentaba tan pocos de los rasgos que asociamos con las aves, pareciéndose a los pequeños dinosaurios en casi todos los detalles, ¿qué ocurría con su supuesta capacidad para volar? Después de todo, era muy improbable que los celurosaurios pudieran volar y parece ser que el *Archaeopteryx* solamente era un celurosaurio con plumas *sin* que presentara las modificaciones esqueléticas que uno asocia con la capacidad de volar. El *Archaeopteryx*, por ejemplo, presentaba sólo unas mínimas áreas de adhesión de los músculos de vuelo. Le faltaba completamente la enorme quilla, o esternón, que proporciona a las aves voladoras el área de adhesión principal para los músculos de vuelo^[21]. Además, las crestas en el antebrazo donde se insertan estos músculos son muy pequeñas en el *Archaeopteryx* de forma que, sin duda, éste no podía haber tenido músculos de vuelo potentes. La articulación del hombro es típica de los dinosaurios y la fosa articular está orientada hacia abajo, en lugar de hacia fuera como en las aves, lo cual habría dificultado el movimiento de las «alas^[22]». Después de descender el ala, el animal no hubiese sido capaz de volver a levantarla ya que los músculos elevadores aún no habían sido desarrollados^[23]. En vez de tener menos músculos que las aves modernas, el *Archaeopteryx* habría necesitado más a fin de poder elevarse en el aire debido a su mayor peso (sus huesos eran pesados, el pesado cráneo estaba lleno de dientes y tenía una larga cola ósea).

Los huesos del *Archaeopteryx* eran completamente inadecuados para una existencia voladora. Al igual que los celurosaurios, las articulaciones de los codos, muñecas y dedos eran móviles y no fundidas, mientras que, en las aves, los codos y las muñecas sólo tienen una limitada libertad de movimientos y los dedos están fundidos, de forma que, en conjunto, forman un sólido puntal en el ala a fin de soportar el esfuerzo del aleteo. Incluso suponiendo que el *Archaeopteryx* se hubiera convertido en un animal volador prematuramente, no habría sido capaz de aterrizar con seguridad,

ya que no disponía de un adecuado tren de aterrizaje^[24]. El cinturón pélvico de las aves está reforzado y fundido con la columna vertebral en la región de la cadera, para absorber el impacto mientras que el *Archaeopteryx* sólo tenía el equipamiento estándar de los dinosaurios que, naturalmente, no servía para realizar proezas tales como saltar de los árboles. Empieza a parecer como si L. B. Halstead tuviera razón al afirmar que las aves más primitivas no eran voladoras^[25]. Volar es la forma más delicada —además de peligrosa— de locomoción jamás inventada por los animales vertebrados y, a pesar de todo, ¡el *Archaeopteryx* lo había logrado, o al menos esto es lo que frecuentemente nos han hecho creer, sin estar incapacitado por su falta de músculos de vuelo!

Resulta extremadamente tentador olvidar la herencia dinosauria de este extraordinario fósil pequeño, con plumas, expuesto (de forma bastante apropiada) en el exterior de la Galería de Dinosaurios en el Museo de Historia Natural de Londres e imaginárselo, como han hecho muchos, volar de árbol en árbol buscando insectos. Recientemente, el problema ha sido enfocado desde otro ángulo, demostrando las consecuencias que hubiese tenido el intento del *Archaeopteryx* de volar. Parece extraño que tuviera que pasar un siglo antes de aplicar los principios aerodinámicos a este supuesto volador. En 1970, W. G. Heptonstall, de la Universidad de Edimburgo, extrapuló algunos hallazgos recientes basados en el vuelo de la paloma para el antepasado más antiguo de la paloma. Naturalmente, el *Archaeopteryx* —inmóvil como está en su plancha rocosa— no es tan apto como una paloma para la técnica experimental, pero aun así se pueden aplicar algunas de las consideraciones teóricas. Debido a que el antebrazo tiene que soportar la principal fuerza de sustentación, resulta ser la estructura anatómica sometida al mayor grado de esfuerzo durante el vuelo. Conociendo el grosor del hueso, y su resistencia a la tensión, Heptonstall pudo calcular el peso máximo que podían elevar y sostener en el aire las alas. Estimó que las alas-extremidades del *Archaeopteryx* sólo podrían haber resistido el deslizamiento, ya que el vuelo aleteante hubiese requerido un esfuerzo demasiado grande y el hueso del brazo se habría roto mucho antes de que el ave llegara a flotar en el aire^[26]. El *Archaeopteryx* tendría que haber aleteado con una velocidad dos veces superior a la de las palomas para permanecer en el aire, pero, debido a que ni siquiera tenía la fuerza de una paloma, forzosamente tenía que permanecer en tierra.

Todos aquellos a los que les gustaría ver al *Archaeopteryx* como un animal volador, critican las estimaciones que hizo Heptonstall del peso del *Archaeopteryx* de 500 gramos, señalando que las aves modernas de tamaño similar sólo pesan la mitad^[27]. Además, se podría haber logrado cierto grado de elevación por la larga cola como, por ejemplo, en el «Concorde». Sin embargo, difícilmente puede parecer razonable esperar que un dinosaurio hubiera descubierto la forma de reducir el peso desarrollada por sus descendientes a lo largo de 140 millones de años de evolución. Las aves dispusieron de mucho tiempo, y de un largo período de entrenamiento para perder peso y así aumentar la eficacia: la presencia de huesos completamente neumáticos, la pérdida de la cola y el aligeramiento del cráneo por la pérdida de los dientes sólo son algunas de las ventajas no compartidas por el *Archaeopteryx*. Las estimaciones de Heptonstall probablemente se acercan más a las características de un dinosaurio que apenas ha empezado a pensar en volar.

De forma que nos encontramos en la paradójica situación de que el *Archaeopteryx*, probablemente, aún no podía volar a pesar de que tenía alas. ¿Por qué había desarrollado plumas si no era para volar? La solución de este problema ya había sido hallada hace mucho tiempo, incluso

antes de comprender que los primitivos dinosaurios eran de sangre caliente. La pista la proporcionaron las aves modernas que necesitan las plumas para conservar el calor, al igual que los mamíferos necesitan el pelo. Durante mucho tiempo, también se ha argumentado que la presencia de plumas en el dinosaurio-ave *Archaeopteryx* era un indicio de que ya se había instaurado la endotermia^[28]. Hace un siglo, Owen advirtió la importancia de las plumas. «Podemos deducir con toda seguridad que el *Archaeopteryx* era de sangre caliente —afirmó—, debido a que tenía plumas y no debido a que podía volar». En realidad, analizándolo lógicamente, no podía haber sido de otra forma. ¿Por qué una criatura de sangre fría, que dependía de la temperatura externa, tendría que desarrollar plumas? Las plumas evitan la pérdida de calor en criaturas que están produciendo activamente calor a través de su metabolismo, no facilitan la absorción del calor. Tal como observa Ostrom, las plumas serían un obstáculo positivo para los reptiles de sangre fría, ya que «las propiedades aislantes de las plumas también reducen o minimizan la absorción de calor por temperaturas ambientales elevadas o radiación solar. Este hecho establece claramente que las elevadas temperaturas corporales, endógenas y la homeotermia efectiva fueron logradas *antes* de que existiera la envoltura de plumas. ¡La primera criatura con plumas no podía haber sido un ectotermo! El *Archaeopteryx* y sus predecesores inmediatos dependían del calor metabólico interno, no de las temperaturas externas. Y lo que es aún más importante: esto significa que la endotermia *debió* de preceder al vuelo^[29]».

El bello *reductio ad absurdum* de Ostrom, expresado de forma sencilla, es el siguiente: las criaturas de sangre fría con plumas estarían aisladas de la fuente de energía que resulta tan vital para su existencia. Por lo tanto, las plumas no podrían haber aparecido en animales de sangre fría. El ave-dinosaurio *Archaeopteryx* debió de ser de sangre caliente. *Las plumas son el argumento más fuerte para la aceleración metabólica de los ágiles celurosaurios.*

Las plumas proporcionan aislamiento. Al igual que el pelo de los mamíferos, están diseñadas para atrapar una capa de aire junto a la piel que puede actuar como un amortiguador de la temperatura. Este aire es calentado por el cuerpo y enfriado por la atmósfera, de forma que la piel nunca queda expuesta directamente al aire frío. Debido a esto, el cuerpo está rodeado por una capa de aire caliente a donde quiera que vaya. También significa que un animal de sangre caliente, que continuamente está produciendo calor para mantenerse caliente, no pierde energía debido a una pérdida excesiva de calor. Cuanto más frío sea el tiempo, más plumas son «encrespadas» por los músculos superficiales, para incrementar el volumen de aire atrapado. Los que piensan que las plumas fueron desarrolladas *para* volar, argumentan que, si su función original era el aislamiento, el *Archaeopteryx* debería haber tenido plumones. Sin embargo, esto presupone que los plumones sean un aislante más eficaz que las plumas de contorno que envuelven el cuerpo, lo cual no es cierto^[30]. Los plumones nunca están situados por debajo de las plumas de contorno en las aves modernas, y son las plumas de contorno las que están controladas por músculos para incrementar o reducir los espacios de aire aislantes. Aunque el *Archaeopteryx* de Londres no presenta plumas de contorno visibles (éstas, sin duda, se perdieron después de la muerte tal como a veces sucede con las gaviotas muertas en la costa, quedando sólo las plumas de las alas y de la cola), el espécimen de Berlín sí que las tiene en el dorso, cuello, pecho y piernas, quedando así demostrado que el *Archaeopteryx* estaba completamente cubierto de plumas en vida^[31].

Las plumas se desarrollaron para que los pequeños dinosaurios de sangre caliente pudieran hacer frente a la pérdida de calor. La palabra clave aquí es «pequeño», ya que *es el tamaño de los celurosaurios lo que explica por qué aparecieron las plumas en primer lugar*. Los dinosaurios, tal como el lector recordará, estaban limitados a un gran tamaño por su fisiología endotérmica. Cualquier intento de volverse más pequeños habría sido frustrado por la excesiva pérdida de calor a través de su desnuda piel, ya que un descenso del tamaño también habría ido acompañado de un incremento del área relativa de superficie. Sin embargo, el *Archaeopteryx* era pequeño, no más grande que un cuervo, y con mucho, el dinosaurio más pequeño que conocemos (medía 30 centímetros menos que el *Compsognathus*, su rival más próximo). Sólo podría haber sobrevivido al aumento de la exposición aislando su piel y evitando así la pérdida de calor. *Las aves fueron el resultado del intento de los dinosaurios de reducir su tamaño*, y las plumas el legado que representaba su éxito.

Es posible que otros celurosaurios pequeños del jurásico también tuvieran plumas, y que las plumas no se hubieran conservado debido a que los sedimentos circundantes no eran tan finos como los de Solnhofen^[32]. No tenemos ningún indicio de la envoltura de piel de la mayoría de dinosaurios, sólo de aquellos encontrados como momias que son pocos y pertenecientes sólo a las especies más grandes. El *Archaeopteryx* proporciona la prueba crucial de que al menos algunos de los dinosaurios más pequeños tenían plumas. Una vez todas las aves fueran completamente plumadas, constituirían una dura competencia para todos los pequeños no-voladores con plumas.

Sólo después de que los dinosaurios pequeños hubieran adquirido plumas para hacer frente a una mayor área de superficie, éstas pudieron cambiar sus funciones permitiéndole a las aves en vías de desarrollo romper sus lazos con tierra firme. La importancia de los comentarios de introducción relativos a la «adaptación previa» es ahora evidente. Las plumas de contorno fueron desarrolladas como aislantes térmicos, pero proporcionaron a los pequeños dinosaurios una ventaja aerodinámica que los capacitó para conquistar el aire.

Las plumas de contorno del cuerpo sólo podían ser levantadas o bajadas para aumentar los espacios aislantes de aire, si poseían un fuerte eje central en el cual se pudieran insertar los músculos. Sólo este tipo de pluma apoyada podría haber estado colgada detrás del brazo, formando el aparato volador. Debido a que la presencia de plumas largas, colgantes, hubiese proporcionado escaso, si acaso algún aislamiento, ¿podemos suponer que la posesión de estas plumas implica una existencia aérea? El *Archaeopteryx* estaba adornado con estas largas plumas en las alas y si éstas no eran para dar calor debemos dar una explicación para su función.

El *Archaeopteryx* pasa por ser un planeador, y hemos visto que sus alas, mecánicamente eran lo suficientemente fuertes como para sostenerlo pasivamente en el aire. Sin embargo, un elevado peso corporal, junto con la existencia de alas aerodinámicamente ineficaces (las garras debían de generar muchas turbulencias), resultaban en una velocidad rápidamente declinante que, probablemente, produciría un choque bastante fuerte con su desprotegida pelvis. En vez de como grácil planeador, sería más adecuado imaginarse a este pequeño dinosaurio cayendo al suelo como un plomo de manera poco digna. La presencia de nodos en el esqueleto del antebrazo de los voladores modernos demuestra que las plumas están fuertemente adheridas al hueso, mientras que, en el *Archaeopteryx*, Ostrom observa la ausencia casi total de estos nodos, indicando con ello

que sus plumas sólo estaban implantadas superficialmente en la piel. Ello, indudablemente, hacía del salto en paracaídas, desde *cualquier* altura, una ocupación peligrosa.

Estas especulaciones presuponen que el *Archaeopteryx* era, en primer lugar, un trepador de árboles. Aunque parezca paradójico, los árboles no son el mejor lugar para desarrollar plumas. Para las criaturas que trepen sobre un árbol, como lo hacen los murciélagos, la presencia de plumas en los brazos serían un obstáculo positivo; y tanto más para el *Archaeopteryx* ya que éste no era capaz de retraer completamente sus alas. Si lo esencial era la velocidad, tanto para escapar de depredadores terrestres, como para intentar coger insectos voladores, su probabilidad de sobrevivir no hubiese sido muy elevada. No obstante, había ventajas positivas para, en un momento determinado, trepar a los árboles como, por ejemplo, la colonización de algún nicho ecológico vacío. Los primitivos anfibios salieron del agua (algunos dirían que forzados por la feroz competencia), y prosperaron en las deshabitadas orillas de los lagos mientras que los reptiles cambiaron completamente su forma de vida, alejando sus huevos (y por lo tanto crías) de los peligros de una existencia acuática, proporcionándoles una cáscara y desovando en tierra firme. La competencia es la que proporciona los motivos para la innovación. Las aves reaccionaron de la misma forma frente a la presión, poniendo sus huevos en los árboles, donde los podrían incubar relativamente seguros. Sin embargo, es muy improbable que el *Archaeopteryx* diera este paso.

La compleja coordinación entre los ojos y las manos que se necesita para trepar a un árbol, sin mencionar la agudización de los sentidos que debe acompañar al salto de paracaídas, hubiese dejado algún signo revelador en el cerebro de un *Archaeopteryx* arbóreo. Sólo hay que pensar en el efecto que tuvo el trepar a los árboles, unido a la destreza manual sobre la evolución del cerebro de nuestros antepasados, para darse cuenta de la inextricable relación. En realidad, al principio parecía que el cerebro del *Archaeopteryx*, investigado de nuevo en 1968 después de haber sido declarado completamente característico de los reptiles una generación antes, mostraba incipientes características avícolas^[33]. Harry Jerison encontró que el cerebro del *Archaeopteryx* estaba a medio camino entre el de un ave moderna y el de un reptil *moderno*, en base a su tamaño mientras que su forma parecía ser más avícola que reptil, sugiriéndole a Jerison que ya se habían establecido reacciones como las de las aves. Sin embargo, ¿son los reptiles modernos realmente una buena comparación? No solamente tienen cerebros increíblemente pequeños, sino que están (con la excepción parcial de los cocodrilos) sólo muy remotamente emparentados con las aves o el *Archaeopteryx*. Es cierto que la mayoría de los dinosaurios también tenían cerebros notoriamente pequeños, pero cada vez se hace más patente que los celurosaurios y dromeosaurios, ambos corredores ágiles y rápidos con manos aferradoras, estaban provistos de cerebros relativamente gigantes y ojos enormes para coordinar sus sofisticados reflejos. Debido a que el *Archaeopteryx* se originó a partir del tronco de los celurosaurios, sería de *esperar* que tuviera un cerebro más grande de lo normal como rasgo estándar. El tamaño del cerebro ya no puede ser utilizado como prueba de los hábitos trepadores del *Archaeopteryx*.

Los pequeños dinosaurios bípedos tenían un aspecto tan parecido al *Archaeopteryx* que, tal como hemos visto, los paleontólogos ortodoxos se tomaron mucho trabajo en enfatizar lo maravillosa que es la convergencia (y, de hecho, lo es), pudiendo desarrollarse estructuras casi idénticas en animales emparentados lejanamente: estas estructuras debieron desempeñar

funciones similares. Sin embargo, esta misma ortodoxia había llegado a confirmar la hipótesis arbórea de los orígenes de las aves, según lo cual los antepasados de las aves eran trepadores de los árboles, que en un principio volaban como con la ayuda de un paracaídas. Como prueba de ello, observaron que las patas del *Archaeopteryx*, similares a las de las aves, presentaban dedos opuestos para poder trepar y que las manos, en forma de garras, los capacitaban para subir a los árboles, etc. Tal es la lógica paleontológica que en estas dos teorías tan inconsistentes mutuamente pudieron mantenerse durante mucho tiempo. ¡El *Archaeopteryx* había, por un lado, convergido funcionalmente con los dinosaurios corredores y, por otro lado, era una criatura que trepaba a los árboles! El dedo opuesto del *Archaeopteryx* también estaba presente en los dinosaurios carnívoros. La única forma de explicar esta paradoja, en el caso de que se tratara de equivalentes convergentes o funcionales, era suponer que el *Tyrannosaurus* había trepado a los árboles o que el *Archaeopteryx* había sido un depredador terrestre. Debido a que la primera opción es bastante improbable, John Ostrom —que fue el primero en resolver convincentemente la paradoja— escogió la segunda^[34]. Las adaptaciones como son los dedos opuestos y las manos en forma de garras, que estaban presentes en los celurosaurios, también existían en las protoaves que, supuestamente, podían trepar a los árboles debido a que éstas también eran corredoras bípedas.

El barón Nopcsa, pintoresco espía transilvano, experto en dinosaurios y autoproclamado heredero de la corona de Albania, había llegado a conclusiones similares, en 1907 (aunque la teoría cursorial fue propuesta por Samuel Williston en 1879). Nopcsa argumentó que, debido a que las patas del *Archaeopteryx* eran idénticas a las de los dinosaurios, las aves primitivas también debieron de ser criaturas que habitaban en el suelo. Creía que las plumas se originaron a partir de prominencias escamosas en los bordes de las extremidades anteriores, para incrementar la velocidad de carrera del animal mientras movía los brazos hacia delante y hacia atrás como remos. Estas plumas permitían a las protoaves dar largos saltos como los gansos, elevándose parcialmente en el aire. Pensaba que esta ascendencia corredora de las aves quedaba reflejada en los avestruces que habían conservado este estado primitivo^[35]. A pesar de que la hipótesis «cursorial» es aceptable, la causa de la adquisición de las plumas parece improbable. Debido a que el objetivo del desarrollo de las alas era incrementar la velocidad, el ave habría escogido el camino equivocado para lograrlo. ¡Si se estudia la forma aerodinámica de un coche de carreras moderno, se observará que los planos aerodinámicos están diseñados para mantener el coche «en» el suelo y no para elevarlo en el aire! La pérdida de tracción es igual a la pérdida de velocidad.

Ostrom ha evitado estos problemas partiendo de la idea de que las largas plumas de los brazos no tenían nada que ver con la capacidad de volar o locomoción y que, en lugar de ello, estaban relacionadas con la depredación. El *Archaeopteryx* era un depredador ligero de pies, con una buena visión y fuertes manos. Probablemente cazaba insectos grandes y la mejor forma para hacerlo era usando una red de plumas: las plumas de los antebrazos actuarían a modo de trampa para atrapar los insectos voladores. De esta forma, el ave prácticamente podría rodear los insectos antes de cogerlos con sus garras. Más tarde comenzó a dar saltos como las gallinas para cazar los insectos voladores. De esta forma, el aleteo se hizo importante para la caza de las presas y debió de acompañarse de una coordinación nerviosa más precisa. El ave-dinosaurio, provisto de endotermia, plumas, alas y un cerebro capaz de coordinar maniobras complicadas, ya estaba

completamente «preadaptado» para volar.

De esta forma nacieron las aves: no a partir de los pterodáctilos como había imaginado St. George Mivart en el siglo pasado. Mivart estaba tratando de economizar sus hipótesis —o, en ese caso, inventos—, permitiendo que el vuelo surgiera sólo una vez durante el mesozoico entre los antepasados pterodáctilos de las aves voladoras. Al igual que el barón Nopcsa, después de él, se imaginó a aves no voladoras como los avestruces, originándose directamente a partir de los dinosaurios independientemente de las aves voladoras. El origen pterodáctilo fue puesto en duda rápidamente, aunque la ascendencia de las aves no voladoras fue una idea que Percy Lowe encontró atractiva en la década de 1920. Las teorías de Lowe, alimentadas durante un período de un cuarto de siglo, fueron formuladas por primera vez como reacción al lamarckismo. Las creencias a las que se oponía Lowe habían surgido de África del Sur, donde un tal doctor J. E. Duerden, un colega experto en avestruces con el detectivesco título de «Director de las Investigaciones sobre Avestruces», en la Universidad de Rhodes, había cometido la herejía biológica de negar una explicación de Darwin referente a las callosidades en el pecho y rabadilla de los avestruces^[36]. Los avestruces caen hacia delante cuando se agachan y estas almohadillas engrosadas le proporcionan algo de protección al ave. Duerden pensaba que estas callosidades no están codificadas genéticamente sino que aparecían como respuesta a la fricción, como ocurre con los callos humanos. Sin embargo, debido a que aparecieron por primera vez en embriones de avestruz (obviamente antes de que se pudiera producir fricción alguna), el doctor concluyó que se trataba de caracteres adquiridos durante la vida de los padres y que habían sido transmitidos a la descendencia. El comportamiento de los padres literalmente modificó la estructura de sus descendientes^[37]. El caso clásico y más repetido del supuesto lamarckismo es el de la jirafa. Este animal, en algún momento de su historia (cuando poseía un cuello truncado), comenzó a estirarse para alcanzar las hojas más altas y allí encontró que la comida era tan buena que de alguna manera informó a sus descendientes en fase de desarrollo sobre las obvias ventajas de tener un cuello largo, y la joven jirafa apareció debidamente con uno. Se trata de un proceso un tanto mágico, ya que no se conoce ningún mecanismo a través del cual las células corporales puedan influir a las células reproductoras. Tanto Darwin como Lamarck creían en este tipo de proceso, pero es comprensible ya que, por aquel entonces, no existía ninguna alternativa. Sin embargo, a comienzos de este siglo el neodarwinismo ofreció una explicación alternativa: las mutaciones que actúan sobre el material hereditario podrían ser las responsables de los cambios observados en los animales y, posteriormente, estos cambios aleatorios (como un cuello ligeramente más largo en una jirafa) podrían ser seleccionados si resultaban ser ventajosos. Habían sido desterrados eficazmente los últimos vestigios del lamarckismo.

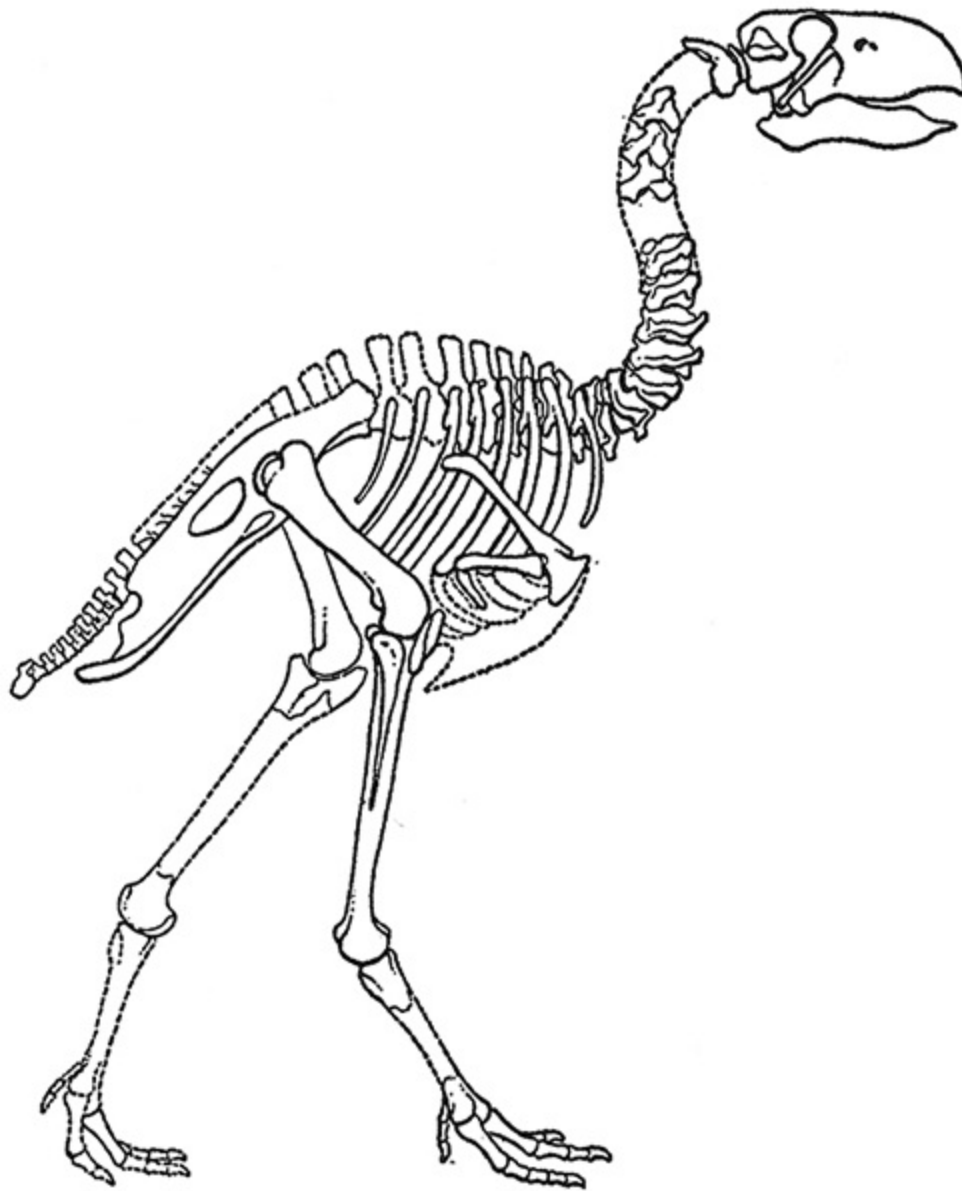
Así, las teorías anacrónicas de Duerden podían ser criticadas en el sentido de que no existía ningún mecanismo que pudiera explicar la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos. Lowe, sin embargo, atacó desde otro punto de vista. Las callosidades, dijo, estaban presentes en los primitivos dinosaurios corredores que también habían pasado mucho tiempo agachados^[38]. Los avestruces eran un grupo arcaico distinto del resto de aves, ya que nunca se habían elevado en el aire; después de todo no se habían encontrado fósiles de avestruces voladores. Lowe creía que se originaba del ave buceadora cretácea *Hesperomis* (que el propio Marsh había descrito una vez

no demasiado en serio como «avestruz carnívoro nadador») que, al igual que el avestruz, no podía volar. Los ñandúes, que baten las alas cuando corren a través de las Pampas, tampoco apoyaban la teoría de que, en otros tiempos, habían sido aves voladores; Lowe pensaba que los dinosaurios corredores también se habían desplazado moviendo las extremidades hacia delante y atrás, a modo de remos, y nadie había sugerido nunca que los *dinosaurios* habían sido alguna vez criaturas voladoras. Los avestruces, simplemente, no se elevaron en el aire. En opinión suya, los avestruces habían cambiado poco desde que salieron de las filas de los reptiles bípedos. Para apoyar su teoría, citó la presencia de plumones, similares a los de los polluelos, en los avestruces adultos que suponía eran una característica primitiva (tal como hemos visto, probablemente se originaron secundariamente a las plumas de contorno con eje). Las plumas similares a las de los polluelos presentes en los avestruces adultos indicaban que no había cambiado desde el período mesozoico, conservando un estado primitivo y sin evolucionar hacia un estado volador. «En lo que respecta a sus plumas, los estrutiones (avestruces) son polluelos grandes que han crecido demasiado. Son los “Peter Pan” del mundo avícola. No se han hecho adultos nunca^[39]».

Es un concepto bastante agradable: dinosaurios que degeneraron a avestruces. Naturalmente, hay una parte de verdad en esto, pero sólo en el sentido de que todas las aves se originaron a partir de los dinosaurios. El avestruz no se parece en nada a los antepasados de las aves, que eran bastante pequeños y parecidos al *Archaeopteryx*, si es que no lo era el mismo fósil famoso. Hoy la opinión general es que las aves primitivas podían volar y que sólo más tarde algunas volvieron al suelo para convertirse en aves corredoras. Las plumas similares a las de los polluelos presentes en los avestruces, se deben a que los animales adultos siguen conservando rasgos juveniles: proceso que se conoce con el término de neotenia. (Los humanos también son neotenios porque conservan cabezas grandes embriónicas y no tienen pelo).

Las aves, al igual que los mamíferos, fueron una raza dominada durante el mesozoico y continuaron siendo un elemento poco llamativo de la fauna. Se convirtieron en hábiles voladores, pero fueron incapaces de explotar el suelo como corredores, por miedo a ser cazados por los depredadores gigantes. Muchas aves se refugiaron en el mar y algunas, como el *Hesperomis* cretáceo de Marsh^[40], redujeron el tamaño de sus alas a muñones y desarrollaron fuertes patas para impulsarse en el agua. Sólo con la desaparición de los dinosaurios al final del cretáceo, las aves pudieron prosperar en las llanuras vacías. Debido a que la forma más rápida para desplazarse por terreno llano es correr, durante el período terciario ya encontramos aves terrestres grandes de extremidades largas. Éstas estaban tratando de llenar el nicho dejado vacante por los dinosaurios, y así sucederlos como la clase dominante de animales terrestre. A comienzos del eoceno ya existía un gigante, el *Diatryma* de 2,10 metros de altura, con huesos macizos y un enorme cráneo con pico que vivía en las llanuras de Wyoming. En la misma época existieron en Inglaterra y Francia gansos del tamaño de avestruces que vagaban por el campo^[41]. Durante el eoceno, las aves proliferaron hasta tal punto que parecía que se *estaban* apoderando del mundo. Las aves llegaron antes que los mamíferos a los nichos destinados a los animales de cuerpo grande, en otros tiempos monopolizados por los dinosaurios, y florecieron en gran variedad de formas grandes. Las aves no voladoras continuaron aumentando de tamaño durante el período terciario, desarrollaron robustas patas corredoras, cuellos largos y una buena visión y se volvieron más parecidas a los dinosaurios

bípedos. Sin embargo, esto no duraría mucho tiempo. Los depredadores mamíferos causaron gran número de muertes entre las grandes aves no voladoras y, gradualmente, fueron limitando su zona de distribución. En los últimos tiempos, el hombre ha demostrado ser el más destructivo de todos los mamíferos. La primitiva fauna de Madagascar incluía, en otros tiempos —y en épocas más recientes—, el *Aepyomis titan*, el pájaro elefante.



p. Poco después de la desaparición de los dinosaurios, fuertes aves terrestres como el *Diatryma* (arriba), encontrados en el eoceno inferior de Wyoming, penetraron en el nicho ecológico vacío en un intento de suceder a los dinosaurios.

Los huevos de esta ave de 3 metros de altura, que tenían una circunferencia de aproximadamente 90 centímetros, aún se encuentran ocasionalmente en la costa de Madagascar. Los antiguos comerciantes árabes que llegaron a estas costas, y encontraron estos enormes huevos, no pudieron encontrar a los padres e inventaron cuentos sobre el fabuloso Roc, un pájaro gigante lo suficientemente fuerte como para llevarse a elefantes incautos. El otro santuario de las criaturas separadas por el tiempo es el continente australasiático, donde los extinguidos moas gigantes incluso superaban a los titanes de Madagascar, *Dinomis maximus*, cuyo nombre superlativo literalmente significa «el más grande de las aves gigantes», medía hasta 3,5 metros de altura. Los

moas aún eran los señores de su reinado cuando los maoríes llegaron a Nueva Zelanda, pero encontraron la muerte como comida de los maoríes. Es un final bastante ignominioso para una odisea que comenzó cuando los dinosaurios trataron de volverse más pequeños.

VII. FANTASMAS DEL INFIERNO

Cuando, en 1784, se produjo el descubrimiento del primer pterodáctilo en la piedra caliza de la localidad bávara de Eichstätt, hecho por el naturalista italiano Cosmo Alessandro Collini, el hallazgo constituyó el último enigma para todos los curiosos científicos de Europa. El pterodáctilo sería, junto con el mosasaurio, el fósil que probaría de forma dramática la realidad de la extinción. Además, dejó bastante manifiestas las grandes desigualdades que existen entre las formas actuales de vida y las del lejano pasado. Cuvier, que sería el que reuniría las pruebas fósiles que harían creíble la extinción, tenía graves dudas acerca de las interpretaciones contemporáneas de este extraño animal prehistórico. El fósil fue llevado al Grand Ducal Museum, en Mannheim, del cual Collini era el director. Collini daba por sentado que la criatura era un habitante de los antiguos mares, pero los doctores alemanes que visitaron Mannheim tenían otras ideas. S. T. Sömmering sostenía que se trataba de una criatura intermedia entre las aves y los murciélagos, mientras que Lorenz Oken no se podía decidir entre un mamífero y un reptil. Cuvier se dio cuenta del parecido superficial con los murciélagos y los vampiros en su forma general, su pico era alargado como el de las chochas pero provisto de dientes como el hocico de los cocodrilos, sus vértebras y las patas eran similares a las de un lagarto, sus dedos en forma de garras eran como los de los murciélagos y su cuerpo estaba cubierto de escamas como en las iguanas. Cuvier era considerado como uno de los paleontólogos más perspicaces de Europa, reputación que se había ganado gracias a su brillante técnica de anatomía comparada. Por consiguiente, era de él de quien se esperaba con impaciencia la solución del enigma. Después de haber examinado el fósil de Collini, a principios del siglo XIX, prestando una especial atención a su cráneo y articulación de los maxilares, Cuvier afirmó que, con toda seguridad, se trataba de un saurio, un reptil del antiguo mundo. Sus cuatro dedos alargados sostenían las alas que lo capacitaba para volar y, por esta razón, lo llamó *Pterodactylus* o «dedo de ala». Aunque pertenecía a la clase de los saurios y, por lo tanto, estaba emparentado con los reptiles modernos, Cuvier hizo la siguiente advertencia: de todos los seres del mundo antiguo, éste era el más extraordinario y, si se le devolviera la vida, no se parecería a ningún otro tipo de forma de vida^[1].

Ya no se podía dudar durante más tiempo que razas enteras de animales habían desaparecido de la faz de la tierra, o que la vida primitiva había tenido un aspecto arcaico. A pesar de todo, la idea de que el pterodáctilo había sido una criatura marina estaba tan arraigada que muchos se opusieron a Cuvier. Los pterodáctilos traerían muchos problemas en el futuro. «En Inglaterra —dijo Harry Govier Seeley más tarde—, son clasificados como reptiles, principalmente debido a la influencia que tuvo sobre ellos la disertación del barón Cuvier^[2]». Sin embargo, los doctores alemanes no aceptaron las ideas de Cuvier, simplemente, debido a la gran reputación de la que gozaba el científico francés. En 1830, Johannes Wagler vio en el pterodáctilo un parentesco con los ictiosaurios y los plesiosaurios, que habitaban los océanos del mesozoico. Al igual que éstos, nunca abandonó el agua «pero nadaba en la superficie como un cisne y buscaba los alimentos en el fondo del mar». Se imaginaba que los largos brazos funcionaban como las aletas de los pingüinos o de las tortugas, y que los tres pequeños dedos en forma de garras servían para agarrar a «las hembras en el proceso reproductor^[3]». Al año siguiente, 1831, Georg August Goldfuss, profesor

de zoología en la Universidad de Bonn y una eminente autoridad alemana en animales fósiles, confirmó el diagnóstico de Cuvier: los pterodáctilos eran reptiles. Sin embargo, añadió Goldfuss, se trataba de reptiles de aspecto muy parecido a las aves y, probablemente a consecuencia de esta creencia, dijo haber observado crestas parecidas a las plumas grabadas en el fósil, adorno que fue rechazado con vehemencia por sus contemporáneos.

Durante la década de 1820, muchos de los recolectores ingleses de fósiles creyeron que los delgados huesos de sus colecciones no pertenecían a aves, sino que eran restos de esta extraña criatura reptil descrita por Cuvier. Pero no fue hasta diciembre de 1828 cuando se descubrió un esqueleto casi completo. Prácticamente, todos los hallazgos de los primitivos reptiles dominantes en Inglaterra fueron hechos por aficionados, y muchos de éstos por uno en particular, una joven y talentosa dama llamada Mary Anning. Los contemporáneos menos dotados tienen la tendencia de otorgar a las personas con talento alguna desgracia ocurrida en su juventud que justifique este don anormal, y Mary Anning no fue ninguna excepción. A la tierna edad de un año, ella y su niñera fueron alcanzadas por un rayo. La niñera falleció pero la niña «pudo ser reanimada metiéndola en un baño de agua caliente; no había sufrido lesión alguna. Antes había sido una niña inactiva, pero después de este accidente, se convirtió en una muchacha más vivaracha e inteligente^[4]». Habiéndose dado cuenta de su talento, abrió una tienda con su hermano en Lyme Regis, Dorset, y allí vendía los fósiles que recogía durante sus paseos diarios a lo largo de los vecinos acantilados. En 1811, cuando sólo contaba 11 años de edad, halló un esqueleto de ictiosaurio y, en 1824, el primer plesiosaurio completo. Todos los geólogos de aquella época le ofrecieron su amistad y muchos fueron a Lyme Regis, entonces un lugar de moda, a pasar sus vacaciones para poder pasear con Mary por los acantilados. Cuando, en 1828, desenterró el primer pterodáctilo inglés se lo mostró a un frecuente visitante suyo, el reverendo William Buckland de la Universidad de Oxford. Buckland le describió el fósil a la Sociedad Geológica de Londres al año siguiente (aunque la descripción no fue publicada hasta 1835, una ilustración gráfica de la lentitud de la ciencia a principios del siglo XIX; el ritmo sería acelerado considerablemente cuando Marsh y Cope comenzaron a disputarse la prioridad). Aunque ya había sido preparado por Cuvier para ver algo asombroso, la total sorpresa que se llevó Buckland cuando le fue entregada la ilustración hizo que repitiera las palabras de Cuvier. Era, dijo, «un monstruo que no se parecía a nada jamás visto o conocido en la tierra, exceptuando los dragones de las novelas o libros de caballerías^[5]». La técnica anatómica de Cuvier, tan inspiradora para Buckland, había revelado al animal como una criatura voladora. Sin embargo, Buckland estaba claramente influido por algunas de las ideas rivales y volvieron a aparecer viejas confusiones. Buckland estaba desconcertado por los cortos dedos en forma de garras: debieron de ser fuertes garras, pensó, que permitirían al animal reptar, o trepar o colgarse de los árboles. ¡Al año siguiente, en su contribución a los *Bridgewater Treatises on the Power Wisdom and Goodness of God as manifested in the Creation*, agotó todas las posibilidades de hacer de él también una criatura acuática! «Así, como el demonio de Milton, cualificado para todos los servicios y todos los elementos, la criatura era un compañero idóneo para los emparentados reptiles que pululaban en los mares o se arrastraban en las orillas de un turbulento planeta:

El demonio,

a través de los pantanos, cuestas empinadas, estrechos, terrenos quebrados y vegetación densa o escasa, sigue su camino con la cabeza, manos, alas o pies, y nada o se sumerge, o vadea, o se arrastra o vuela.

EL PARAÍSO PERDIDO, Libro II

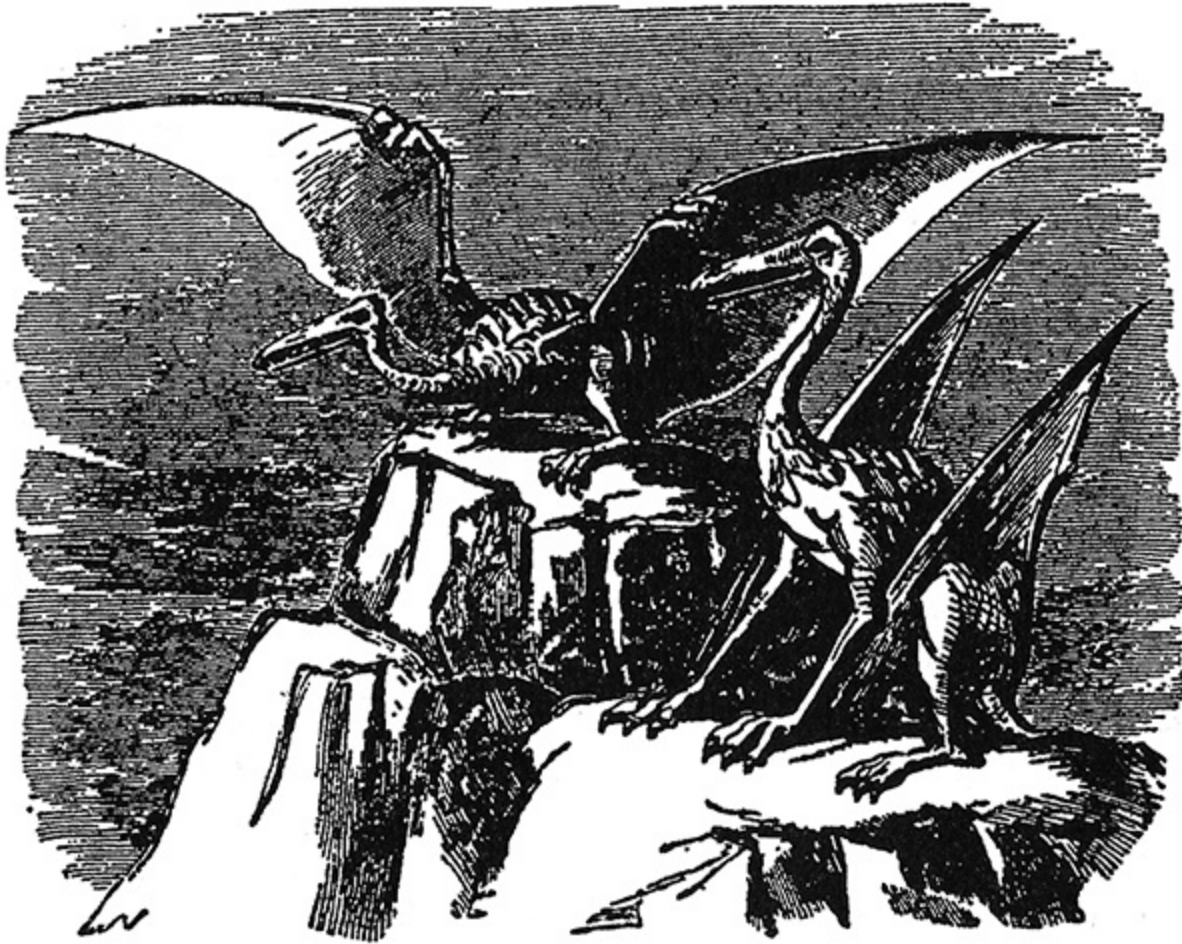
»Con bandadas de criaturas de este tipo, volando en el aire, y multitudes de ictiosaurios y plesiosaurios no menos monstruosos en los mares, y cocodrilos gigantes y tortugas arrastrándose por las orillas de los primitivos lagos y ríos, el aire, el mar y la tierra debieron de estar habitados de forma extraña en los primeros períodos de nuestro joven mundo^[6]».

La imagen evocada por Buckland fue reflejada de forma ilustrativa por otro aficionado bastante excéntrico de Dorset, sólo cuatro años más tarde. Thomas Hawkins, un coleccionista de fósiles saurios marinos, reprodujo de forma gráfica la confusión contemporánea e hizo una interpretación teológica que resultaba bastante anacrónica, incluso en 1840. La portada del libro de Hawkins, *Book of the Great Sea-Dragons, inchthyosauri and Plesosiosauri, Gedolim Taninim of Moses, Extinct Monsters of the Ancient Earth*, había sido confeccionada por John Martin y representaba la carnicería que se producía cuando estos monstruosos seres se juntaban en el mundo preadánita. Los grabados de John Martin también adornaban la obra de Gideon Mantell, *Wonders of Geology*, donde ilustra a un *Megalosaurus* y un *Iguanodon* luchando encarnizadamente. Estos grabados sólo recibieron elogios de Hawkins y Mantell a pesar de que, como reconstrucciones científicas, aun siendo las primeras de este tipo, más bien parecían caricaturas de apariciones grotescas. Othenio Abel, profesor de paleobiología en la Universidad de Viena, a principios de este siglo, y experto en reconstrucciones, las censuró por ser tan atroces como la fantasía de Julio Verne. Nos recuerdan, dijo sarcásticamente, una «figura fantasmal de uno de los infiernos de Breughel^[7]».

Hawkins era un recolector infatigable y, en su afán de «sacar a los antiguos saurios de sus tumbas de roca», tal como los describió Richard Owen, acabó llevándose yacimientos enteros. Mediante este método de demolición general, recogió algunos de los mejores saurios marinos jamás hallados que, con el tiempo, pasaron a ser propiedad del Museo Británico donde aún están expuestos hoy en día. Afortunadamente, los monstruos que habitaban inofensivamente la tierra sólo eran «efigies de razas extinguidas», razas que «eran ajenas a las actuales como lo son, probablemente, las de Saturno^[8]». Eran una creación antigua de Jehová, que hacía mucho tiempo ya había abandonado el proyecto. «Perpetúan un diseño que ya no se usa», dijo Hawkins, de forma que sería imprudente intentar emparentar las formas pasadas y presentes. Se trataba de mundos, o al menos reinos, diferentes. ¡Estos gigantes marinos ni siquiera pertenecían al reino animal y Hawkins, de acuerdo con esto, creó un nuevo reino bíblico para ellos, el Gedolim Taninim!

Cuando, finalmente, se impusieron las ideas de Cuvier y se determinó definitivamente la forma de locomoción de los pterodáctilos, se disipó la confusión. Antes de que Richard Owen mandara reconstruirlos en el Crystal Palace, en 1854, ya habían sido reconocidos por todos como criaturas voladoras. Los representó posados majestuosamente en la cima de un risco a punto de elevarse en el aire, uno con las alas plegadas y el otro con las alas extendidas. Después de haber

Llegado a la opinión unánime de que se trataba de voladores, surgió un nuevo problema. Debido a que tanto los pterodáctilos como las aves se habían originado a partir de arcosaurios ancestrales, y ambos tenían alas, algunos pensaron que podrían estar directamente emparentados. Owen rehusó cautelosamente equiparar los pterodáctilos a las aves, a diferencia de St. George Mivart que, como apasionado evolucionista, deseaba hacer de los pterodáctilos los antepasados inmediatos de las aves voladoras. Los pterodáctilos habían aparecido en rocas de épocas mucho más antiguas, observó como prueba de su teoría, y los largos picos y forma general recordaban a las aves. La realización se hizo aún más verosímil cuando los paleontólogos empezaron a obtener pruebas fragmentarias del cerebro del pterodáctilo, del cual se había sospechado desde hacía tiempo que era más grande que el de los reptiles modernos.



q. Ilustración contemporánea de los pterodáctilos realizada por Owen y Hawkins en el Crystal Palace. Hawkins se imaginaba a los reptiles voladores como prototipos del mítico dragón y los construyó de acuerdo con esta idea.

Los esqueletos fósiles bien conservados de pterodáctilos que revelen detalles del cerebro son bastante raros aunque, a lo largo del siglo XIX, se fueron reuniendo pruebas a partir de diferentes fragmentos. Posteriormente, en la década de 1880, el reverendo D. W. Purdon encontró un esqueleto de aspecto prometedor en el esquisto de alumbre del jurásico inferior en Whitby, en Yorkshire, que envió al Geological Survey, en Londres, para su examen. En el Survey, en 1888, E. T. Newton llamó a la criatura *Scaphognathus purdoni*, en referencia a su descubridor, y, aprovechándose de su estado no fragmentado, sometió el esqueleto a un detallado estudio^[9]. Una fractura en el cráneo permitió estudiar la cavidad craneana y sugirió que se había conservado en

las rocas un molde del cerebro durante 170 millones de años. Newton, sacrificando los huesos craneanos superficiales, fue recompensado por una impresión craneana parcialmente impecable y, a partir de ésta, confeccionó una réplica del cerebro del «pterosaurio». (El término colectivo de «pterodáctilo» ya estaba siendo abandonado pues sólo se refería a uno de los grupos principales de reptiles voladores; el conjunto del grupo se denomina ahora pterosaurios).

El diminuto cerebro de los reptiles modernos nunca llena por completo la cavidad ósea del cráneo. Por esta razón, los moldes tomados del interior de la caja craneana no son realmente representativos del cerebro que siempre es más pequeño. En las aves y los mamíferos, en cambio, el cerebro muy expandido ejerce presión contra las paredes del cráneo de forma que los moldes internos proporcionan un modelo exacto del tamaño, y tanto del tamaño como de la forma. Newton, que por primera vez examinó detenidamente el cerebro «reptil» de un pterosaurio, estaba sorprendido. «Es indudable que la forma del molde —escribió— representa la forma del cerebro del pterodáctilo, al igual que lo haría un molde tomado del cráneo de un ave o un mamífero; y estos moldes muestran la forma externa natural del cerebro incluso mejor que el mismo cerebro^[10]». El cerebro del pterodáctilo también había llenado completamente su caja craneana.

Esto no era el único parecido. El cerebro se divide en tres regiones principales. El cerebelo, situado en la parte posterior del primitivo cerebro vertebrado, está relacionado con el movimiento y el equilibrio y es un área poco desarrollado en los reptiles. Los lóbulos ópticos del mesencéfalo coordinan la visión y, una vez más, son más pequeños en los reptiles y dinosaurios que en los mamíferos y las aves. Lo mismo es válido para los hemisferios cerebrales en el prosencéfalo, que albergan los centros de coordinación superior (una excepción de esto, tal como hemos visto, son los ágiles y listos dromeosaurios y dinosaurios avestruces). El cerebro posterior, o cerebelo, obviamente tiene una gran importancia en las aves ya que controla y coordina las complicadas maniobras necesarias para el vuelo (y también para posarse en algún lugar ya que requiere un sentido del equilibrio mucho más desarrollado que el necesario para mantenerse sobre cuatro patas). El cerebelo se ha desarrollado tanto en las aves, que los lóbulos ópticos han sido desplazados hacia un lado mientras que el dilatado prosencéfalo ha crecido hacia atrás. Los lóbulos ópticos agrandados han tenido que expandirse lateral y ventralmente hacia la base propia del cerebro.

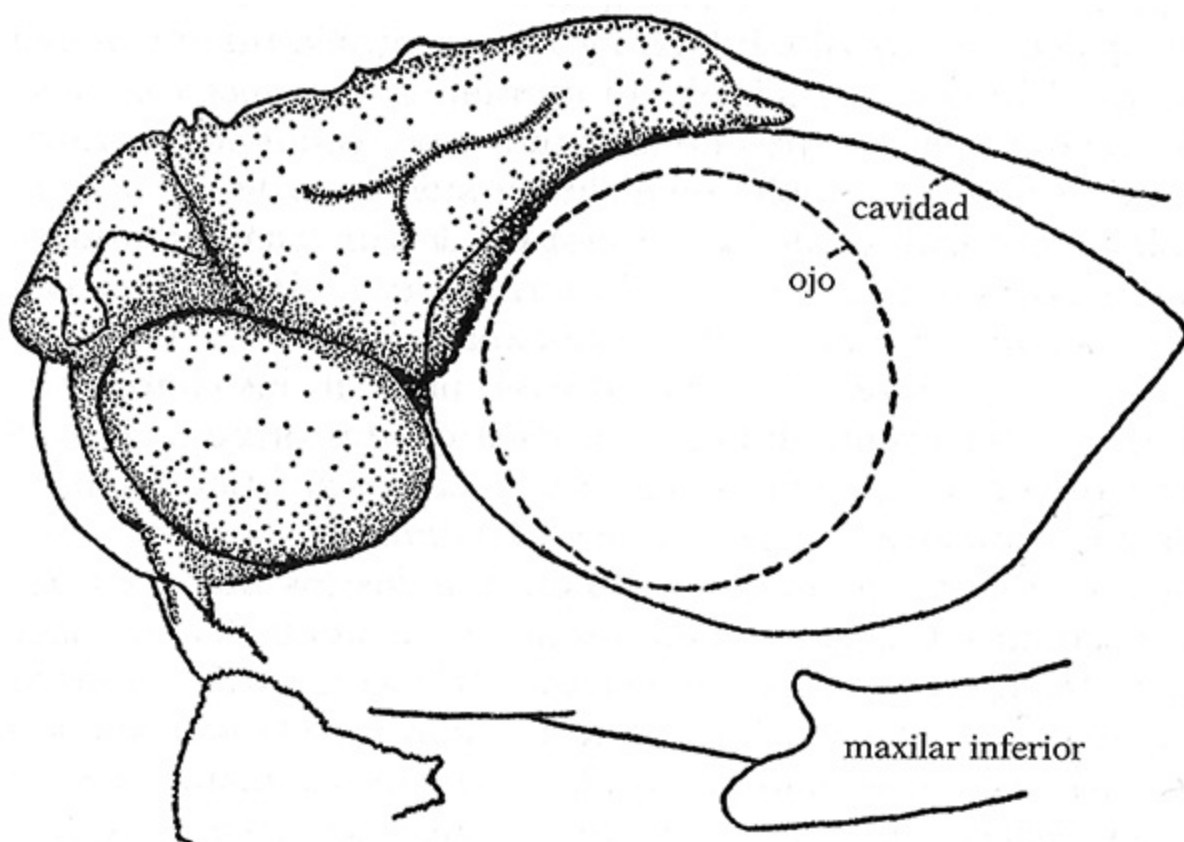
Esto es totalmente desconocido en los reptiles *normales* y, a pesar de todo, Newton encontró exactamente la misma condición en el *Scaphognathus*. El cerebro posterior estaba aumentando de tamaño y había adquirido un aspecto bastante avícola, al igual que el cerebro anterior. Estos dos se habían encontrado y excluido a los lóbulos ópticos de la superficie dorsal del cerebro. Los lóbulos ópticos eran grandes pero habían sido desplazados hacia los lados del cerebro. La completa reducción del bulbo olfatorio demuestra que los pterosaurios, al igual que las aves, prácticamente habían perdido su sentido del olfato y que ambos dependían, en lugar de ello, de una vista excelente. En conjunto, las semejanzas entre el cerebro del reptil volador y el de un ave son notables. Los pterosaurios tenían, con mucho, el cerebro más grande (hablando en términos relativos) que cualquier otro reptil y, por lo que se refiere a la inteligencia, habrían hecho que sus primos reptiles parecieran bastante estúpidos, aunque entre los dinosaurios podrían ser equiparados a los dromeosaurios y a los dinosaurios avestruz. Los pterosaurios, supuestamente

reptiles inferiores, habían desarrollado de forma independiente un cerebro casi tan eficaz como el de las aves. «Por sí solo, —dijo Seeley en 1901—, el cerebro con forma avícola en un animal sería una prueba, tan válida como cualquier otra, de que su grado de organización era el de una ave^[11]».

La razón de la semejanza de cerebros es fácil de comprender. Los pterosaurios tenían tamaños muy variables, que iban desde el diminuto «dragón alado», *Ptenodracon*, de finales del Jurásico, tan pequeño como un gorrión, hasta los gigantescos *Pteranodon* y criaturas aún más grandes de finales del cretáceo. La mayoría de los pterosaurios pequeños tenían las alas cortas y anchas que caracterizan a las aves que baten las alas (en contraposición con las aves planeadoras), de forma que es sensato suponer que ellos también batían las alas. (Las alas largas y delgadas, como las de los albatros, de los pterosaurios que aparecieron posteriormente indican hábitos planeadores). Debido a que los pterosaurios adoptaron el mismo tipo de existencia aérea que las aves, debieron necesitar las mismas áreas de coordinación en el cerebro para controlar el equilibrio y poder realizar maniobras complejas. Al igual que en las aves, su vista era obviamente excelente (esto también lo sabemos en base al gran tamaño de las órbitas) y es posible que incluso tuvieran una visión en color.

La idea de que los pterosaurios tenían cerebros como las aves fue confirmada completamente cuando, en 1941, fue examinado otro excelente espécimen. El pterosaurio de Newton había perdido parte del cerebro, pero el espécimen descrito por el eminente neuropaleontólogo Tilly Edinger pudo ser reconstruido completamente^[12]. El nuevo espécimen, un diminuto *Pterodactylus* de sólo unos cuantos centímetros de longitud, y perfectamente conservado en su bloque de Solnhofen, había sido donado al Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard por su descubridor, Louis Agassiz, en el siglo XIX. Un gran «lóbulo temporal» en el cerebro anterior le proporcionaba a la criatura un aspecto con cabeza oviforme. En vida, probablemente incluso había tenido un *aspecto* inteligente. Edinger también quedó sorprendido por la forma de cómo el cerebro posterior y el cerebro anterior habían crecido hasta juntarse como en las aves. Obviamente, observó, «éste es uno de los caracteres que diferencia a todos los pterosaurios de otros reptiles». Cualquier duda que aún pudiera quedar en relación con la inteligencia de los pterosaurios (Newton no quiso destacar demasiado esta característica para no apoyar la teoría de que los pterosaurios evolucionaron hacia las aves), fue rápidamente disipada por Edinger. El *Scaphognathus* de Newton tenía un pico extraordinariamente largo que hacía que el cerebro pareciese más pequeño en relación con la longitud del cráneo. En otros especímenes, en cambio, las proporciones eran como las de las aves cantoras. Cuando los pterosaurios evolucionaron, sus cerebros se hicieron aún más parecidos a los de las aves, de forma que, en el *Pteranodon*, la anchura del cerebro anterior era incluso mayor que su longitud al igual que sucede en las aves. Los pterosaurios incluso poseían surcos cerebrales en exactamente las mismas posiciones que en los cerebros de las aves, mientras que los lóbulos ópticos de los pterosaurios que aparecieron posteriormente como el *Pteranodon* eran similares a los de las aves más *avanzadas*. En los reptiles, la parte posterior del cráneo está modelada de acuerdo con su necesidad de proporcionar áreas de adhesión para los músculos, mientras que, en los pterosaurios, aves y mamíferos, el cerebro posterior se ha agrandado tanto que ha formado una cúpula cerebelosa que determina la forma de la parte trasera del cráneo. «Por lo que se refiere a la longitud —concluyó Tilly Edinger—, los cerebelos de los

pterosaurios se hallan en el límite superior de variación reptil y en el límite inferior de variación avícola», aunque su aspecto fuera puramente avícola. ¡El pterosaurio debió de ser un reptil tan extraordinario como lo es un ave o un mamífero! Sin embargo, aún veremos cuán extraordinario era.



r. Cerebro agrandado del *Pterodactylus* que hacía presión contra su caja craneana.

Debido a que el funcionamiento de un avión se equipara a sus controles, podemos, suponer, que los pterosaurios eran voladores muy maniobrables. Los mecanismos de control estaban tan sumamente bien desarrollados para el vuelo complejo que, durante algún tiempo, los pterosaurios mantuvieron los suyos en competencia con las aves en vías de desarrollo. La extremadamente activa existencia aleteadora de las aves requiere una gran cantidad de energía. El delicado equilibrio, la compleja coordinación y la pura fuerza requeridos, significan que los músculos deben recibir constantemente oxígeno para que puedan oxidar rápidamente los azúcares, a fin de liberar un flujo continuo de energía. Estas reacciones químicas que producen energía requieren una temperatura alta, constante para una liberación óptima y rápida de la energía en todo momento. Por lo tanto, no es una sorpresa que las aves de sangre caliente, con un elevado índice metabólico, tengan temperaturas corporales medias uno o dos grados más elevadas que en el hombre. Al disponer de un metabolismo rápido, las aves son capaces de permanecer activas durante largos períodos de tiempo. Han hecho todo lo posible para desarrollar estructuras nuevas que permitan que los pulmones puedan absorber la máxima cantidad de oxígeno: oxígeno requerido tanto para mantener una elevada temperatura como para producir la energía necesaria para volar.

La mecánica respiratoria de los mamíferos (una bomba constituida por las costillas-diafragma-pulmones), proporciona una solución al problema de la energía. Sin embargo, las aves emplean un sistema distinto, igualmente eficaz. Aquí, los pulmones son más rígidos pero conducen a extensos sacos aéreos que se ramifican por toda la cavidad corporal. Frecuentemente, existen diez de estos sacos de aire aunque éstos también van formando sacos más pequeños, en forma de vejiga, que se distribuyen por los brazos y las piernas. Los huesos de muchas aves son huecos y tienen pequeñas aberturas específicamente para permitir la entrada de los sacos aéreos (que revisten el *interior* de los huesos). Los huesos de las extremidades, columna vertebral, etc., son literalmente estructuras llenas de pulmón. Se cree que estos sacos, en forma de globo, actúan como depósitos de aire para el tórax, como un fuelle, bombeados mediante el esternón y el batido de las alas (durante el vuelo, las palomas sincronizan la respiración y el batido de las alas). El bombeo impulsa el flujo de aire a través de los diminutos tubos pulmonares, donde se produce la verdadera absorción de oxígeno y eliminación del dióxido de carbono residual. Y, lo que es de suma importancia, este flujo de aire a través del cuerpo facilita el enfriamiento. Frecuentemente, se puede ver a las aves «jadar» después de haber hecho ejercicio.

Es razonable pensar que los pequeños pterosaurios batían las alas, despegando activamente. En este caso, probablemente necesitaban un rápido intercambio de oxígeno-dióxido de carbono para obtener una producción de energía constante. Al igual que las aves, necesitarían eliminar rápidamente el exceso de calor. Debido a que los pterosaurios poseían pequeños orificios en sus huesos huecos, probablemente también tenían sacos pulmonares, y una bomba de los sacos aéreos. En 1837, Hermann von Meyer utilizó estas aberturas como prueba de que los pterosaurios eran voladores. Los huesos neumáticos de los pterosaurios parecen huesos avícolas llenos de aire, excepto por el hecho de que presentan una envoltura ósea aún más delgada. Los finos huesos de las aves parecen macizos en comparación. Los huesos de los pterosaurios contenían sacos más grandes con más aire. Quizá por esta razón las aberturas, colocadas de forma similar en las aves y en los pterosaurios, siempre eran más grandes en estos últimos.

Seeley dedicó toda su vida al estudio de los pterosaurios mesozoicos y, en 1901, resumió los hallazgos en el libro *Dragons of the Air*. Aparte de una obra especializada anterior suya, éste era el primer libro dedicado exclusivamente a estas extraordinarias bestias^[13]. En éste, estaba poco dispuesto a admitir que los pterosaurios eran reptiles. El cerebro era como el de las aves, prueba del elevado nivel de inteligencia necesario para el vuelo aleteante de un vertebrado. El sistema respiratorio probablemente era similar al de las aves, demostrando una avidez de aire que revelaba una aceleración metabólica. Naturalmente, la conclusión de Seeley fue que los pterosaurios eran de sangre caliente. De otra manera, es difícil imaginárselos volando durante períodos más largos sin producir un demoledor déficit de oxígeno. Un lagarto aleteante, aún estando equipado con la musculatura y coordinación mental necesarias, habría caído prematuramente a tierra por agotamiento. Es especialmente poco probable que los pterosaurios malgastaran la ventaja de tener una ventilación avícola, no modificando el sistema circulatorio. El corazón de los lagartos, con tres cámaras, mezcla la sangre arterial rica en oxígeno con la sangre venosa pobre en oxígeno antes de bombearla al cuerpo. Los cocodrilos, que se originaron a partir de los ancestrales arcosaurios aproximadamente al mismo tiempo que los pterosaurios, tienen un corazón que

funcionalmente posee cuatro cámaras. Probablemente los dinosaurios, que se originaron a partir de un mismo tronco, también desarrollaron este tipo de corazón. Éste está presente en los descendientes avícolas de los dinosaurios. Como observó Seeley: «El tipo de corazón que siempre se asocia a estructuras vitales, como las que se pensaba tenía el pterodáctilo, habiendo sido éstas deducidas a partir del molde cerebral y de los orificios neumáticos en los huesos, es el corazón de cuatro cámaras de las aves y de los mamíferos^[14]». El sistema circulatorio de los pterosaurios no presentaba ningún rasgo inconfundiblemente reptil, concluyó Seeley.

Sin duda, Seeley tenía razón. Unos eficaces pulmones avícolas proporcionaban el oxígeno y eliminaban el calor y el dióxido de carbono residual necesarios para los vuelos largos. Probablemente, un corazón de cuatro cámaras garantizaba el suministro constante de sangre saturada de oxígeno a los tejidos. Un vuelo sostenido implica una aceleración metabólica. Los pterosaurios eran de sangre caliente como los mamíferos y las aves.

Debido a que los pterosaurios eran endotermos, y muchos de ellos eran pequeños (el *Ptenodracon* sólo tenía el tamaño de un gorrión), debieron de estar protegidos por un abrigo de piel o plumas, o quizás incluso disponían de algún tipo de aislamiento que no ha podido sobrevivir hasta nuestros días. Una criatura de sangre caliente del tamaño de un ave no habría resistido nunca la pérdida de calor, si no hubiese dispuesto de plumas. No existen aves desnudas y tan sólo uno o dos ejemplos de pequeños mamíferos sin pelo (algunos animales que viven en madrigueras como los topos carecen casi completamente de pelo pero están aislados del frío extremo por sus madrigueras). La afirmación de Goldfuss de que se podían divisar mechones de pelo en los pterodáctilos fosilizados, nunca fue tomada muy en serio en Alemania. Esto no es sorprendente, ya que Cuvier había dicho que la bestia era un reptil y los reptiles son escamosos por definición. Hasta el lúcido estudio realizado por Seeley era inconcebible, al pensar que un *reptil* pudiera ser de sangre caliente. Anteriormente, ya se habían hecho una o dos sugerencias alternativas, pero el tema era abordado con extrema cautela y sin confianza alguna. Las ideas de Goldfuss impresionaron mucho al zoólogo inglés Edward Newman. Sin embargo, suponiendo que fuera cierto que los pterosaurios tuvieran pelo, Newman también tendría que admitir que no podían haber sido reptiles. Cuando, en 1843, Newman escribió su artículo tenía conocimiento del controvertido maxilar de «opossum» de Buckland hallado en la pizarra jurásica de Stonesfield treinta años antes (de hecho fue el primer mamífero mesozoico en ser descubierto). De forma que se aventuró a sugerir que los pterodáctilos contemporáneos también habían sido marsupiales, sólo que murciélagos marsupiales. Estando expuesto a la mofa pública, insistió en que los anatomistas no adoptaran una actitud reverencial hacia las autoridades: Cuvier y Buckland podrían estar equivocados. «Ahora creo que es *posible* —dijo Newman cautelosamente— que Cuvier y Buckland no tuvieran razón. Confieso que esto es muy *improbable*, pero sostengo que es *posible*. Sea cual sea el concepto que tengamos de ellos, existe el factor humano que nos induce a pensar que ellos también son capaces de cometer errores^[15]». La herejía de Newman fue contestada con un silencio torrencial, destino que acontece demasiadas veces a las especulaciones iconoclasticas.

Sólo cuando Seeley comenzó a echar las bases para el cambio en la opinión respecto a la condición del pterosaurio, la cuestión del aislamiento se hizo crucial. Si, como sugería Seeley, se trataba de una criatura de sangre caliente, ¿no debería haber tenido algún tipo de aislamiento? En

1908, Karl Wanderer, de la Universidad de Munich, examinó los pterosaurios en el Museo de Dresde para ver si *él* podía ver pelo. Goldfuss afirmaba que su fósil presentaba impresiones de piel con una superficie verrugosa, lo cual interpretó como prueba de la presencia de pelo o plumas en vida. Wanderer lo dudaba. Estos «hoyuelos» distribuidos irregularmente no eran debido a otra cosa que a la naturaleza desmenuzable de la roca^[16]. Más tarde, en 1927, uno de los paleontólogos alemanes más respetados, Ferdinand Broili, mostró enérgicamente su disconformidad con Wanderer insistiendo en que efectivamente se *trataba* de impresiones de mechones de pelo y, para demostrarlo, comparó la piel verrugosa de un murciélago con las impresiones de la piel de los pterosaurios. No cabe duda, exclamó, de que los pterosaurios poseían un abrigo de piel^[17]. Sin embargo, el artículo cayó oportunamente en el olvido y, si no fuera por algunos recientes hallazgos espectaculares, probablemente se habría perdido por completo.

En 1970, A. G. Sharov, de la Academia de Ciencias Soviética, estaba recolectando fósiles en los depósitos de lagos del jurásico superior en Karatay, Kazajstán, una provincia del sur de la ex URSS y descubrió un pequeño pterosaurio extraordinariamente bien conservado. Las rocas de esta región que contienen los fósiles, al igual que las de Solnhofen y Eichstätt, son de grano muy fino al haberse formado a partir de los sedimentos de un antiguo lago y, al igual que la piedra caliza de Baviera, registran las impresiones de la piel y otras partes blandas de los animales que quedaron incrustados en ellas. El pterosaurio ruso de Sharov estaba completo, mostrando las impresiones de las membranas de las alas y un abrigo de piel. Todo el cuerpo estaba revestido de pelo largo y espeso; en vida, probablemente era blando y lanudo ya que los pelos y mechones individuales parecen estar curvados e inclinados en el fósil. También había pelo en los dedos y las membranas entre los dedos del pie, aunque aquí más corto, e incluso se puede observar en la misma membrana de un ala. Sharov llamó enigmáticamente su bestia *Sordes pilosus*, que literalmente significa «abrigo de pieles sucio». Sin embargo, también empleó el equivalente ruso de *Sordes* que, en esta lengua, tiene el significado alternativo de «demonio» o «espíritu maligno», por lo cual el nombre también podría ser traducido, más sugestivamente, como «demonio peludo^[18]».

Este descubrimiento demostró inequívocamente que los pterosaurios eran de sangre caliente. Retrospectivamente, es fácil decir que no podría haber sido de otra forma. Sin embargo, el proceso para llegar a esta conclusión fue largo y penoso, abarcando casi dos siglos. Durante este tiempo, nuestra opinión sobre esta extraña bestia ha sufrido una radical transformación. Con la autoridad de Cuvier, el pterodáctilo fue clasificado como reptil, lo cual hacía imposible la existencia de pelo. (Oficialmente *aún* sigue siendo clasificado como reptil en todos los textos corrientes). Después de la publicación de los estudios de Seeley a principios del siglo XIX, se fue aceptando cada vez más la idea que un vertebrado volador no podría haberse elevado nunca en los aires, a menos que dispusiera de una fisiología con un metabolismo rápido y con gran producción de energía, al menos equivalente a la de un murciélago. Este tipo de fisiología se acompaña de una elevada temperatura interna, que es mantenida estable para garantizar un funcionamiento bioquímico óptimo. En base a estos antecedentes teóricos, el hallazgo de Sharov no debería haber causado gran sorpresa; ya estábamos prevenidos. Con el fin de evitar la pérdida de calor y el desperdicio de energía, los pterosaurios habían desarrollado pelo de forma paralela a los mamíferos. Al igual que los mamíferos, los pterosaurios probablemente pasaban muchas horas

cada día limpiándose el pelo. En los pterosaurios primitivos, los dientes y las garras posiblemente habían servido de peines. Cuando en los tipos que surgieron posteriormente se perdieron los dientes, con el fin de perder peso, y las garras ya no llegaron al tronco, posiblemente el pico asumió esta función.

Debido a que los pterosaurios eran bastante inteligentes y de sangre caliente, ¿cuál era su forma de reproducción? ¿Ponían huevos o daban a luz a crías vivas? Y lo que es aún más importante, ¿existían cuidados posnatales? Incluso los cocodrilos de pequeño cerebro son padres dedicados que desentierran a sus crías que salen de los huevos para transportarlas hasta el agua (en sus maxilares). Incluso irán en su ayuda si las oyen chillar cuando están en manos de algún científico incauto. Apenas cabe menos esperar de la forma de atención paterna de los lejanos primos voladores de los cocodrilos.

Debido a que los pterosaurios habían desarrollado el cuerpo volador más ligero de todos los vertebrados, y se habían tomado mucho trabajo para reducir el peso a gran escala, es improbable que las hembras pudieran haber volado llevando a sus crías cuando éstas hubieran alcanzado una fase muy avanzada de su desarrollo. Si los pterosaurios eran vivíparos, las crías probablemente nacían en estado inmaduro, conclusión que también es sugerida por la pelvis muy pequeña de la madre. O, quizá, ponían huevos al igual que las aves. De cualquier forma, los pterosaurios que salían de sus huevos, debido a que eran criaturas inmaduras y de sangre caliente, debieron de depender de sus padres para que les dieran calor, alimentos y más tarde probablemente un entrenamiento de vuelo. Las hembras, al tener un abrigo de piel y ser una fuente de calor, posiblemente empollaban los huevos hasta que salían las crías (el único caso paralelo en el mundo reptil es el de la hembra pitón de la India, que se enrolla alrededor de sus huevos y se calienta a sí misma enviando espasmos de contracción muscular a lo largo de su cuerpo). Los pterosaurios probablemente permanecían junto a sus crías hasta que éstas podían volar^[19]. Esto podría significar que los pterosaurios se apareaban, al igual que las aves, durante una época del año —o incluso de por vida—, de forma que el macho pudiera suministrarle a la hembra, que estaría empollando los huevos, los alimentos almacenados en su bolsa. Los pterosaurios habían ascendido a un nuevo nivel social, caracterizado por la unidad familiar temporal. Puede incluso que hubiera existido una organización colonial más avanzada, en la cual los vulnerables polluelos —especialmente del gigantesco *Pteranodon*—, formarían manadas y estarían protegidos por uno o dos adultos. (En la arenisca verde de Cambridge, en Inglaterra, se han encontrado miles de fragmentos de pterosaurios más pequeños, sugiriendo que posiblemente habían sido gregarios, pasando la noche juntos en colonias como los murciélagos. Sin embargo, en este caso es más probable que estos huesos fueran arrastrados por el agua quedando amontonados mucho tiempo después de haberse producido la muerte de los individuos vastamente distribuidos^[20]).

Seeley concluyó su clásico informe sobre los dragones voladores, u «ornitosaurios» como él los llamaba, con una reafirmación de su teoría de que eran algo *más* que humildes reptiles: «estos fósiles han demostrado que los ornitosaurios tienen órganos vitales blandos en común con los dinosaurios y las aves», escribió y que habían desarrollado «formas especiales de órganos respiratorios y cerebros que los distinguían de los reptiles existentes^[21]». Estas ideas fueron formuladas a principios de este siglo y Seeley, que murió sólo ocho años más tarde, no llegaría a

saber nunca que sus ornitosaurios eran peludos, demostrando así fuera de toda duda que eran, tal como él siempre había pensado, de sangre caliente. Su nivel de organización era sumamente alto y, aunque se habían originado a partir del mismo tronco ancestral que los dinosaurios, habían evolucionado más que sus primos. Los dinosaurios también eran de sangre caliente, es cierto, pero los pterosaurios habían desarrollado el pelo como los mamíferos y un cerebro como las aves, de forma que, aun no siendo endotermos más eficientes, con toda seguridad eran más inteligentes. Habían superado la barrera térmica y evolucionado a partir de la clase reptil en la misma medida que las aves o los mamíferos. Bakker y Galton afirmaron, cuando establecieron la clase dinosaurios, que entre los animales vertebrados superiores «la adaptación más importante fue el paso de la endotermia^[22]». Esto había ocurrido en los reptiles semejantes a los mamíferos y en los antepasados de los dinosaurios, dando lugar a nuevos niveles de organización y provocando profundos cambios en los tejidos blandos, que permitieron la producción constante de energía y una mayor actividad. Bakker y Galton continuaron: «Probablemente los antepasados dinosaurios de las aves ya eran endotérmicos y tenían un metabolismo de alto rendimiento, características clave que diferencian a los dinosaurios de los cocodrilos y de otros arcosaurios extinguidos». Esto no es del todo verdad, tal como ya se ha comentado anteriormente, ya que los mismos criterios que le permiten a Bakker declarar a los dinosaurios endotermos, probablemente también son atribuibles a los antepasados seudosuquianos de los dinosaurios, en el caso de que fueran de sangre caliente. Finalmente, esta diferencia podría ser ahora ampliada para incluir a los pterosaurios. La endotermia posiblemente diferencie a los dinosaurios de los cocodrilos, y sea una justificación para mantener a estos últimos como reptiles y elevar a los primeros a una nueva clase. Sin embargo, los pterosaurios también habían evolucionado. Se habían vuelto endotermos y, además, tan eficientes como las aves. Parece bastante absurdo dejarlos en la clase de los reptiles y, al mismo tiempo, elevar de clase a los dinosaurios. Seeley no lo hubiese aprobado.

Si los pterosaurios aún viviesen, inmediatamente reconoceríamos que no eran reptiles. Aristóteles —el gran recolector y clasificador de la antigüedad— nunca habría incluido a un animal de sangre caliente, peludo e inteligente, en el grupo de las serpientes. Esta tradición, de no proceder de esta forma, se habría transmitido hasta nuestro siglo xx, tal como ocurre con las aves y los mamíferos. Desafortunadamente, los pterosaurios se extinguieron a finales del cretáceo y sólo a partir de los huesos fósiles pudieron ser revividos en la mente de los hombres; huesos, además, que inicialmente proporcionaron pocas pistas en relación con la fisiología o inteligencia. Estas características han sido determinadas laboriosamente a lo largo de varias décadas, de forma que ahora nos podemos hacer una imagen bastante clara del pterosaurio en vida que se parece muy poco a los reptiles.

Reconocemos que, aunque los mamíferos se originaron a partir de los reptiles, se trata de criaturas distintas. Asimismo, a los pterosaurios, cuya fisiología tan distinta a la de los reptiles es la prueba de que hacía ya mucho tiempo que se habían distanciado de los reptiles, se les debería otorgar la condición de clase en reconocimiento a su elevado nivel de organización.

Ahora disponemos de todas las pruebas y podemos especular acerca del origen y de las subsiguientes radicaciones de los endotermos no mamíferos del planeta mesozoico y, al mismo tiempo, sugerir por qué determinados grupos fueron capaces de «explotar» cuando lo hicieron. *En*

resumen, podemos exponer una teoría unificada que relaciona estas radiaciones de los vertebrados mesozoicos con los logros fisiológicos subyacentes. Probablemente, los seodosuquianos lograron por primera vez una fisiología de sangre caliente a principios del triásico —hace 210 millones de años— y evolucionaron hacia los paradinosaurios, algunos de cuyos miembros más tardíos (por ejemplo, el *Ornithosuchus*) llegaron a tener un gran parecido con los dinosaurios carnívoros bípedos. Los dinosaurios ornitisquianos y saurisquianos aparecieron aproximadamente a mediados del triásico, explotando al máximo su legado fisiológico y postural seodosuquiano y asumiendo rápidamente una posición dominante en el orden del mundo mesozoico. Sin embargo, otros seodosuquianos bípedos del triásico medio, con brazos libres de la carga de su función de soporte y locomoción, empezaron a planear y desarrollaron una membrana de piel que se extendía entre los brazos y el tronco. Existen pruebas de la existencia de esta fase intermedia, el seodosuquiano planeador *Podopteryx* (literalmente «pie alado»), encontrado por Sharov en sedimentos del triásico superior en Rusia^[23]. (El *Podopteryx* vivió en una época demasiado tardía como para haber sido el verdadero antepasado de los pterosaurios). Los seodosuquianos estaban «preadaptados» para volar si, en efecto, ya poseían una fisiología de metabolización rápida. De este modo, pudieron elevarse en los aires como criaturas que batían las alas y, a principios del triásico tardío, aparecieron los primeros pterosaurios en los cielos^[24]. Es bastante probable que hubiera un *único* origen de la endotermia entre los «saurios» del mesozoico que se remontaba a los tecodontes de principios del triásico, y que esto desencadenó dos explosiones principales, la de los dinosaurios y la de los pterosaurios. Estos descendientes endotermos seodosuquianos se dieron cuenta del potencial inherente a su legado fisiológico y se convirtieron en unos de los vertebrados terrestres que más éxito han tenido en la historia. (Véase el árbol genealógico de los vertebrados superiores en el apéndice 1). La sustitución de un origen único por dos o incluso tres orígenes independientes de la endotermia, simplifica en gran manera nuestra visión de la historia de los vertebrados además de satisfacer la exigencia científica de sencillez. El resultado es una síntesis estéticamente grata que satisface ampliamente, por su amplia envergadura y gran poder aclaratorio (que, al fin y al cabo, es el objetivo final de la explicación científica).

A pesar de que los pterosaurios más pequeños eran aleteadores, a finales del mesozoico se desarrollaron extraños planeadores gigantes, entre ellos los animales voladores más grandes que han existido en el mundo. Anteriormente a 1840, ninguna especie conocida superaba, en tamaño, a un gran murciélago de la fruta. Esto no era extraño, dijo Richard Owen en aquella época, ya que «*a priori* era fisiológicamente improbable que la organización de sangre fría de un reptil pudiera ser capaz de elevar en los aires una masa más grande de la que podían levantar los mamíferos de sangre caliente^[25]». En 1845, el secretario de la Sociedad Paleontográfica, James Scott Bowerbank, describió un nuevo espécimen de la creta de Kent que presentaba una envergadura de, al menos, 2,44 o 2,74 metros. En lugar de modificar su teoría de que los pterodáctilos eran de sangre fría, Owen exclamó que Dios una vez más estaba demostrando su omnipotencia al haber logrado lo que parecía imposible. Este espécimen, dijo Owen, «demuestra

que las manifestaciones de la fuerza del Creador en tiempos pasados sobrepasan cualquier cálculo basado en la naturaleza real^[26]». Posteriormente, en 1847, Bowerbank excavó un pterodáctilo que no superaba al otro en longitud, pero que tenía casi el doble de tamaño, con una envergadura que alcanzaba los 4,5 o 4,8 metros de punta a punta y al que llamó *Pterodactylus giganteus*. Fue una criatura de este tamaño la que Owen mandó reconstruir a escala natural en el Crystal Palace en Sydenham.

Después de la exploración del Oeste, la atención se desvió hacia el Nuevo Mundo. En el otoño de 1870, O. C. Marsh (acompañado de Col. W. F. Cody, más conocido como «Buffalo Bill») dirigió una expedición del Yale College en la región de las Montañas Rocosas en busca de nuevos fósiles y, como siempre, al eminente paleontólogo le aguardaba una gran bonanza. El equipo de Marsh estableció su campamento en la bifurcación norte del río Smokey, al oeste de Kansas, y comenzó a explorar los depósitos de creta del cretáceo superior.

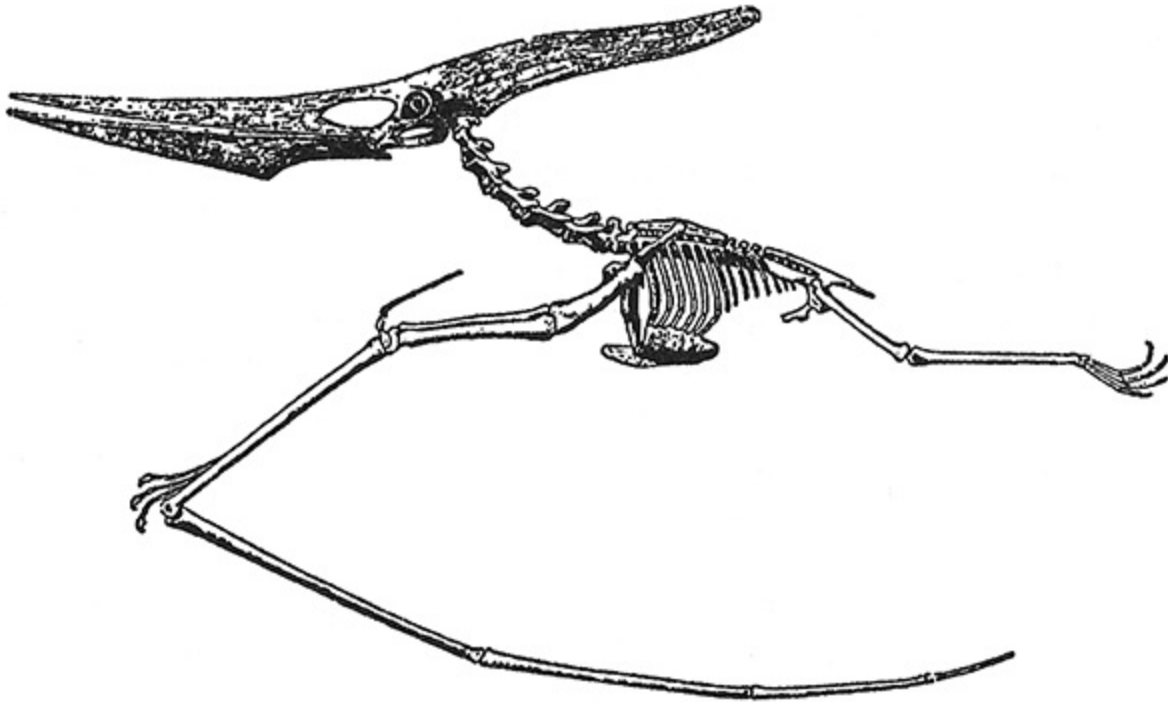
Kansas era el territorio de Cope y la creta había proporcionado una rica variedad de espectaculares criaturas al recién descubierto rival de Marsh, que incluían muchos mosasaurios y el plesiosaurio marino de cuello largo, *Elasmosaurus*. En realidad, Cope no había visitado Kansas. Los fósiles, de hecho, le habían sido enviados a Filadelfia donde los describió. El *Elasmosaurus* fue enviado en 1868 y el momento de su llegada a Filadelfia coincidió con el del experto inglés en reconstrucciones, Benjamin Waterhouse Hawkins, que estaba buscando reptiles prehistóricos para su Museo Paleozoico. De esta forma, ocurrió que, apenas Cope había descrito el animal, Hawkins ya había construido un modelo de tamaño natural en el centro de Nueva York. Una vez desencadenada la guerra entre Marsh y Cope (provocada por Cope que no había sido capaz de distinguir entre la cabeza y la cola del *Elasmosaurus*), comenzó la apasionada carrera en busca de nuevos descubrimientos. Marsh cruzó las Montañas Rocosas por primera vez en 1868 y, pensando que la recolección de huesos en Kansas era buena, volvió con el equipo de Yale en 1870. Marsh inmediatamente desenterró tres nuevas especies de mosasaurios, uno de los cuales alcanzaba una longitud de 9 metros. Durante las excavaciones, se tropezó con algunos huesos problemáticos; éstos eran largos, delgados y, a primera vista, se parecían a los huesos de las patas de las aves zancudas. Al igual que los huesos avícolas eran ligeros, tenían paredes delgadas y eran neumáticos. Los restos de los huesos obviamente procedían de dos especies distintas. Marsh estaba preocupado porque las articulaciones eran completamente diferentes a las de las aves y, a pesar de su gran tamaño, sólo podían ser comparadas con la articulación de los dedos de las alas de los pterosaurios ingleses. Sin embargo, el dedo era desproporcionado; a pesar de que Marsh sólo tenía un diminuto fragmento de un metacarpiano, éste medía 17 centímetros de longitud. «¡Esto indicaría —dijo Marsh proféticamente— una envergadura de las alas de no menos de 6 metros de largo^[27]!». La temporada de recolección estaba llegando a su fin, de forma que el entusiasmo tuvo que ser contenido. Marsh se vio obligado a esperar hasta el verano siguiente para poder confirmar sus especulaciones. En el verano siguiente, 1871, el talento de Marsh para descubrir fósiles resultó en un hallazgo que incluso eclipsó parcialmente a sus reptiles alados. Cuando volvió a la creta de la región del río Smokey, en Kansas, descubrió el primer esqueleto de un ave no voladora del cretáceo, el *Hesperomis*, o «ave del Oeste», en los lechos que contenían los fósiles de pterosaurios^[28]. (Los simpatizantes de Cope insisten en que no fue Marsh sino

Benjamin Mudge quien, en realidad, encontró los restos del *Hesperomis* y advirtió su importancia. Mudge estaba a punto de enviárselos a Cope cuando apareció en escena Marsh y convenció a Mudge para que se los entregara). Los enormes pterosaurios obviamente habían vivido junto con aves de aspecto bastante moderno (moderno en comparación con el arcaico *Archaeopteryx* a pesar de que el *Hesperomis*, al igual que los dinosaurios-ave, tenía dientes). La profecía de Marsh acerca del gigantesco tamaño de los reptiles voladores se confirmó dramáticamente en este viaje. Encontró nuevos especímenes con los que pudo sumar la longitud de los diversos huesos aislados de alas. El metacarpiano de la mano, del cuál ya había encontrado un pequeño fragmento, medía 40 centímetros mientras que el primero de los cuatro huesos del dedo alargado del ala medía 43 centímetros. El brazo era corto y medía 18 centímetros. Esto hacía un total de más de 1,20 metros sin contar los tres huesos de los dedos de las alas que faltaban. «Las mediciones reseñadas anteriormente de los huesos de las alas indicarían una longitud total de las alas de, al menos, 2,6 metros y una envergadura de ambas alas de 5,5 a 6,1 metros. Por lo tanto, la presente especie incluye a algunos de los “dragones voladores” más grandes jamás descubiertos^[29]». Aun hallándose en los primeros días de su carrera en busca de fósiles, Marsh difícilmente podría haber encontrado algo más espectacular para aventajar a su rival. En una posición algo más elevada del mismo yacimiento, desenterró un pterosaurio aún más grande cuyos huesos de las alas eran la mitad más anchas que las del espécimen anterior, que ya había sido bautizado con el nombre de *Pterodactylus occidentalis*. Marsh, al que obviamente se le acabaron los superlativos, veía al nuevo espécimen como «uno de los pterosaurios más gigantescos. ¡Tenía al menos el doble de volumen que el *Pterodactylus occidentalis* y probablemente la distancia, medida de punta a punta de las alas completamente extendidas, sería de aproximadamente 6,7 metros!».

Sin duda fue un gran triunfo personal para Marsh. El hallazgo de los primeros Pterosaurios americanos le había correspondido a él, como era justo. Cope, entretanto, no sería dejado fuera. Cuando, al final de la segunda temporada de excavaciones, Marsh abandonó Kansas, Cope inmediatamente se dirigió a los mismos lugares y comenzó a excavar frenéticamente a fin de conseguir su propia colección de valiosos fósiles de la creta. (Cuando, una década más tarde, el *Popular Science Monthly* publicó un artículo sobre la vida de Cope, éste adelantó la fecha de la época de sus exploraciones al Oeste a 1870 para que coincidiera con la de Marsh). Tan pronto como, hubo marchado Marsh, Cope trabajó con rapidez en un intento de extraer los fósiles y asignarles nombres antes de que lo pudiera hacer Marsh. La prioridad en la asignación del nombre de las bestias era de suma importancia para Cope. El 1 de marzo de 1872 leyó un informe ante la Sociedad Filosófica Americana, describiendo sus hallazgos de pterosaurios. Llamó a los dos saurios gigantes alados *Ornithochirus* o «pies de ave», en oposición al *Pterodactylus* de Marsh. Pero llegó demasiado tarde. Tal como señaló con gran placer el portavoz de Marsh —el *American Journal of Science* publicado en la ciudad natal de Yale, New Haven—, el artículo de Cope fue distribuido en forma impresa el 12 de marzo mientras que la contribución de Marsh había aparecido cinco días antes, el 7 de marzo. Marsh había conservado la prioridad por un pelo.

La creta de Kansas resultó ser un verdadero cementerio de estos enormes saurios voladores y Marsh, seguido más tarde por Willinston, excavaron docenas de especímenes fragmentarios durante las siguientes décadas. Marsh rebautizó a su gigantesca especie con el nombre de

Pteranodon, que literalmente significa «alado y sin dientes». Se trataba de un pterosaurio de aspecto extraordinario, con mandíbulas que formaban un largo pico sin dientes y que mantenía el equilibrio con la ayuda de una cresta ósea alargada que se levantaba en la parte trasera del cráneo. La criatura era literalmente toda alas que, probablemente, superaban los 7 metros de envergadura mientras que el tamaño de su diminuto cuerpo no superaba el de un pavo. Un contemporáneo más pequeño de Kansas, el *Nyctosaurus*, o «lagarto de la noche», ilustra la misma gran desproporción con un cuerpo de 15 centímetros de longitud y alas de 2,4 metros de envergadura.



s. El esqueleto del pterosaurio *Pteranodon* de alta mar. Estaba construido como un planeador artificial. El fuselaje en forma de caja, reforzado, soportaba la tensión de alas de 3,6 metros de longitud. El hueso pterideo de la muñeca probablemente sostenía una membrana elevadora que llegaba al cuello.

Las largas extremidades traseras colgantes del *Pteranodon* eran definitivamente inadecuadas para el movimiento terrestre normal y es difícil imaginarse a estas torpes criaturas caminar para el suelo. A diferencia de los murciélagos, que pueden doblar sus alas a lo largo de su cuerpo (e incluso así tienen dificultades para caminar sobre cuatro patas), el cuerpo del *Pteranodon* no podría de ninguna manera haber sido envuelto por sus largas alas. Debido a que los dedos de las alas sólo podían ser flexionados en los nudillos, en el punto medio de las alas, los dedos de 1,8 metros de longitud probablemente estarían dirigidos hacia arriba cuando el animal avanzaba a rastras. Cualquier forma de desgarbada locomoción habría resultado extremadamente difícil. Los primeros pterosaurios tenían una articulación entre el hombro y el ala consistente en cóndilos y carillas articulares. Sin embargo, las especies que aparecieron más tarde presentaban una charnela que sólo permitía movimientos ascendentes y descendentes^[30]. «Quizás el método de desplazamiento en tierra más factible para ellos —dijeron Hankin y Watson en 1914— era que, una vez se habían posado sobre tierra, cayeran sobre sus estómagos y se fueran arrastrando por el suelo, como hacen los pingüinos, dándose impulso con sus patas traseras y salvando los obstáculos con un ocasional alzamiento de las alas^[31]». Naturalmente, en algún momento debían de posarse

sobre tierra y, por lo tanto, debían de ser capaces de desplazarse por tierra aunque resulta difícil imaginárselos caminar a modo de pingüinos aunque sólo sea porque poseían unos enormes picos. Quizás empleaban los dedos de las alas para levantar el cuerpo del suelo. Con una locomoción en tierra tan torpe, el *Pteranodon* habría sido una fácil víctima para cualquier dinosaurio carnívoro que estuviera cerca. Sin embargo, parece más probable que los pterosaurios más grandes volaran casi constantemente, al igual que lo hacen los albatros, y quizá se posaban sobre tierra sólo una vez al año para reproducirse. Las patas traseras, extraordinariamente parecidas a las de los murciélagos, sugieren que el *Pteranodon* se podía colgar con la cabeza hacia abajo como hacen los murciélagos cuando se hallaba en tierra. Debido a que era demasiado grande como para haber sido un trepador de árboles, se pensaba que descansaba en salientes de las rocas. Sin embargo, probablemente cerca de los lagos del interior de Kansas no había acantilados, por lo cual resulta difícil aceptar la idea popular de que los *Pteranodon* habían sido habitantes de la costa donde podrían estar seguros^[32].

Al igual que los albatros, el *Pteranodon* probablemente pasaba gran parte de su vida adulta en el aire. Para poder hacer esto, y sin embargo crecer tanto, era necesaria una reducción bastante drástica del peso. Generalmente, no se aprecia suficientemente lo ligero que era en realidad este planeador con alas de 7 metros de envergadura. Debido a esto, se han imaginado todo tipo de ideas fantásticas para explicar cómo el *Pteranodon* permanecía en vuelo. Se ha supuesto, por ejemplo, que la atmósfera moderna era demasiado ligera para estas criaturas y que, por consiguiente, en el cretáceo la atmósfera debió de haber sido el doble de densa, haciendo posible que el *Pteranodon* literalmente flotara en el aire^[33]. El *Pteranodon* en realidad no necesitaba esta ayuda atmosférica. En vida el animal pesaba unos 18 kg (algunas estimaciones son de 9 kg), un 25% aproximadamente del peso de un hombre. El *Pteranodon* había perdido sus dientes, cola y parte de la musculatura de vuelo y sus patas traseras se habían vuelto largas y delgadas. Fue, sin embargo, en los huesos donde se logró la mayor reducción de peso. Los huesos de las alas, columna vertebral y extremidades traseras eran tubulares, como los puntales de soporte de los aviones, que proporcionan resistencia pero disminuyen el peso. En el *Pteranodon* estos huesos, de hasta 2,5 centímetros de diámetro, no eran otra cosa que espacios aéreos cilíndricos limitados por una envoltura ósea externa no más gruesa que una carta. Barnum Brown, del Museo Americano, informó sobre un fragmento del hueso de un brazo de una especie desconocida de pterosaurio del Cretáceo Superior de Texas, en la cual se había alcanzado «la culminación del pterosaurio... la cima de la construcción ligera^[34]». ¡Aquí, la tendencia había llegado hasta tal punto que la pared ósea del cilindro tenía el increíble grosor de 0,50 centímetros! En el interior del tubo había puntales óseos al través, no más gruesos que alfileres, que ayudaban a reforzar la estructura; otra «innovación» en el diseño de aviones anticipado por los pterosaurios del mesozoico.

La combinación de un gran tamaño y peso insignificante necesariamente tuvo que provocar cierta fragilidad. Es fácil imaginarse que estos huesos tubulares, delgados como una hoja de papel, que sostenían alas gigantes, posiblemente hicieron difícil el aterrizaje. ¿Cómo podían estas criaturas aterrizar sin romperse todos los huesos? En primer lugar, ¿cómo podían elevarse en los aires? Evidentemente no eran capaces de batir estas alas de 3,6 metros de longitud ensartadas entre tubos delgados como pajitas. Las aves más grandes tienen que alcanzar una cierta velocidad

corriendo y batiendo las alas para poder elevarse en el aire, y otras tienen que producir una velocidad de aleteo que casi les permita permanecer flotando antes de poder elevarse en el aire. Para poder permanecer flotando en el aire con una envergadura de alas de 7 metros, el *Pteranodon* habría necesitado 99 kg de músculos de vuelo tan eficientes como los de los colibríes. Sin embargo, el *Pteranodon* había reducido su musculatura a unos 3,6 kg, de forma que es inconcebible que pudiera elevarse activamente en el aire^[35].

Por lo tanto, el *Pteranodon* no era una criatura que batía las alas ya que no disponía ni de los músculos ni de la resistencia a la fuerza resultante. Sus alas largas, delgadas como las de los albatros lo revelan como planeador, el planeador más avanzado jamás producido por el reino animal. Con un peso de sólo 18 kg, la carga de las alas era de sólo 0,45 kg por 929 cm². Esto le proporcionaba una velocidad de descenso incluso inferior a la de los planeadores fabricados por el hombre, cuyas alas deben soportar un peso de, al menos, 1,8 kg por 929 cm²^[36]. La relación entre el área de las alas y el peso total en el *Pteranodon* sólo es superada en algunos insectos. El *Pteranodon* estaba construido como un planeador con el esternón, articulación del hombro y columna vertebral soldados formando un fuselaje rígido como una caja, capaz de absorber la tensión de las gigantescas alas. El bajo peso, combinado con una enorme envergadura de alas, significaban que el *Pteranodon* podía planear a velocidades extremadamente bajas sin que hubiera peligro de que se parase. Cherrie Bramwell, de la Universidad de Reading, ha calculado que podía permanecer en el aire con una velocidad de sólo 24 km por hora. De este modo, le habría resultado relativamente fácil elevarse en el aire. Lo único que necesitaba el *Pteranodon* era una brisa de 24 km por hora para que se pusiera cara al viento, extendiera sus alas y se elevara como un trozo de papel. No era necesario ningún esfuerzo. Si la criatura se hubiese visto obligada a aterrizar sobre el mar, sólo habría tenido que extender sus alas para atrapar el aire y así emerger suavemente del agua.

Parece extraño que un animal, que se había extremado tanto en reducir su peso a un mínimo, desarrollara una cresta ósea, alargada en su cráneo. El hecho de que la cresta estuviera ausente en otros pterosaurios sugiere que no era indispensable para el animal. Se ha sugerido que la cresta era principalmente ornamental^[37] pero sencillamente es absurdo imaginarse un ornamento tan engorroso en una criatura voladora tan especializada. Un comentario editorial en el *The Aeronautical Journal* de 1914, escrito por un científico que no era biólogo, pero que evidentemente estaba familiarizado con la acción de la evolución y economía del diseño de los aeroplanos, puso en ridículo esta idea. «Es obvio que un animal volador que ha reducido su peso al máximo, difícilmente habría desarrollado una larga cresta a costa de, o sin efecto sobre, su capacidad para volar. Es decir, la cresta debió de tener alguna ventaja aerodinámica para su propietario para que pudiera evolucionar en la medida que lo hizo. No es difícil ver que este tipo de cresta pudo ser muy útil desde el punto de vista de la estabilidad.

A todos aquellos que estén familiarizados con la extrema importancia que posee la disposición de las aletas para la estabilidad de los aeroplanos, no será necesario explicarles que, cuando el *Pteranodon* dirigía su pico hacia abajo, movía una gran área de aleta (el mismo pico) hacia atrás y abajo^[38]». Sin embargo, cuando el pico bajaba, concomitantemente se elevaba la cresta para compensar el efecto: el *Pteranodon* estaba equipado con un mecanismo automático de

contracción. Más tarde, se demostró que la cresta, en realidad, *ahorraba* peso. Los músculos adicionales del cuello necesarios para mantener el pico recto cara al viento, habrían excedido en mucho el peso de la cresta^[39]. Esto ha sido demostrado mediante experimentos con tanques de descarga y túneles de viento con modelos a escala reducida de cabezas de *Pteranodon* con cresta y sin cresta. Estos experimentos también revelan otra función de la cresta. Cuando se eliminaba la cresta, la cabeza era desviada constantemente hacia un lado por la fuerza de la corriente y, en vida, los músculos del cuello habrían tenido que actuar continuamente para mantener la cabeza dirigida hacia delante. Cuando se volvía a colocar la cresta en su sitio, se producía una corrección automática si la cabeza se desviaba oblicuamente a la dirección del flujo de aire. En otras palabras, el pico y la cresta actuaban conjuntamente como una veleta estando dirigidos siempre en dirección al viento. La cresta probablemente también funcionaba como un timón en un planeador para evitar movimientos de derrape laterales durante los giros^[40].

El vuelo de los pterosaurios siempre ha llamado la atención de los ingenieros aeronáuticos. En 1914, el año de la muerte de Wilbur Wright, se publicó un informe de un equipo de trabajo muy curioso compuesto por D. M. S. Watson, el especialista en fósiles de reptiles del University College de Londres y E. H. Hankin, un experto en aeronáutica. En éste analizaban la complicada serie de articulaciones del hombro, codo, muñecas y nudillos en el *Ornithodesmus* del cretáceo inferior, con una envergadura de 4,5 metros. En vista de la delicada naturaleza de los huesos, y de la ausencia de extensos músculos de vuelo en estos pterosaurios gigantes, Watson y Hankin llegaron a la conclusión de que «no volaban peor que otras aves sino que volaban de forma más científica^[41]». La complicada serie de articulaciones les proporcionaba un incremento de la maniobrabilidad y, posiblemente, les permitía frenar suavemente mientras se elevaban hacia el cielo.

Recientemente, se ha atribuido una función similar al enigmático hueso pteroideo, el pequeño sobrehueso en el dedo del ala para el cual no se había encontrado ninguna función. Cherrie Bramwell sugiere que sostenía una membrana que se extendía hasta el cuello. Cuando la criatura se eleva en el aire, el hueso podía ser levantado y la membrana actuaba como un elevador, como en los aviones modernos. Cuando el animal quería posarse sobre tierra, el hueso era descendido para reducir la velocidad a un mínimo sin crear turbulencias y paradas del vuelo. El *Pteranodon* podría así aterrizar sin peligro de lesionarse sus frágiles huesos.

Cuando Cherrie Bramwell introdujo los datos del *Pteranodon* en el ordenador de la Escuela de Aeronáutica, se descubrió hasta qué punto estos planeadores naturales estaban avanzados. El ordenador estaba programado para examinar el comportamiento de vuelo de los planeadores contruidos por el hombre y no necesitó ningún ajuste para el *Pteranodon*^[42]. Parece ser que con velocidades superiores a 18 nudos (aproximadamente 32 km por hora), el *Pteranodon* podía girar sus alas hacia atrás en forma de V (a diferencia de los murciélagos podía hacerlo debido a que sus alas estaban sostenidas por una larga serie de huesos que podían ser flexionados en los nudillos). Esto provocaba una disminución de la velocidad de descenso y es el principio empleado por los aviones a reacción con alas de geometría variable: un principio descubierto de nuevo, después de haber estado dormido durante 70 millones de años.

Los sedimentos marinos que contienen esqueletos de *Pteranodon* también albergan una gran

diversidad de reptiles marinos, especialmente plesiosaurios y mosasaurios. Algunos de los depósitos que contenían pterosaurios se formaron a cientos de kilómetros de distancia de la costa del mar más cercana, que invadió Tejas y Kansas en la era cretácea. Esto sugiere que el *Pteranodon* podía recorrer grandes distancias lejos de tierra como los albatros^[43]. Evidentemente, tuvo una existencia idílica en el aire dependiendo sólo de los peces que recogía. Al igual que los pelícanos modernos, poseía una bolsa en el cuello (que en ocasiones puede ser observada en los fósiles con luz ultravioleta), en la cual guardaba los peces. Un espécimen en el Museo Americano tiene los esqueletos de dos especies de peces que aún estaban en su bolsa, dando fe de sus gustos dietéticos.

El modo cómo recogía los peces nos plantea algunos problemas. Existen algunos murciélagos que también se alimentan de peces. Al igual que los Pterosaurios, poseen enormes patas traseras con garras que cuelgan cuando están volando. El murciélago alano (*Noctilio leporinus*), de cuyos hábitos conocemos algo, vuela por encima del agua al atardecer y desciende para coger los peces con sus garras. Éste probablemente también es el método empleado por los otros murciélagos pescadores aunque sus costumbres son poco conocidas. Existe un murciélago pescador en California (*Pizonyx vivesi*), que durante el día vive junto a petreles en grietas rocosas, del cual, ya antes de haber sido observado durante la noche, se sospechaba que era un pescador debido a sus largas garras traseras. Esto fue confirmado posteriormente por un análisis del contenido de su estómago que reveló que sólo contenía peces. Sin embargo, ¿era posible que el *Pteranodon* dejara colgar sus garras en el mar para coger peces? Si éste era el método, y vivía a cientos de kilómetros de tierra, ¿cómo llegaban los peces hasta su boca? Es bastante más probable que el *Pteranodon* planeara por encima de las crestas de las olas atrapando los peces que vivían en la superficie del agua con su pico extremadamente largo, montado a un cuello móvil. Quizá se posaba sobre la superficie para coger los peces. Últimamente, se ha sugerido que el dedo del ala podía girar produciendo con el ala un plano en forma de M que iniciaría la inmersión inmediata^[44]. Si esto fuera posible, debió de haber sido desde una altura bastante baja a fin de reducir el impacto de los extremadamente ligeros huesos con el agua. Una generación anterior, quizá más influenciada por los aeroplanos como instrumentos de destrucción, vio el *Pteranodon* desde otro punto de vista. Barnum Brown se refería a los pterosaurios como «los aeroplanos de la época prehistórica». En un artículo publicado en octubre de 1943, Brown veía un paralelismo entre las aterradoras técnicas aéreas contemporáneas y el estilo de vida de los primitivos pterosaurios. El «bombardero de inmersión». *Pteranodon*, como lo llamaba Brown, era la máquina voladora más desarrollada de su época. La cresta era «una especie de timón que le era útil al animal cuando, con las alas dobladas, cruzaba el aire como un rayo en busca de presas... El cuello era moderadamente largo, fuerte y flexible. Presentaba una notable serie de articulaciones adicionales nunca vistas en los huesos del cuello de otros animales, que proporcionaban una gran fuerza al pico para asestar golpes^[45]». Sin embargo, Barnum Brown había sido influido excesivamente por los sucesos siniestros de su época. El incremento de la sofisticación de la guerra aérea le había llevado a investir al *Pteranodon* de una agresividad que en vida no existía. Es poco probable que el frágil *Pteranodon* pudiera haber resistido el choque de precipitarse al agua desde cualquier altura. A diferencia de las gaviotas, que pueden recoger sus alas, el *Pteranodon* no tenía cóndilos y carillas articulares en la articulación

del hombro, de forma que no podía recoger sus enormes alas y, al estar éstas extendidas, no podrían haber resistido el impacto. ¡Tal como sugirió el mismo Watson, en 1914, en una época en la cual la guerra era un poco menos sofisticada, y cuando los aviadores sabían lo que significaba la fragilidad en el aire, probablemente el enorme pterosaurio se habría desintegrado al intentar enderezarse después de una inmersión^[46]! En lugar de ser el diabólico bombardero buceador de Barnum Brown, el *Pteranodon* era una criatura grácil, muy inteligente, que se dedicaba a volar plácidamente sobre los grandes mares del cretáceo.

El *Pteranodon* se pasaba los días planeando sobre el océano en busca de peces que vivían en la superficie. Tradicionalmente, se pensaba que estos Pterosaurios gigantes eran negros con alas curtidas como las de los murciélagos. Desde que sabemos que el «demonio peludo» de Sharov, *Sordes pilosus*, tenía un grueso abrigo de piel, y que las membranas de sus alas también estaban cubiertas de pelo parece más probable —aunque a primera vista resulte sorprendente— que el *Pteranodon* estaba cubierto de pelo *blanco*. Esta piel le habría proporcionado a la criatura un parecido aún mayor con el albatros. Las gaviotas son blancas, lo cual constituye una forma de camuflaje; al presentar un perfil menos evidente para los peces, evitan ahuyentar al potencial alimento. Esto habría constituido un problema aún mayor para el pescador *Pteranodon*. Sus enormes alas habrían tapado el sol a medida que sobrevolara el agua y unas alas negras habrían agravado seriamente la situación.

Decir que, como criatura voladora, el *Pteranodon* era grande sería una descripción insuficiente. De hecho, existen razones fundadas para creer que se trataba del animal más grande que jamás *pudo* elevarse en los aires. Con cada incremento del tamaño y, por lo tanto, también del peso, un animal volador necesita un incremento concomitante de fuerza (para batir las alas en los animales aleteadores y para sostenerlas y manipularlas en los planeadores). Sin embargo, la fuerza es suministrada por músculos que a su vez añaden aún más peso a la estructura. Cuanto más grande se hace un volador, más desproporcionadamente pesado se vuelve por la adición de su propio suministro de fuerza. Llegará un punto en el cual el peso será demasiado grande para permitir que la máquina se eleve en el aire. Los cálculos realizados, en relación con el tamaño y la fuerza, sugieren que el peso máximo que puede alcanzar un vertebrado volador es de aproximadamente 22 kg: por esta razón, se piensa que el *Pteranodon*, y su homólogo jordano *Titanopteryx*, ligeramente más grande pero menos conocido, eran los animales voladores más grandes^[47].

Sin embargo, en 1972 se produjo el primero de una espectacular serie de hallazgos que sugieren que debemos cambiar drásticamente nuestras ideas acerca del tamaño máximo permisible en vertebrados voladores. A pesar de que las excavaciones aún prosiguen, los descubrimientos hechos durante tres temporadas —desde 1972 hasta 1974—, por Douglas A. Lawson de la Universidad de California, han revelado esqueletos parciales de tres pterosaurios extremadamente grandes en el Parque Nacional de Big Bend, en el condado de Brewster, Texas. Estos esqueletos pertenecen a criaturas que hacen que incluso el *Pteranodon* parezca pequeño. Lawson halló los restos de cuatro alas, un largo cuello, extremidades posteriores y maxilares carentes de dientes en yacimientos no marinos; se cree que estos antiguos sedimentos sepultados se originaron debido a aluviones en llanuras sujetas a inundaciones. El inmenso tamaño de los

pterosaurios de Big Bend, que en el mundo paleontológico se conocen como «los 747» o «Jumbos», podrían ser calibrados colocando los húmeros de Texas al lado de los de un *Pteranodon*: el húmero del «Jumbo» tiene el doble de longitud que el del *Pteranodon*. ¡El ordenador de Lawson estimó una envergadura de más de 75 metros para este planeador! «No es ninguna sorpresa —dijo Lawson al anunciar el animal en *Science* en 1975— que los restos de esta criatura fueran hallados en Texas^[48]».

A diferencia del *Pteranodon*, estas criaturas fueron encontradas en rocas que se formaron a 400 kilómetros en el interior de la costa cretácea. La ausencia de yacimientos de lagos en los alrededores, habla en contra de que estos pterosaurios hubieran sido pescadores. Lawson sugiere que habían sido carroñeros, hartándose de montones de carne podrida abandonados después del desmembramiento del cadáver de un dinosaurio. Quizás, al igual que los buitres y los cóndores, estos Pterosaurios volaban por encima del cadáver esperando su turno. Después de haberse posado sobre el cadáver, sus picos sin dientes sólo les habrían permitido alimentarse de los blandos órganos internos. Cómo pudieron elevarse en el aire después de haberse hartado de comida es un enigma. El animal no podría haber batido alas de un tamaño tan extraordinario estando en el suelo. Debido a que los pterosaurios eran incapaces de correr a fin de emprender el vuelo, debieron de elevarse verticalmente en el aire. Las palomas sólo pueden despegar verticalmente, reclinando sus cuerpos y batiendo las alas delante de ellos. En el caso de que fueran aleteadores, ¡los pterosaurios de Texas habrían necesitado tener patas muy largas en forma de zancos a fin de elevar el cuerpo lo suficiente como para permitir que sus alas de 7 metros de longitud despejaran el suelo! La principal objeción, sin embargo, sigue siendo la ausencia de una musculatura adecuada para una operación de este tipo. ¿Es que la única solución es suponer que estas criaturas, con las alas completamente extendidas y los elevadores alzados, fueran levantadas pasivamente del suelo por el viento? Si Lawson tuviera razón, y los pterosaurios de Texas fueran carroñeros (lo cual comienzo a dudar), se podría prever otro problema. La existencia de cadáveres de dinosaurios implica la presencia de dinosaurios. Los gigantes y torpes pterosaurios eran vulnerables a ser atacados estando en el suelo. Así que, ¿cómo podían escapar de los formidables dinosaurios? Estando a merced de las corrientes de viento, el despegue habría sido una empresa arriesgada^[49]

Los exóticos pterosaurios de Lawson plantean algunas cuestiones intrigantes. Sólo la prosecución de la investigación nos dará las respuestas.

VIII. LA LLEGADA DE ARMAGEDÓN: ¿UN CATACLISMO CÓSMICO?

A finales del cretáceo, hace 64 millones de años, la Tierra fue devastada. La vida fue destruida por una de las peores catástrofes que hayan asolado el planeta. La causa de esta destrucción siempre ha sido en cierto modo un enigma. Después de este suceso no siguió viviendo ninguno de los grandes animales terrestres, desaparecieron los plesiosaurios y mosasaurios de los mares y los pterosaurios de los cielos y no sobrevivió ninguna amonita en los fondos del mar ni el plancton formador de la creta en la superficie. Todos fueron aniquilados simultáneamente. Las formas de vida que aún persisten —mamíferos, aves, unos cuantos reptiles, plantas terrestres, etc.—, sufrieron una drástica reducción de su número. Heredaron un mundo que debió de parecer vacío.

Esta destrucción resulta aún más sorprendente por el hecho de que los supervivientes eran las formas modestas del mesozoico. Fueron precisamente los animales y plantas que habían *florecido* durante el mesozoico los que sufrieron las mayores pérdidas. Los dinosaurios estaban entre las criaturas de más éxito que jamás hayan habitado la Tierra. «Sin tener en cuenta el peculiar fenómeno de la evolución humana —declaró el paleontólogo argentino Oswaldo Reig—, debemos reconocer que el triunfo de los dinosaurios y de sus parientes ha sido el mayor logro de la evolución de los vertebrados terrestres^[1]...». Su reino abarcó 150 millones de años. Si el Divino Artífice de Owen hubiera tenido en mente un proyecto para la Creación, seguramente habría sido el brontosaurio en su Edén mesozoico.

¿Por qué entonces se produjo este repentino cambio de la política Divina hace aproximadamente 64 millones de años? ¿Qué es lo que pudo causar tal crisis? Las pruebas son escasas y la magnitud de la destrucción ha generado un interés morboso sin precedentes, que tiene como resultado que las teorías sean numerosas. Una generación anterior de paleontólogos arguyó que, debido a la longevidad racial, los dinosaurios, como grupo, habían alcanzado edades muy avanzadas hacia finales del mesozoico. Afirmaron que, al igual que un individuo nace y muere, una raza de criaturas se podía volver senil después de un período largo de existencia. La prueba de esta senilidad fue «observada» en la aparente osificación excesiva del cráneo de los dinosaurios: en el desarrollo de golas óseas anormales en la parte trasera del cráneo del *Triceratops*, el peculiar penacho nasal en el *Parasaurolophus* de pico de pato, en el grotesco cráneo en forma de bóveda y de hueso sólido del *Pachycephalosaurus*. Sobre los contemporáneos viejos de los dinosaurios también actuaban fuerzas extrañas. Algunos de los miembros de las vistosas amonitas del cretáceo tardío adoptaron formas distorsionadas, desenrollando y torciendo sus espirales. Estos eran supuestos ejemplos de rasgos seniles producidos en el caso de los dinosaurios por una hipotética alteración funcional de la glándula hipofisaria. Hacia finales del cretáceo, incluso los animales jóvenes nacían ya viejos, saliendo de los huevos con caras en miniatura arrugadas. El grupo, al igual que el individuo cuando ha pasado el tiempo previsto, estaba agotado y murió debido a su avanzada edad^[2]. Sin embargo, la analogía es errónea. El proceso de envejecimiento de un individuo no puede tener paralelo en la historia de un grupo. Además, ¿qué significa que un grupo de animales existentes en un determinado momento, tanto si se trata de serpientes, aves,

mamíferos o dinosaurios, tienen su origen en un océano primitivo, todos tienen exactamente la misma edad? Sólo nuestra creación artificial de un grupo en base a rasgos característicos —aves con plumas, mamíferos que amamantan, etc.—, nos permite adjudicarle una edad. Sin embargo, este procedimiento disocia de manera poco natural el grupo en cuestión de sus antepasados. De hecho, se podría remontar la ascendencia de todos los animales contemporáneos hasta el origen de la vida misma. Además, los dinosaurios «seniles» que vivieron a finales del reino, incluso los de aspectos extraños o monstruosos, eran notablemente exitosos. El *Triceratops* ramoneaba formando grandes manadas mientras que los hadrosaurios de pico de pato eran posiblemente los dinosaurios más numerosos a finales del cretáceo. Muchas de estas presuntas adaptaciones «monstruosas» representaban una gran ventaja para sus propietarios. La gola, o «escudo del cuello» del *Triceratops*, servía como área de inserción para sus potentes músculos de masticación^[3], y la cresta de los hadrosaurios era una adaptación para incrementar el sentido del olfato.

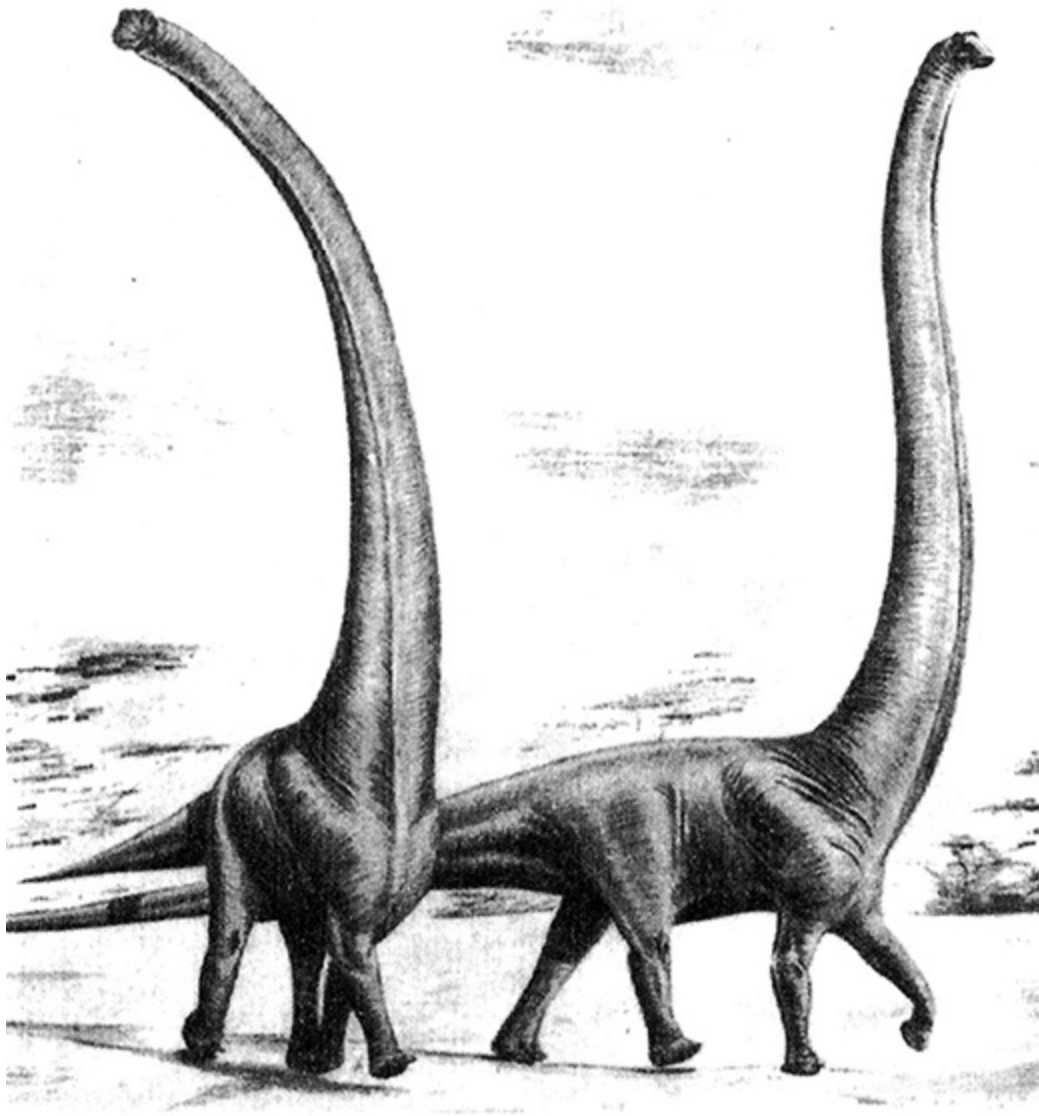
Lejos de ser «seniles», los dinosaurios eran unas de las criaturas terrestres más avanzadas. Durante su permanencia como gobernantes de la Tierra, produjeron una serie de formas para llenar los nichos ecológicos que actualmente están ocupados por mamíferos y aves tan diversos como son los elefantes, tigres y avestruces. Los dinosaurios eran los modernos que constantemente estaban evolucionando mientras que las arcaicas tortugas y cocodrilos apenas avanzaban. Por lo que se refiere al estancamiento, las tortugas llevaban ventaja. Su primitivo cráneo era parecido al del antepasado de todos los reptiles. Y mientras los dinosaurios colocaban sus patas debajo del cuerpo para lograr una locomoción eficiente y veloz, las tortugas conservaban la marcha torpe y desgarbada de los ya muy lejanos antepasados de los dinosaurios. Para ser justo, debería haber sido la tortuga la que habría tenido que desaparecer. Sin embargo, la supervivencia bajo condiciones cambiantes le hace el juego a los menos especializados; y las tortugas y los cocodrilos aún están entre nosotros mientras que los dinosaurios murieron, cuando nuestros antepasados aún eran trepadores de árboles y musarañas que comían insectos.

Los habitantes más intrigantes del cretáceo tardío eran los imitadores inteligentes desenterrados en los últimos años: «dinosaurios-avestruces» de ojos grandes y dromeosáuridos como el *Deinonychus* y el *Saurornithoides*, con una visión binocular funcionalmente adaptada para los pulgares opuestos. Estos dinosaurios, capaces de realizar más hazañas diestras que ningún otro animal terrestre hasta ahora, estaban separados de los dinosaurios por un abismo comparable al que divide al hombre y las vacas: la disparidad del tamaño cerebral es asombrosa. El potencial inherente a los dromeosaurios y celurosaurios para lograr una evolución explosiva al principio de la era terciaria, no puede ser puesto en duda, quién sabe qué nuevas cumbres hubiesen alcanzado los sofisticados «imitadores de las aves» si hubiesen sobrevivido hasta la «Era de los Mamíferos». Sin embargo, aparentemente, ni una sola población de crías de estos dinosaurios hermosos y listos sobrevivió a los comparativamente voluminosos y lerdos gigantes. Esto constituye un misterio tan grande como lo es la naturaleza global de las extinciones. El agente que buscamos no respetaba a la inteligencia.

Los dinosaurios no fueron, de ningún modo, un grupo estático. Después de haber evolucionado a partir de los seudosuquianos del triásico, siguió habiendo cambios constantes en el grupo. Para

citar un ejemplo, la formación de Lance del cretáceo tardío se caracteriza por albergar *Triceratops* tricornios, que no se encuentran en rocas más antiguas; el pequeño y primitivo *Leptoceratops*, que sólo tenía una gola incipiente, era un contemporáneo mientras que el *Anchiceratops* sería encontrado en la formación ligeramente más antigua de Lower Edmonton, en las tierras desgastadas por la erosión del río del Ciervo Rojo; el *Chasmosaurus* y el *Monoclonius* de un solo cuerno eran ceratópsidos de la formación del río Belly, aún más antigua^[4]. Cada una de estas formaciones tenía sus representantes característicos que generalmente no podían ser encontrados en otro lugar. En las amonitas contemporáneas se puede observar un «cambio aún más revolucionario». Aquí se produjo un cambio constante y casi completo de comunidades enteras que sólo necesitó un millón de años para la revolución^[5]. Se ha dicho muchas veces que estos reemplazos son una regla en la Naturaleza y que, al final del mesozoico, sencillamente no hubo sucesores disponibles. Pero ¿por qué no había sucesores? ¿Por qué formas de vida tan diversas como dinosaurios y amonitas, plesiosaurios y muchos tipos de plancton, pterosaurios y numerosas plantas terrestres fueron eliminadas simultáneamente en una de las extinciones en masa más universales de la Historia geológica?

La extinción de los dinosaurios debe ser analizada desde este contexto más amplio. Demasiadas «soluciones» para el enigma de la extinción se han centrado exclusivamente en los dinosaurios, descuidando el fallecimiento de otros animales y plantas contemporáneos. Y demasiadas veces la «solución» propuesta para explicar la pérdida de las bestias más grandes no se puede aplicar de ningún modo a las más pequeñas. Sólo analizando los acontecimientos acaecidos en el cretáceo desde un punto de vista más extenso, podemos esperar reunir todas las piezas para explicar la causa única de *todas* las extinciones sincrónicas en aquella época.



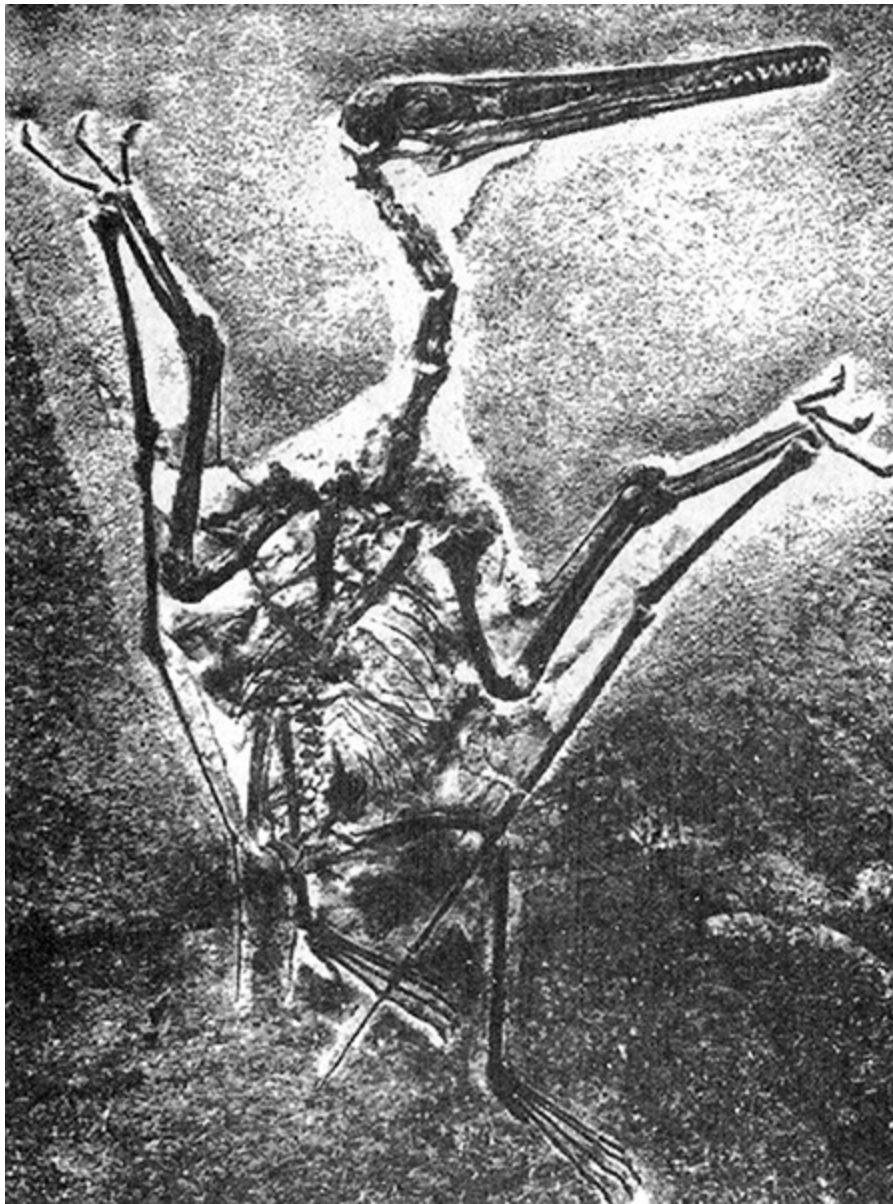
Tanto Cope como Osborn jugaron con la idea de que el enorme saurópodo había sido un dinosaurio terrestre semejante a una jirafa. Sólo últimamente, sin embargo, Bakker ha suministrado una plétora de pruebas detalladas que apoyan esta teoría. El *Barosaurus* (arriba), al igual que otros saurópodos, usaba su extraordinario cuello para ramonear en las copas de los árboles a donde no llegaban los otros dinosaurios.



El *Archaeopteryx* es el dinosaurio conocido más pequeño cubierto de plumas para enfrentarse a la pérdida de calor. Éste es el espécimen de Berlín.



El *Archaeopteryx* no tenía músculos de vuelo adecuados. Ostrom lo retrata como un predador terrestre que atrapaba insectos con las plumas extendidas de las alas.



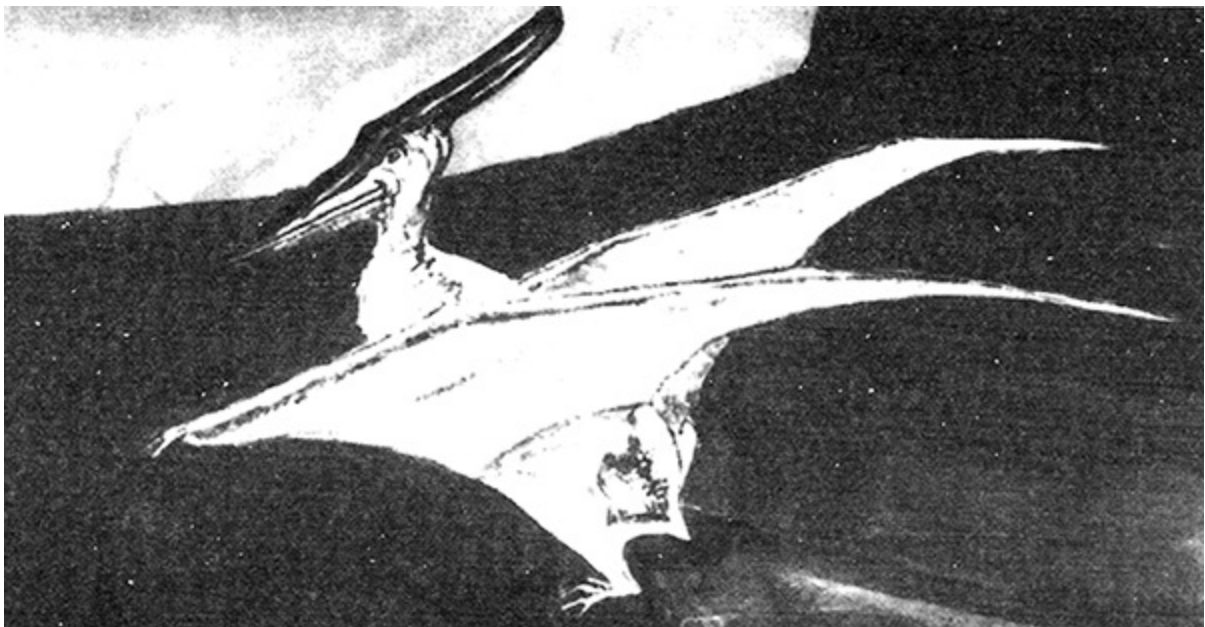
Un *Pterodactylus* perfectamente conservado de la caliza del jurásico superior de Eichstätt en Baviera.



El aspecto de huevo de la cabeza del *Pterodactylus* era debido a su cerebro del tamaño de un ave.



Al aceptar que los pterodáctilos eran peludos, Newman se vio obligado a reconocer que no podían haber sido reptiles. Así que en 1843 los restauró como marsupiales voladores, carnívoros.



El *Pteranodon*, un enorme pterosaurio volador, restaurado aquí con un revestimiento con abrigo de piel, blanco.



Diplodocus carnegiei de Holland, de más de 26 metros de longitud, en postura erguida como un mamífero.

Si estudiamos los dinosaurios *in vacuo*, el resultado es una desconcertante serie de teorías para explicar la extinción, algunas de las cuales reciben más atención que otras. Tiene especialmente muchos partidarios la teoría de que el cambio de la vegetación afectó negativamente a los enormes herbívoros. Esta idea ha sido muy popular aunque sólo sea porque, a principios del cretáceo, hace aproximadamente 120 millones de años, hicieron su aparición las plantas con flores y la extinción de los dinosaurios «le siguió» a finales del cretáceo. Y, sin embargo, los hadrosaurios y ceratopsianos herbívoros tuvieron su apogeo *durante el cretáceo tardío*, lo cual es un fuerte argumento en contra de que hubieran sucumbido a algún tipo de guerra química librada por las plantas con flores.

Tony Swain, un sistemático bioquímico de los Jardines Botánicos Reales de Kew, es el principal defensor de la teoría de la «agresión química de las plantas». Hasta el cretáceo, los elementos florales dominantes eran plantas sin flores, con semillas como los helechos, coníferas y cicadáceas. Swain analizó los complejos productos químicos sintetizados por las plantas durante su historia, y en especial la de aquellas que habían actuado como freno alimenticio para los grandes herbívoros destructivos. Los helechos y las coníferas de principios del mesozoico empleaban para este fin taninos condensados, pero éstos sencillamente no eran de ningún modo nocivos a gran escala para los dinosaurios del precretáceo. Hace aproximadamente 120 millones de años, las primeras plantas con flores las sustituyeron con un nuevo tipo de veneno, los potentes alcaloides. Los alcaloides tienen un sabor amargo, y algunos como la estricnina son altamente tóxicos, otros como la morfina producen efectos psíquicos, así que ¿pudieron éstos haber afectado adversamente a los dinosaurios? La función de estos productos químicos repelentes era disuadir a los probables herbívoros, no matarlos. Swain estudió las reacciones de las tortugas y mamíferos a los que el límite de tolerancia para los taninos era similar en ambos: una determinada concentración anulará cualquier deseo de comer más. Sin embargo, en el caso de los alcaloides hubo una gran diferencia. Las tortugas necesitan una concentración 40 veces superior a la de los mamíferos antes de quedar sensibilizadas y reducir su ingesta. Swain extrapola estos hallazgos para los dinosaurios y sugiere que —*debido a que tanto las tortugas como los dinosaurios son reptiles*— los dinosaurios eran «incapaces de detectar compuestos (venenosos) en concentraciones lo suficientemente bajas como para resultar inofensivas, (y) posiblemente comieron la suficiente cantidad como para sufrir graves alteraciones fisiológicas e incluso la muerte^[6]». Debido a su voraz apetito, las cantidades de alcaloides consumidas por los dinosaurios habrían sido

considerables. Al no darse cuenta de la situación ellos mismos se fueron envenenando hasta morir y extinguirse.

Había graves errores en los argumentos de Swain; algunas de sus suposiciones son injustificables; y una grave discrepancia en su datación de los eventos del drama hace que su teoría parezca sospechosa. Si los alcaloides tóxicos aparecieron hace 120 millones de años con las primeras plantas con flores, ¿por qué los dinosaurios «persistieron» durante 50 millones de años más antes de morir? ¿Y por qué, cuando llegó el momento, la extinción se produjo tan repentinamente? Incluso Swain admite que, en su fase final acelerada, la aniquilación de toda la raza de los dinosaurios sólo tardó cinco millones de años, que, en el tiempo geológico, es rápido. ¿Cómo podemos explicar la desaparición simultánea de los pterosaurios comedores de peces de los cielos, de los plesiosaurios y mosasaurios de los mares y de los dinosaurios más pequeños que comían mamíferos al igual que una multitud de otras extinciones? Sin embargo, el inconveniente más grave que puede ser formulado en contra de esta teoría es que fue después de la introducción de las plantas con flores, probablemente unos 30 millones de años más tarde, cuando se produjo el apogeo de su diversidad, una época en la cual existían manadas inmensas de hadrosaurios herbívoros de pico de pato, ceratópsidos cornudos y anquilosaurios acorazados. Muchos de éstos, probablemente aparecieron debido a la disponibilidad de este nuevo material vegetal. No puede haber sido ninguna coincidencia que después de la aparición de las plantas con flores aparecieran tantos herbívoros. Colbort afirma en *The Age of Reptiles*:

Los dinosaurios ornítópodos, que habían gozado de un grado moderado de variedad evolutiva a finales del jurásico y a principios del cretáceo, como los camptosaurios e iguanodontes, aumentaron cinco veces su número durante el período cretáceo tardío en gran parte como resultado de la radiación diversa de los dinosaurios de pico de pato. Además, surgieron dos nuevos grandes grupos, o subórdenes, de dinosaurios herbívoros durante el período cretáceo, los dinosaurios acorazados o anquilosaurios y los dinosaurios cornudos o ceratópsidos. Ambos grupos de dinosaurios se hicieron variados y numerosos durante la fase final de la historia cretácea, sumándose así a la serie de dinosaurios herbívoros en todo el mundo. Y tal como era de esperar, con tantos herbívoros habitando la Tierra también se produjo un incremento entre los carnívoros que cazaban los inofensivos consumidores de plantas^[7].

Sin embargo, en el caso del hadrosaurio, tal como había demostrado Ostrom, la masiva batería de dientes y el complejo mecanismo de masticación estaban diseñados para poder hacer frente a material abrasivo como son las agujas de coníferas pero no para las blandas plantas con flores. Las plantas con flores no pudieron haber sido el veneno de los hadrosaurios. Si este hubiera sido el caso, los argumentos de Swain no habrían tenido ninguna relación con este grupo y deberían haber sobrevivido al cretáceo.

La tortuga no es un buen modelo —aun a pesar de que sea uno de los pocos reptiles herbívoros modernos—, por la sencilla razón de que está lejanamente emparentada con los dinosaurios al igual que lo está con los mamíferos. Además, existen razones para creer que la fisiología de los

dinosaurios era más semejante a la de los mamíferos o las aves que a la de los reptiles arcaicos^[8].

Uno de los argumentos sacado a relucir para apoyar el envenenamiento por alcaloides se centra en la retorcida postura adoptada por muchos de los delicados dinosaurios de cuello largo (especialmente los celurosaurios) después de morir. El envenenamiento por estricnina, en efecto induce un estado opistotónico, en el cual los espasmos de la contracción muscular creada por los trastornos del sistema nervioso provocan un tensamiento de los músculos del dorso y cuello. Esto provoca que la cabeza quede tirada hacia atrás. Muchos de los dinosaurios más pequeños y más ágiles fueron encontrados fosilizados en este estado, lo cual ha llevado a pensar en repetidas ocasiones que la muerte se había producido debido a un envenenamiento después de angustiosas convulsiones. Este estado «patológico», sin embargo, se encuentra en todos los tipos de dinosaurios a lo largo de su historia; así, no solamente ocurría en los *Struthiomimus* de cuello largo del cretáceo sino también en el carnívoro jurásico *Compsognathus* que vivió antes de la aparición de las plantas con flores. Muchos mamíferos y aves han sido hallados en posturas retorcidas similares^[9]. Existe una explicación mucho más sencilla. La flexión esquelética después de la muerte también está ocasionada por el desecamiento de los largos ligamentos del cuello, provocando que éstos se encojan y tiren hacia atrás la cabeza, simulando así una muerte opistotónica. La ubicuidad de los hallazgos mostrando esta postura hace que la explicación patológica sea inverosímil, especialmente si el proceso normal de deshidratación *postmortem* producirá un estado idéntico.

Es innegable que la característica más destacada de la frontera cretáceo-era terciaria es la pérdida de los dinosaurios; de hecho, este acontecimiento frecuentemente define la frontera. La repentina y evidente desaparición del elemento más dramático de la fauna ha provocado una cierta miopía para buscar la causa. Tendemos a pasar por alto el hecho de que, en las profundidades del océano, también fueron destruidos organismos menos espectaculares. Si queremos analizar la extinción de los dinosaurios en un contexto —como parte de una catástrofe mundial que afectó a la fauna y al medio ambiente—, sería instructivo desviar la atención de los miembros más llamativos del paisaje cretáceo y, en vez de esto, centrarla en los miembros menos dramáticos de su marina.

El problema de la frontera que separa el final del mesozoico del principio del período terciario era el tema de la 21ª Sesión del Congreso Geológico Internacional, que tuvo lugar en 1960. Los informes presentados por los delegados ponían gran énfasis en la revolución del mundo microscópico de los cocolitos y foraminíferos formadores de la creta en aquella época^[10]. Se trataba de organismos unicelulares, similares al plancton, que debido a que estaban envueltos por concha dura pueden ser localizados en las rocas a pesar de su diminuto tamaño. Nos proporcionan una visión de las condiciones marinas cuando en los continentes vivían los últimos dinosaurios. Los delegados del congreso llegaron a una conclusión unánime: en todas las partes de la transición desde los estratos más tardíos del cretáceo (denominados de Maestricht), hasta los estratos más bajos del terciario (Dánico) existe un marcado cambio de la microfauna en cada región. El final del cretáceo fue testigo de la expulsión de los foraminíferos existentes y del plancton formador de la creta, mientras que, en la base de la era terciaria, hacían eclosión foraminíferos totalmente diferentes. Los dos tipos planctónicos eran completamente distintos, aun cuando a ojos de los no

expertos no existan muchas diferencias. La magnitud y brusquedad del cambio era una evidencia de que se había producido una revolución en el mar. Obviamente estos diminutos organismos, a merced de las corrientes del mar, habían sufrido no menos que los dinosaurios. Más de un delegado pensó que la solución del enigma había sido un descenso repentino de la temperatura. William Hay, cuya área especial de estudio era México, resumió la opinión imperante:

La fauna planctónica (de principios del período terciario) está compuesta por relativamente pocas especies, todas de tamaño singularmente pequeño. Se parece a la fauna planctónica moderna septentrional (templada) y da la impresión como si el agua de los océanos era mucho más fría durante el Daniano que inmediatamente antes o después.

El estudio realizado en México apoya la idea de que, a finales del período de Maestricht, se produjo una de las mayores catástrofes de la Historia de la Tierra. A finales del período de Maestricht hubo una regresión mayor del mar, registrada no sólo en México sino en gran parte de la región de Tethys y otros lugares. Al mismo tiempo, se produjo un enfriamiento drástico de las aguas de los océanos. Los grandes cambios climáticos que debieron de producirse probablemente fueron la causa de la extinción de los grupos biológicos termofílicos («que gustan del calor») tan característicos del mesozoico tardío. La fauna dálica de agua fría representa el comienzo de una nueva secuencia evolutiva^[11].

En otras palabras, a pesar de que estaban acogedoramente aisladas en los océanos, estas diminutas criaturas planctónicas notaron los efectos de un deterioro del clima. Eran pocas las que podían resistir el enfriamiento del agua y se parecían al plancton de las zonas templadas modernas. Fueron las que no fallecieron junto con los dinosaurios.

Las plantas no lo estaban pasando mejor en tierra; fueron profundamente afectadas cuando finalizó el cretáceo dando paso al terciario. Las plantas tropicales fueron expulsadas por sus parientes más resistentes que procedían de las regiones templadas situadas más al Norte.

Debido a que el polen es la parte más resistente de las plantas, éste frecuentemente se conserva en las rocas dejando un registro de la vida vegetal de cada período. En el este de Montana, los análisis del polen fosilizado revelan que la mitad de todas las plantas del mesozoico tardío eran plantas con flores, termofílicas; a principios del período terciario ya sólo representaban menos de la tercera parte. Las coníferas de hoja perenne, cuyas agujas les permitían tolerar condiciones más frías, habían incrementado su dominio sobre la tierra como resultado del cambio repentino del clima mundial^[12]. Las coníferas no sólo remplazaron a las plantas con flor. Las plantas típicas del mesozoico como las cicadáceas —durante tanto tiempo la principal comida de muchos dinosaurios herbívoros— preferían regiones con temperaturas altas y estables y, por esta razón, hoy en día están limitadas a áreas uniformes como son Nueva Zelanda, América del Sur y África del Sur. Cuando a finales del mesozoico la temperatura descendió, éstas también perdieron su dominio en las regiones más septentrionales siendo un ejemplo las coníferas como el *Metasequoia*^[13]. Estos estudios sobre el plancton y las plantas terrestres fósiles sugieren provisionalmente que la Tierra se vio inmersa en un período de frío y que los efectos se notaron tanto en el mar como en tierra. Las pruebas son circunstanciales, obtenidas en base a la

comparación de especies del mesozoico con otras formas vivas estrechamente emparentadas; conociendo las preferencias medioambientales de las especies existentes, podemos deducir las condiciones climáticas de hace 64 millones de años. Con todo, la conclusión de que el clima se estaba deteriorando parece ineludible.

La destrucción de plancton, amonitas y reptiles en los océanos y dinosaurios, pterosaurios y plantas en tierra pareció producirse en un espacio de tiempo catastróficamente corto. En casi todos los casos, su desaparición de las rocas es tan repentina que muchas autoridades incluso hablan del diezmamiento sincrónico de los grupos ubicuos en menos de un millón de años. M. N. Bramlette, del Instituto Scripps de Oceanografía, en un estudio sobre la destrucción masiva del plancton estima que sólo fueron necesarios unos miles de años para completarla^[14]. Otros piensan que unos cuantos días ya serían suficientes.

La aniquilación simultánea que tuvo lugar en toda la superficie de la Tierra ha llevado a algunos a formular explicaciones, a primera vista, extravagantes. Han vuelto a surgir de forma dramática teorías cataclísmicas, descartadas de la Geología desde la época del barón Cuvier, cuya teoría de las extinciones masivas que implicaban revoluciones o catástrofes inexplicables coincidían de forma bastante adecuada con los años más vigorosos de la Revolución Francesa. Un acontecimiento que podía poner un brusco fin a grupos tan diversos como dinosaurios y plancton de forma simultánea en todo el planeta, necesariamente tenía que tener proporciones verdaderamente cósmicas.

La explosión de una supernova, como la observada por los astrónomos chinos en 1054, emitiría radiación cósmica de inimaginable magnitud a la galaxia. La explosión de una estrella de diez masas solares liberaría una onda expansiva equivalente a los efectos combinados de 1 000 000 000 000 000 000 000 000 bombas de hidrógeno de diez megatonnes. La «estrella huésped» medieval china, cuyos restos ahora conocemos como la constelación de Cáncer, estaba demasiado alejada como para haber representado un peligro de radiación para la Tierra. Pero si explotara una estrella cercana, a unos cien años luz aproximadamente de nuestro sistema solar, los niveles de radiación en la zona alta de la atmósfera —que normalmente es de unos 0,03 roentgens por año— ascenderían hasta alcanzar los asombrosos 3000 roentgens. Debido a que la radiación sería recibida en forma concentrada y se extendería durante algunos días a lo sumo, el efecto sería catastrófico. Los niveles de radiación en la atmósfera se incrementarían diez millones de veces y tendrían un efecto similar al de un holocausto nuclear universal. A pesar de que las supernovas tienen una frecuencia de una explosión cada cincuenta años en nuestra galaxia^[15], la mayoría, al igual que Cáncer, están tan lejos que son inofensivas. Sin embargo, la Tierra recibe una dosis aguda de radiación de 500 roentgens en intervalos de aproximadamente 50 millones de años cuando explota una estrella más cercana; y probablemente cada 300 millones de años una dosis de 1500 roentgens. Desde el Período Precámbrico, hace 600 millones de años, las probabilidades indican que debió de haber una ocasión en la cual la Tierra fue inundada de radiación de poco menos que dos veces esta intensidad.

La dosis letal para los animales de laboratorio oscila entre 100 y 700 roentgens, de forma que una explosión de radiación de la magnitud de una supernova, en el caso que llegara de forma no diluida a la superficie del planeta, haría estragos. Los dinosaurios habrían sido particularmente

vulnerables; al ser grandes y carecer de protección, incapaces de esconderse en madrigueras, habrían sido irradiados con dosis masivas. Aquellos que no hubiesen perecido debido a alteraciones celulares y cáncer seguramente habrían generado descendientes mutantes. Esto en el caso de que hubiera habido una explosión de una supernova en la vecindad, hace aproximadamente 64 millones de años.

Resulta muy atractivo jugar con estas cifras astronómicas, especialmente si están relacionadas con sucesos cataclísmicos en el Universo. El morboso atractivo de los cataclismos atrae la mente como espectadores a un incendio. El encaprichamiento intelectual es un pobre criterio para su aceptación. Las anomalías que se observan en esta teoría de la radiación cósmica directa sencillamente son demasiado importantes, incluso suponiendo que los científicos espaciales dispongan de cifras correctas. Para matar a un sencillo organismo unicelular, por ejemplo, se necesita aproximadamente diez veces la dosis letal de un ratón. Aun así, los mamíferos sobrevivieron el ataque violento del cretáceo mientras que el plancton fue afectado profundamente. Debido a que incluso una capa delgada de agua superficial protegería eficazmente contra la radiación, la teoría de la radiación directa no es válida ya que murieron las criaturas equivocadas. El modelo ha sido criticado incluso por algunos físicos que insisten en que el tortuoso camino tomado por la radiación cósmica para un recorrido de diez años luz, habría provocado que llegase en un espacio de tiempo alargado de 40 años^[16].

El bombardeo cósmico directo puede ser descartado. Sin embargo, no se habían tenido en cuenta las fluctuaciones de la temperatura que probablemente fueron la causa principal del desastre. Al menos dos trabajadores interesados por el tema de la extinción de los dinosaurios han sido convencidos por los argumentos de los partidarios de la teoría de la supernova. Dale Russell, del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Ottawa, y Wallace Tucker, del American Science and Engineering en Boston, han modificado la teoría para destacar la importancia de los efectos climáticos de la radiación incidente. La atmósfera absorbería el equivalente a la fuerza de 100 000 bombas de hidrógeno de diez megatonnes, si se produjera la explosión de una estrella cercana a nuestro planeta. La radiación adoptaría en gran parte la forma de rayos X que serían absorbidos por la capa de ozono y la ionosfera. Los efectos climáticos resultantes serían desastrosos. La turbulencia generada alteraría drásticamente la capacidad de retención del calor de la atmósfera. El aire más bajo, saturado de agua, sería desplazado hacia regiones más altas donde se formarían cristales de hielo y actuarían desviando los rayos solares, provocando así un descenso de las temperaturas en todo el planeta de forma alarmantemente imprevista. Es interesante señalar, en este contexto, que el incremento agudo de la emisión de rayos X del Sol provoca un cambio en la circulación atmosférica hacia una de características claramente glaciales^[17]. ¿Era posible que el bombardeo de la supernova hubiera provocado el repentino período de frío temporal responsable de la aniquilación de toda forma de vida oceánica y terrestre? Los efectos duales de la radiación a nivel del suelo, resultantes de la interacción de rayos cósmicos y rayos gamma con la atmósfera, y del descenso de las temperaturas, podrían ser la razón de todos los cambios observados según Russell:

Los sucesos que marcan el final de la era de los dinosaurios parecen haber sido

semejantes a los que podrían seguir a la llegada del estallido inicial de energía de una supernova cercana a nosotros. Los organismos terrestres más grandes y más evolucionados (dinosaurios, plantas con flores), habrían sido diezmados por los efectos combinados de la radiación y el frío. Los organismos marinos probablemente habrían sido afectados más severamente por el enfriamiento de los océanos, aunque algunas formas que vivían en aguas poco profundas posiblemente habrían sido exterminadas por la radiación o debido a las turbulencias de agua creadas por tormentas. La Tierra estuvo fría el suficiente tiempo como para enfriar los océanos, pero no lo suficientemente como para permitir el desarrollo de placas de hielo continentales en las latitudes altas, ya que no hay evidencias de glaciación en ningún sitio del planeta en aquella época^[18].

Esto ilustra bien la gravedad y brusquedad de la devastación concebidos por los teóricos de la supernova. Niveles de radiación semejantes a los que siguen a una guerra nuclear, tormentas en todo el planeta de extrema intensidad, temperaturas desastrosamente bajas y la destrucción de los elementos primarios de la cadena alimenticia en tierra (plantas con flores y cicadáceas), y en el mar (plancton y amonitas), debieron de hacer estragos incalculables. Y todo esto en el espacio de una semana. ¿Por qué, se pregunta uno, sobrevivieron los mamíferos? ¿Y los cocodrilos y aves sumamente vulnerables, estando todos tan expuestos como los dinosaurios?

Existe un dato obstinado, *si resultara ser verdad*, que manifiestamente no concuerda con la teoría de la exterminación sincrónica y repentina de la vida. Si se examinan con más detalle las rocas que albergan a los últimos dinosaurios, parece como si la desaparición hubiera sido un acontecimiento *progresivo* en vez de rápido. (Esto es cuestionado por los partidarios de la teoría de la supernova que ven en el aparente titubeo el resultado del sondeo selectivo). El *Triceratops* rinocerino vagaba en otros tiempos formando manadas, como las de los bisontes americanos antes de la aparición del rifle Winchester. Sus huesos se encuentran en los últimos estratos del Cretáceo, la formación de Lance (por ejemplo, en la región oriental de Wyoming^[19]). Las conchas y areniscas de esta formación tienen un grosor de más de 60 metros de arriba abajo, y dejan un registro de las criaturas que vivieron hasta finales del mesozoico. El *Triceratops*, que se halla en abundancia en el fondo de la formación, se hace progresivamente más raro a medida que ascendemos hacia las rocas terciarias sobrepuestas. Finalmente, ya no se encuentra ningún fósil, indicando así la desaparición de los dinosaurios. El *Triceratops* debió de ser el dinosaurio más resistente. Sin embargo, incluso su curtida piel no pudo protegerlo contra la llegada del invierno. El *Triceratops* sobrevivió a muchos de sus contemporáneos más primitivos y vivió hasta el final del cretáceo, convirtiéndose en una figura solitaria del paisaje. Colbert en concreto ha argumentado que poco antes del final del cretáceo, hubo un período de declinación entre los dinosaurios: no tanto una disminución de su número sino de su variedad. El número de géneros de dinosaurios disminuyó hasta tal punto que, tal como observa, los grandes carnívoros debieron de haber tenido una dieta cada vez más monótona^[20]. El tópico de la confrontación entre los *Triceratops* y *Tyrannosaurus* probablemente no era tanto una cuestión de libre elección para el carnívoro gigante, sino el resultado de la falta de alternativas adecuadas. Al igual que casi todos los grupos, afirma Colbert, los hadrosaurios comenzaron a escasear hacia fines de este período. De

hecho, la formación Lance ha proporcionado menos de la cuarta parte de géneros de hadrosaurios que la formación Belly River más antigua. Lo mismo se puede decir de los anquilosaurios acorazados, cuyos representantes hallados en Lance, que forman nuestras colecciones, constituyen menos de la tercera parte del número encontrado en estratos más antiguos. En la época de Lance, aparentemente el número de géneros de ceratópsidos había sido reducido a la mitad^[21]. Si esta disminución de la diversidad es real, esto significará que el comienzo de las condiciones adversas fue temprano, eliminando las formas con menor tolerancia. Sin embargo, la mayoría de los dinosaurios dejaron algunos supervivientes resistentes que, al igual que el *Triceratops*, explotaron la falta de competición y se extendieron formando grandes manadas.

De forma similar, parece que los ictiosaurios marinos perecieron antes del final de este período y es posible que los plesiosaurios fueran desapareciendo en los mares cada vez más fríos, antes de la desaparición de los últimos dinosaurios en tierra. Éstas pérdidas en la parte superior de la cadena alimenticia marina reflejan la desaparición de la base de plancton. Las amonitas, cuyas conchas ornamentales en espiral habían dominado las rocas primitivas, también estaban sufriendo una reducción de su diversidad antes del final aunque el ritmo de extinción se incrementó drásticamente hacia el final de éste período^[22]. Existe un paralelismo sorprendente entre la pérdida progresiva de las amonitas marinas y la disminución de la variedad de dinosaurios en el mundo cretáceo tardío. Si estos hallazgos son confirmados, desde luego invalidarían muchas de las tonterías de los argumentos aportados por los partidarios de la supernova. No obstante, incluso suponiendo que estos resultados reflejen fielmente la gradual decadencia de la vida durante el cretáceo, queda el problema de explicar la extraordinaria aceleración del proceso de extinción en su fase final. ¿Por qué se aceleraría tan rápidamente esta progresiva extinción? ¿Y por qué le ocurrió a tantas criaturas no emparentadas de forma casi simultánea, llevando a una aparente crisis global? ¿Hubo un período de frío efímero pero grave hacia el final del Cretáceo que tuvo como resultado la creación de un fuerte gradiente entre el ecuador y los polos y el desplazamiento de las regiones tropicales situadas más al Norte hacia la zona templada, tal como atestiguan el plancton y las coníferas? ¿Se estableció un fuerte gradiente diario con una aguda caída de las temperaturas al anochecer? Las plantas deciduas con flores son una prueba de que, hacia el final del cretáceo, las estaciones estaban bien constituidas. Por lo tanto, ¿es posible que las estaciones se hicieran más marcadas hacia el final, con inviernos cada vez más fríos?

Los reptiles terrestres que compartían el final del cretáceo con los dinosaurios nos serían familiares hoy en día. En aquella época, los cocodrilos tenían un aspecto moderno. Las iguanas y los monitores prosperaban y había serpientes, aunque raras. Incluso algunas de las tortugas que vivían en los mares, del cretáceo, tardío tienen actualmente descendientes vivos. Todos sobrevivieron mientras que una gran variedad de tipos de dinosaurios —ceratópsidos, anquilosaurios, hadrosaurios de pico de pato, tiranosaurios, dromeosaurios, celurosaurios y muchos más— desaparecieron simultáneamente. ¿Qué diferenciaba a los dinosaurios de los reptiles?

Una respuesta es evidente: los reptiles son de sangre fría mientras que los dinosaurios probablemente eran de sangre caliente. Cuando la temperatura desciende por debajo de un grado óptimo, los reptiles se vuelven perezosos. Ellos mismos se vuelven fríos y su índice metabólico

disminuye agudamente, sumiéndolos en un estado de letargo y finalmente hibernación. Pero permanecen vivos, aun a temperaturas ambiente por debajo del punto de congelación y, de esta manera, son capaces de sobrevivir en zonas templadas hoy en día. Así, no es ninguna sorpresa que los reptiles que sobrevivieron al Cretáceo también fueran los que podían esconderse debajo de leños para hibernar o, como en el caso de las tortugas y los cocodrilos, excavar túneles en las orillas de los ríos para buscar protección, como hace el caimán chino hoy en día. Sin embargo, los dinosaurios eran incapaces de hibernar. No solamente eran demasiado grandes^[23], sino que probablemente no estaban adaptados fisiológicamente para ello. La razón del por qué es fácil de comprender. Los lagartos, con su relación más grande de área de superficie/volumen perdían rápidamente calor cuando descendía la temperatura y esto los inactivaba rápidamente. Los lagartos debían estar preparados para hibernar. Sin embargo, los pequeños cambios de la temperatura ambiental eran compensados fácilmente por los voluminosos dinosaurios con su área de superficie proporcionalmente más pequeño. Todos los dinosaurios eran grandes, pocos pesaban menos de 50,8 kg en vida^[24], y algunos alcanzaban las 80 toneladas. Incluso los animales jóvenes parecen haber nacido con tamaños bastante considerables. Con cuerpos tan grandes, fácilmente podían permanecer calientes en condiciones uniformes y no necesitaban un aislamiento superficial como pelo o plumas. Al igual que los grandes mamíferos que viven en los trópicos como los elefantes, hipopótamos y rinocerontes, los dinosaurios no necesitaban protección alguna. El hecho de que los dinosaurios no presentaban aislamiento indica que se habían desarrollado bajo condiciones climáticamente uniformes. Por otro lado, los reptiles semejantes a los mamíferos, nacidos en el duro clima del Pérmico, habían aislado sus cuerpos con pelo y esta característica había sido heredada por los mamíferos^[25]. Esto les permitía reducir su tamaño y, a pesar de ello, sobrevivir a la exposición. Esto también hizo posible que sobrevivieran al cretáceo. Si a finales del cretáceo las temperaturas disminuyeron en todo el mundo, los dinosaurios habrían sido atrapados por su propio ingenio. El factor que había significado el éxito durante 150 millones de años militaría contra ellos. Eran de sangre caliente: debían mantener una temperatura interna constante a fin de permanecer con vida, pero no tenían aislamiento alguno contra el frío^[26]. En un principio, los dinosaurios posiblemente fueron capaces de generar suficiente calor para permanecer calientes, pero cuando las estaciones se hicieron más marcadas y las heladas se convirtieron en un suceso habitual cada año, incluso en latitudes bajas, y los lagartos hibernaron mientras que los pequeños mamíferos cubiertos de pelo encontraron madrigueras calientes donde refugiarse, los dinosaurios se quedaron fuera, expuestos al frío. Incapaces de hibernar debido a su gran tamaño, estos leviatanes posiblemente murieron «congelados».

Los pterosaurios alados plantean un problema completamente diferente. Eran peludos y de sangre caliente como los mamíferos, y aun así perecieron junto con los dinosaurios. La pérdida final de los pterosaurios fue el castigo que tuvieron que pagar por su extrema especialización. Las grandes alas posiblemente hicieron que la pérdida de calor fuera un factor crítico. Sin embargo, el deterioro del clima posiblemente afectó a los pterosaurios de otra forma. El *Pteranodon* era un maestro volando lentamente, siendo capaz de permanecer suspendido en el aire con velocidades de hasta 24 km por hora. El clima uniforme del cretáceo, con un tiempo templado hasta latitudes muy altas, habría provocado vientos suaves ideales para volar. El *Pteranodon*, como recordará el lector,

sólo necesitaba una brisa de 24 km por hora para elevarse en el aire sin ayuda alguna. Se ha sugerido que, debido a que aumentó el gradiente de temperaturas entre los polos y el ecuador, se alteró la fuerza de los vientos del Oeste y vientos alisios. Un incremento de sólo 16 km por hora de los vientos predominantes probablemente habría sido demasiado tempestuoso para el apacible planeador, haciendo que perdiera el control^[27]. El gigantesco pterosaurio de Lawson encontrado en Big Bend habría padecido, además, el problema del suministro alimenticio cada vez más escaso. Si la teoría de Lawson era cierta y el nuevo pterosaurio era un animal carroñero —que dependía de los cadáveres de los grandes dinosaurios para vivir—, como consecuencia de la extinción de los dinosaurios se habría producido también su propia desaparición. Tiene una gran importancia que ningún animal grande sobreviviera al Cretáceo. Los animales pequeños heredaron el mundo. El pterosaurio de Texas, habituado a comer cantidades enormes de carne putrefacta, habría sucumbido en un mundo donde la carroña tenía el tamaño de una rata.

Los partidarios de la teoría de la supernova siguen siendo inflexibles. Los criaturas (específicamente los ictiosaurios) que desaparecieron antes del final de este período, están desligadas de las extinciones catastróficas finales. Además, la disminución progresiva de la diversidad entre los dinosaurios observada por Colbert es considerada ilusoria. El último estudio de Russell sobre el predominio de dinosaurios durante el Cretáceo tardío, publicado en 1975, revela que, en efecto, *existe* un factor de distorsión en la recogida de muestras. Durante generaciones, los estratos superiores del cretáceo superior habían sido explorados más frecuentemente y de modo más exhaustivo que los estratos más jóvenes, provocando así una mayor producción de especies de dinosaurios. La correlación de Russell entre el tiempo de trabajo empleado en cualquier formación y el número de especies extraídas de ésta, es muy sugestiva. Ignorando esta anomalía en la recolección de muestras, los paleontólogos supusieron falsamente que los dinosaurios estaban escaseando hacia el final del cretáceo; lo que sucedía es que los mismos paleontólogos habían recogido menos muestras de las rocas más recientes. Una vez corregido este error, Russell determinó que *la diversidad de los dinosaurios posiblemente no disminuyó notablemente incluso hacia el final del cretáceo*^[28]. Posiblemente, no unos cuantos rezagados sino toda la estirpe de los dinosaurios, floreció hacia el final de este período. ¿Era posible que las amonitas también hubieran sido objeto de una tendencia similar en la recolección de las muestras?

De acuerdo con los catastrofistas modernos, los dinosaurios desaparecieron con la explosión más espectacular desde la Creación y, a pesar de la persistente aversión de los geólogos a los cataclismos, resulta difícil no estar de acuerdo. La caza ha comenzado buscando los vestigios de una supernova cercana, y es alentador observar que efectivamente se han detectado indicios de una explosión estelar a finales del cretáceo^[29]. Sea lo que sea, una supernova o cualquier otro factor, lo que trastornó el planeta hace 64 millones de años, provocó el repentino final del orden mundial mesozoico y cerró uno de los capítulos más importantes de la Historia de la Tierra. A pesar de que la datación de este acontecimiento aún sigue siendo discutida apasionadamente, hay pocos desacuerdos respecto a su brusquedad. El debate se centra ahora en qué espacio de tiempo. La magnitud de la devastación no puede ser infravalorada, ya que la destrucción de todos los animales de tamaño grande y mediano, unido a la interrupción de la vida marina, alteró la

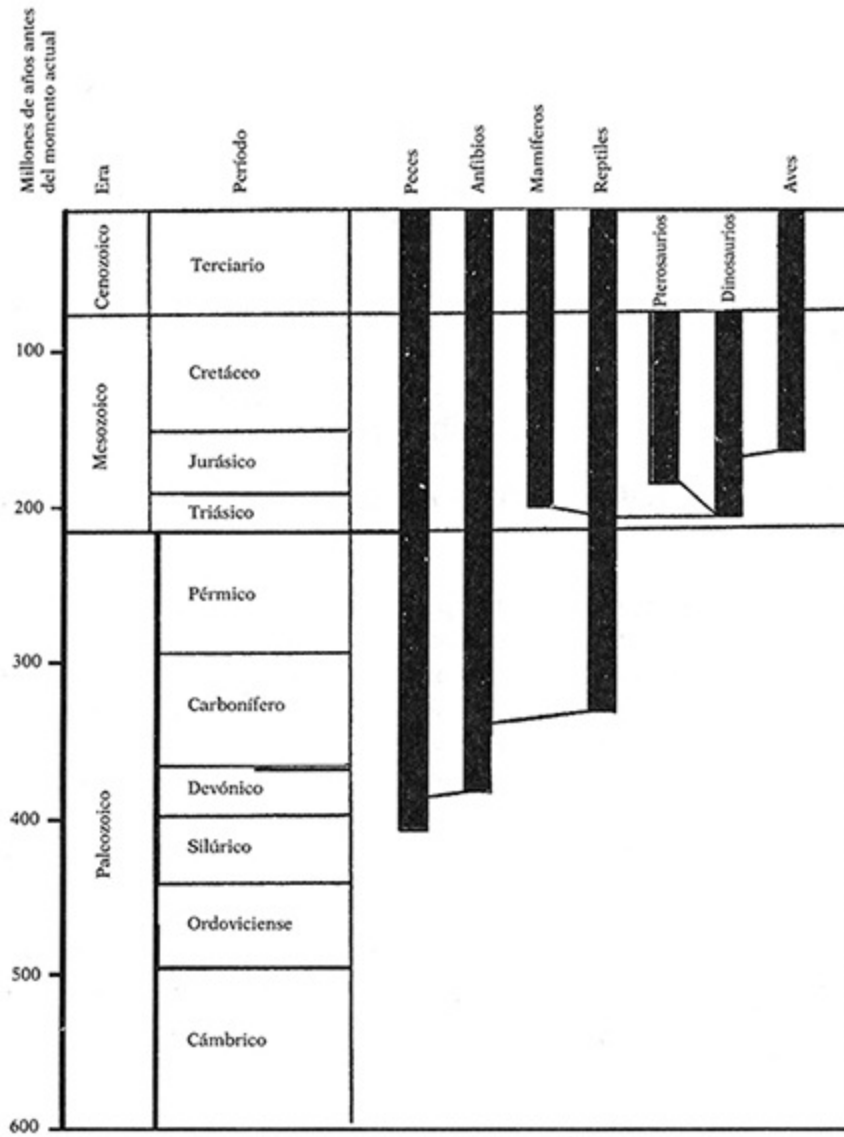
dirección de la vida sobre la Tierra. Sea cual sea la naturaleza del acontecimiento del cual nos ocupamos, debió de tener proporciones cataclísmicas.

¿Podemos imaginarnos el sufrimiento de los dinosaurios hacia el final? ¿Qué evidencia nos podría revelar los tormentos de criaturas completamente extrañas separadas de nosotros por 64 millones de años? En los últimos años, Heinrich Erben, del Instituto de Paleontología de la Universidad de Bonn, ha estado examinando las cáscaras de huevos de los dinosaurios de finales del cretáceo, midiendo su grosor en diferentes estratos y registrando las tendencias. El análisis estadístico de Erben, obtenido en base a miles de fragmentos de capas sucesivas de rocas en Aix-en-Provence y Corbières, en los Pirineos franceses, ha proporcionado resultados asombrosos e imprevistos. Los estratos de rocas que contienen las cáscaras fosilizadas representan las partes superiores del estrato superior de Maastricht y, por lo tanto, abarcan un breve período de tiempo inmediatamente anterior a la desaparición de los dinosaurios. Los huevos de los estratos más antiguos tienen cáscaras gruesas, de hasta 2,5 mm, perfectamente aceptables para huevos de gran tamaño. Pero al llegar a estratos más altos (y por lo tanto más jóvenes), Erben encontró que las cáscaras se hacían cada vez más delgadas mientras que las de las rocas más jóvenes ya eran tan lastimosamente delgadas —frecuentemente sólo 1 mm— que debieron de haber padecido una extrema fragilidad^[30].

Debido a que Erben encontró muchos huevos enteros, podemos suponer que sobrevivieron a la experiencia de haber sido puestos; pero estas mismas cáscaras intactas indican que las crías no salieron de los huevos. Las implicaciones son obvias. Los dinosaurios reaccionaron frente a un período de estrés breve pero continuado^[31] de la misma forma como lo hacen las aves modernas, poniendo huevos con cáscaras cada vez más delgadas. El estrés en las aves, ya sea provocado por el frío, envenenamiento por DDT o sobrepoblación, resulta en un desequilibrio del delicado sistema hormonal que altera el tamaño de las nidadas y el grosor de las cáscaras. Las cáscaras pueden llegar a ser tan delgadas que se rompen o no tienen suficiente calcio que es absorbido por los embriones para construir sus esqueletos. En los últimos años de su dominio, el dinosaurio estuvo sometido a una presión insoportable. Esto es cierto. Las solitarias bestias que lograron seguir con vida nos dan una idea de la agonía que debieron de haber sufrido. Los dinosaurios, con sus sistemas hormonales completamente desafinados, reaccionaron poniendo huevos de cáscara débil y, con ello, sellaron el destino de sus propios descendientes.

En 1973, el equipo de Bonn confirmó sus anteriores hallazgos cuando localizó ocho huevos más —dos de ellos intactos— en un peñasco cerca de Corbières. Los huevos intactos eran grandes, de aproximadamente 23 centímetros de largo y 18 centímetros de ancho, y procedían del horizonte más joven. Los fragmentos, observados a través de un microscopio electrónico, tenían una cáscara tan delgada que los embriones de los dinosaurios posiblemente no pudieron absorber bastante calcio para completar la formación de sus esqueletos. Los majestuosos dinosaurios, señores del mesozoico que disfrutaron de un nivel de organización semejante al de los mamíferos o de las aves, no se habían ido con una explosión pero sí con un gemido, el gemido de las crías que perecieron encerradas en sus diminutas cárceles.

Tiempo geológico e historia de los vertebrados



En el Apéndice I se incluye un glosario de los términos técnicos que aparecen en el Glosario y árbol genealógico de los vertebrados superiores.

Apéndice 1

NOTA SOBRE LA CLASIFICACIÓN

Los animales del mesozoico, que tienen un papel crucial en la presente tesis —dinosaurios, tecodontes y pterosaurios— siguen siendo denominados oficialmente reptiles. La clase de los reptiles fue creada originalmente para incluir a las serpientes, los lagartos y las tortugas, tienen mucho antes de que reaparecieran los saurios del mesozoico a comienzos del siglo XIX. Los reptiles eran, por definición, animales de sangre fría con una envoltura escamosa y extremidades desparramadas en sentido horizontal, incapaces de mantener una actividad enérgica y generalmente limitados a regiones climáticamente uniformes. Cuvier justificó la inclusión de los pterodáctilos, y Owen la de los dinosaurios, en base a algunos huesos en los esqueletos fosilizados que aparentemente eran semejantes a los de los lagartos. Dado el nivel de conocimiento actual, este intento de relacionar las formas de vida pasadas y presentes es loable por su valor heurístico.

Pero la Paleontología no ha estado parada durante el siglo intermedio o más que ha pasado. Lentamente, a veces casi imperceptiblemente y otras muchas penosamente, las viejas ideas han sido invalidadas poco a poco. Consideren el creciente conocimiento de la fisiología endotérmica, de tipo avícola de los pterosaurios, su gran cerebro y pelaje; las controversias sobre la postura de los dinosaurios, semejante a la de los mamíferos, y la provisional correlación de este rasgo con la calidad de sangre caliente; y la postura de los tecodontes y posiblemente un metabolismo activo. La clasificación, sin embargo, no ha llevado el mismo paso que el cambio de nuestras ideas, teniendo como resultado una situación anómala, según la cual la clase de los reptiles comprende criaturas tan diversas como lo son los voladores peludos, inteligentes y endotérmicos; los ectotermos arcaicos, de extremidades desparramadas y cerebro pequeño (lagartos y tortugas); los endotermos terrestres gigantes y erguidos; y los dinosaurios corredores veloces y extremadamente sofisticados, y al menos uno (*Archaeopteryx*) con plumas. La naturaleza arbitraria de este agrupamiento es prueba del desconcierto de muchos paleontólogos.

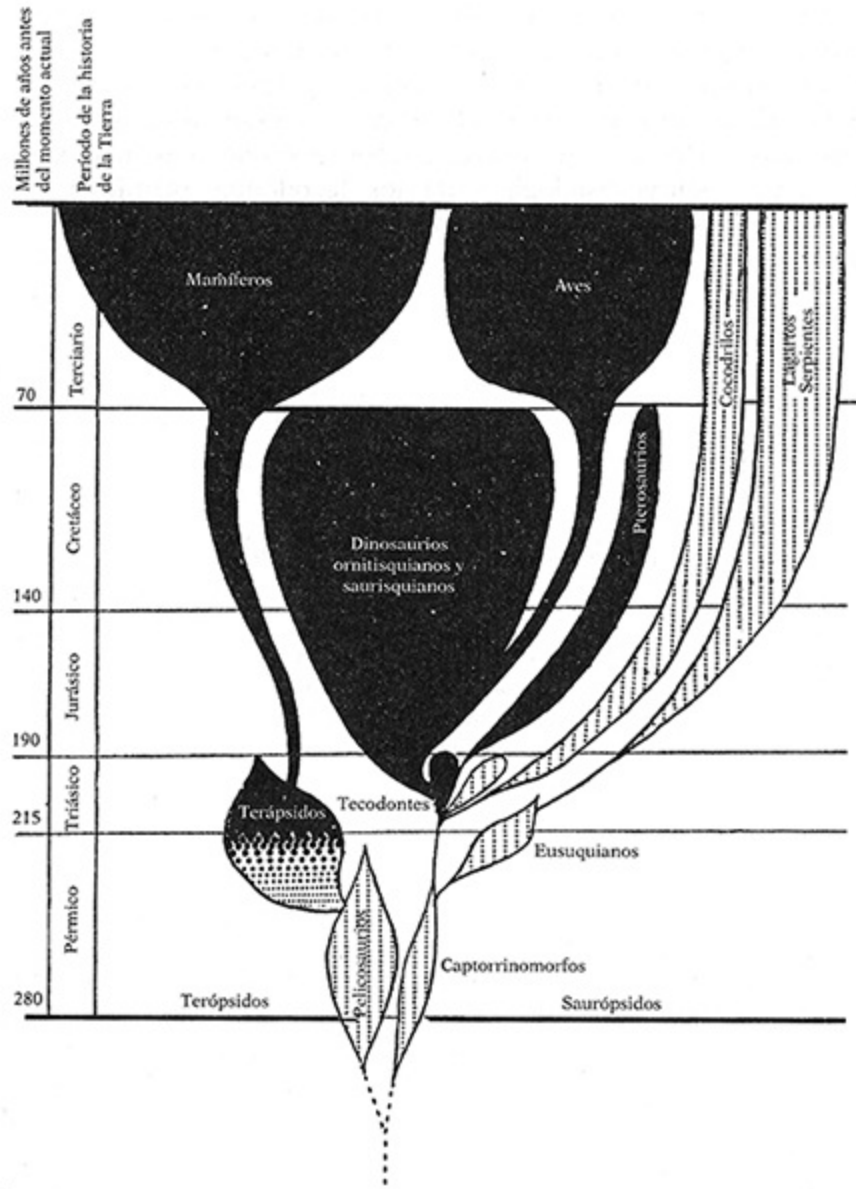
La clasificación no solamente debería reflejar el progreso evolutivo de la vida, sino también la adquisición de nuevos niveles importantes de organización y su ulterior explotación. La clasificación corriente de los vertebrados «superiores» fracasa rotundamente, al no reflejar los logros de los dinosaurios y pterosaurios.

La clase de los reptiles es un saco variado de formas singularmente diversas y, aunque en un principio no era esto lo que se pretendía, se ha convertido en una colección arbitraria de animales. Hablando claramente, hay que hacer algo.

Uno de los cambios más importantes en la historia de la vida se produjo al comienzo del triásico —hace aproximadamente 210 millones de años—, cuando algunos de los tecodontes seudosuquianos adoptaron por primera vez una postura erguida, alargaron sus extremidades posteriores para aumentar la zancada y probablemente aumentaron su capacidad para producir energía. Esta serie de caracteres fueron una innovación clave de consecuencias mayores, ya que

permitió a sus descendientes conquistar la tierra y el aire. Desencadenó las explosiones de los dinosaurios y pterosaurios.

Esto debe ser reconocido en la clasificación. No se puede justificar durante más tiempo la inclusión de dinosaurios y lagartos en un mismo grupo. Los «reptiles» de sangre caliente del mesozoico habían roto las relaciones con sus antepasados de la misma forma que lo han hecho los mamíferos. Debido a que los mamíferos viven, somos conscientes de que son distintos y les otorgamos una clase propia. Lo mismo es válido en el caso de las aves. Los dinosaurios y pterosaurios —a pesar de la extensión de su reino— no sobrevivieron, y tuvieron que ser clasificados en un principio en base a vestigios fragmentarios y un conocimiento insuficiente. Es ahora cuando nos damos cuenta de su unicidad.



Árbol genealógico esquemático de los vertebrados superiores. Los grupos en negro son considerados aquí como de sangre caliente, los rayados como de sangre fría. La endotermia probablemente se desarrolló sólo dos veces durante la historia de los vertebrados, entre los terápsidos y los tecodontes. Los dinosaurios y pterosaurios heredaron la condición de los tecodontes y ésta se transmitió a las aves a través de los dinosaurios.

A los «saurios» de sangre caliente del mundo mesozoico debería otorgarse un rango a fin de

hacer justicia a su importancia fisiológica, anatómica y ecológica. Por esta razón, proponemos la creación de las clases dinosaurios (incluyendo a los seudosuquianos) y pterosaurios. Debido a que ambos grupos probablemente heredaron sus características fisiológicas de los tecodontes primitivos del triásico, los dinosaurios y pterosaurios podrían ser agrupados naturalmente en la superclase de los endosaurópsidos.

Apéndice 2

ALGUNOS PROBLEMAS

«La crítica de nuestras conjeturas tiene una importancia decisiva: el hecho de sacar a luz nuestros errores nos hace comprender las dificultades del problema que estamos intentando resolver».

KARL POPPER, *Conjectures and Refutations*^[1]

Lo relatado en este libro *no* pretende de ninguna manera ser una declaración definitiva. Eso es la desafortunada suerte de los libros de texto. Es solamente un informe provisional del estado actual de la Ciencia, la Paleontología está continuamente cambiando. Quizás algunas de las ideas y especulaciones sean confirmadas pero, inevitablemente, muchas resultarán ser incorrectas. Algunos problemas ya han sido resueltos. Éstos, sin embargo, no restan valor a la fuerza aclaratoria de nuestra teoría endotérmica de los dinosaurios. No obstante, estas dificultades requieren ser expuestas y esperamos que ello sea un estímulo para la investigación ulterior. Por lo tanto, y en resumen, de acuerdo con los principios de la filosofía de Popper, debemos exponer nuestra teoría a las críticas más severas a fin de poder estimar su valor.

Una de las críticas más fuertes hechas contra nuestra teoría, formulada por primera vez por Alan Feduccia en 1972, se refiere al tamaño cerebral de los dinosaurios. Las aves y los mamíferos poseen cerebros relativamente grandes en marcado contraste con los notoriamente pequeños cerebros de la mayoría de dinosaurios. A pesar de ello, Ostrom y Bakker postulan para los dinosaurios niveles de actividad como los que se observan en los mamíferos y las aves. Seguramente, arguye Feduccia, estos niveles de actividad habrían dado como resultado una mayor complejidad del cerebro de los dinosaurios^[2]. Feduccia no sabía en ese momento que Dale Russell había demostrado de forma bastante concluyente que algunos dinosaurios, de hecho los más sofisticados, los dromeosaurios y estrutiomímidos, *desarrollaron* cerebros relativamente gigantescos (algunos incluso más grandes que los de las aves) a fin de coordinar el equilibrio, agilidad, agudeza visual y destreza manual, de forma que éstos deben ser excluidos de la objeción^[3]. Más tarde, Feduccia concedió que «quizás éstos (refiriéndose a los dinosaurios avestruces y dromeosaurios de Russell) eran endotermos o, al menos, animales cretáceos inteligentes^[4]». Sin embargo, queda por aclarar el problema de la disparidad entre el cerebro y el tamaño corporal en la mayoría de los grandes dinosaurios. ¿Podría ser que, aunque los dinosaurios pequeños y gráciles necesitaban cerebros grandes, los imponentes gigantes no tenían el sofisticado comportamiento que exige la existencia de un cerebro agrandado aunque al mismo tiempo sean animales de sangre caliente? La endotermia, *per se*, posiblemente no requiera la existencia de un cerebro grande. Harry Jerison ha sugerido recientemente en su exhaustivo estudio de la *Evolution of the Brain* que, «*a priori*, sería de esperar que los animales con un control extrínseco de la temperatura, como los lagartos que deben tener respuestas al sol o a la sombra... utilizarían *más*

tejido nervioso que los (endotermos) para controlar su temperatura corporal^[5]». En otras palabras, las respuestas de la conducta de los lagartos orientadas, en función del sol, posiblemente requieran un mayor volumen cerebral que el mecanismo de regulación de la temperatura interna puramente automático de los endotermos. En base a hipótesis, un brontosaurio de sangre caliente necesitaría un volumen cerebral más pequeño que un reptil heliotrópico para controlar su temperatura corporal. Jerison advierte que no se debe llegar precipitadamente a la conclusión que la endotermia, por sí sola, requiere un cerebro agrandado. El control de una fisiología de sangre caliente sólo requiere un área muy pequeña del hipotálamo, los dinosaurios podían ser endotermos aun teniendo cerebros diminutos. De forma similar, los terápsidos probablemente desarrollaron una fisiología de sangre caliente durante el pérmico tardío, a pesar de continuar teniendo cerebros pequeños que no llenaban sus cajas craneanas. Los mamíferos primitivos (triásicos) heredaron estos cerebros pequeños y sólo mucho más tarde desarrollaron el cerebro. Una vez más parece que la endotermia se desarrolló antes de que hubiera un cerebro agrandado.

La evolución de un cerebro aumentado de tamaño se correlaciona mejor con el desarrollo de la sofisticación de la conducta. No es una casualidad que los pterosaurios y dromeosaurios de cerebros grandes fueran notablemente sofisticados en sus respectivas maneras. En lugar de que la endotermia exija la presencia de un cerebro grande, más bien es al revés: sólo un endotermo de metabolismo rápido puede llevar a cabo la compleja conducta que observamos, por ejemplo, en las complicadas maniobras de vuelo de los pterosaurios o la capacidad de manipulación y conservación del equilibrio de los dromeosaurios. Estas conductas complejas se desarrollan concomitantemente con los controles de coordinación del cerebro. La endotermia posiblemente sea uno de los requisitos previos para la expansión del cerebro y no viceversa.

Un problema relacionado, aunque no crucial para la tesis general, es la reconciliación de la tendencia a formar manadas de los dinosaurios con sus cerebros pequeños. Los estrutiomímidos y dromeosáuridos, sin duda, eran capaces de formar una organización social (quizá incluyendo una jerarquía social como la de las aves), proporcionar cuidados a sus crías, etc., pero ¿es el diminuto cerebro de los *Triceratops* un argumento en contra de la teoría de que era un animal de manada?

Un *leit-motiv* del libro ha sido la inextricable relación existente entre la endotermia y el tamaño de los dinosaurios: los dinosaurios carentes de aislamiento estaban obligados a ser titanes y por esta razón, quedaron excluidos de los micronichos ecológicos que fueron dominados por los mamíferos y los lagartos. Pero, si los dinosaurios no eran capaces de reducir su tamaño por debajo de un nivel crítico, ¿cómo podemos explicar que sus descendientes comenzaran su vida por debajo de este nivel umbral sin perecer debido a la exposición? Un dinosaurio indudablemente relacionado con sus huevos es el pequeño *Protoceratops* mongol. Es significativo que los huevos eran muy grandes (mucho más grandes relativamente que los de los reptiles), de forma que los descendientes comenzaban su vida con un tamaño superior al de muchos mamíferos y lagartos contemporáneos. El momento de la eclosión del huevo también habría coincidido con la época más templada del año a fin de reducir la severidad de la explosión^[6]. Queda por ver si estos argumentos son lo suficientemente sólidos como para responder a las objeciones.

Resulta costoso mantener la condición de sangre caliente; requiere la combustión de una gran cantidad de combustible. Un hombre consume aproximadamente cuarenta veces más alimento que

un lagarto del tamaño de un hombre y alrededor de un 80-90% de la energía liberada se utiliza para mantener una temperatura constante. Por lo tanto, un brontosaurio necesitaría, debido a su tamaño, más comida que un lagarto del tamaño de un brontosaurio: quizá media tonelada de vegetación al día. Esto plantea la intrigante pregunta de cómo podía pasar tanta comida a través de una cabeza que, como en el caso del *Brontosaurus*, era del tamaño de una vértebra. A continuación, para liberar la energía, la comida debía ser descompuesta mecánicamente lo que hace que aún sea más misteriosa la ausencia de dientes para moler. El *Diplodocus* sólo poseía unos cuantos «incisivos» cortantes. Probablemente tenían piedras estomacales que sustituían a los dientes para moler los alimentos.

Finalmente, aunque tampoco sea una cuestión crucial para la tesis central, está el persistente problema de la ausencia de todo dinosaurio en el período poscretáceo. Si el frío era el responsable de su aniquilación, incluso acompañando a la explosión inicial de radiación procedente de una supernova cercana, ¿por qué no sobrevivieron dinosaurios en las regiones ecuatoriales más cálidas? ¿Es posible que *todo* el planeta estuviera sometido a un intenso frío? Parece improbable. Aun cuando las dos masas de tierra en el hemisferio Norte, América y Eurasia, estaban situadas en latitudes medias y altas en el período cretáceo tardío, y lindaban en el sur con el mar de Tethys, América del Sur y África, climáticamente estaban situadas más favorablemente. La brusquedad, ubicuidad y gravedad de las extinciones cretáceas hace cada vez más difícil descartar una teoría cataclísmica.

«El destino habitual de las nuevas verdades —observó el irascible Huxley, que conocía bien las estrangulaciones científicas— es comenzar como herejías y acabar como supersticiones». Naturalmente, Huxley estaba pensando en la herejía darwinista de la cual él era el máximo exponente. Y a pesar de que su opinión del mundo a la larga cayó en la ortodoxia, nunca perdió las ganas de luchar. La *cause célèbre* de la década de 1970 posiblemente no tenga las connotaciones morales tan queridas de los científicos Victorianos, pero uno apenas se habría enterado de ello debido a las apasionadas protestas. Los sosegados museos una vez más se hacen eco de las voces de descontento. El coloso Victoriano es una bestia demasiado querida como para renunciar a ella sin luchar. Tal como dijo C. P. Snow, «los arranques de cólera se han dado en ambos bandos». Pero ¿dónde está la belleza del dinosaurio ortodoxo? Retrasado, minusválido y con la estética de sus reliquias congeladas de los museos apenas evoca la era dorada cuando reinaban los gigantes. Los críticos insisten en que cada argumento en favor de la endotermia se presta a una explicación alternativa. (Así, por ejemplo, las plumas podrían haberse desarrollado para proteger a los ectotermos del sol abrasador en los desiertos). Estoy de acuerdo en que cada argumento tiene su interpretación alternativa. Pero esto pasa por alto el punto crucial. La hipótesis de la sangre caliente es una amplia red que abarca una impresionante serie de hechos que, de otra forma, serían inconexos. Puede explicar (aunque por el momento toscamente) la decisiva dominación de los dinosaurios, su tamaño, su postura, la incesante supresión de los mamíferos, el origen de las plumas y de las aves, la supremacía aérea de los pterosaurios, etc. Esto es, en efecto, una síntesis extraordinaria, tantas cuestiones aparentemente explicadas mediante una *única* teoría. Y es éste el logro científico más importante de la teoría. Como dijo Darwin al final de *El origen de las especies*, es difícil imaginarse que una teoría errónea explique una serie de hechos tan numerosos

y diversos con tanta facilidad. Este punto de vista de los dinosaurios también entraña grandiosidad. No obstante persiste la tergiversación coronada por la reciente afirmación de que los vestigios mortales de los dinosaurios, sencillamente, son inadecuados para revelar su fisiología. Sin embargo, incluso huesos de 70 millones de años de edad tienen una historia que contar. Y la Historia enseña el puro disparate de prescribir límites a nuestro conocimiento. En efecto, la ironía más cruel de la Historia, tras la imprudente demanda de Comte de que debíamos continuar ignorando para siempre la química estelar, proporcionaría inmediatamente a los físicos el análisis espectral que sondearía la composición de los lejanos cielos. Hoy también nos encontramos en el umbral: nuestro herético dinosaurio que es la clave de la compleja red de vida ancestral de un pasado igualmente remoto.

GLOSARIO

alcaloide.— Sustancia química orgánica sintetizada por las plantas con flores (incluye a la morfina y estricnina).

amonita.— Molusco con tentáculos emparentado con el calamar, pero con una concha enrollada y multicameral. Muy abundante en los mares del mesozoico.

anquilosaurio.— Dinosaurio acorazado como un tanque. Ornitisquiiano cuadrúpedo.

arcosaurio.— Agrupamiento de vertebrados superiores basado en determinadas características esqueléticas compartidas. Comprende a dinosaurios, pterosaurios, aves, cocodrilos y tecodontes.

arenisca roja nueva.— Rocas del triásico.

batracio.— Anfibio.

belemnita.— Molusco con tentáculos emparentado con el calamar, con una protección o concha en forma de bala.

bípedo.— Animal que está erguido y camina sobre sus miembros traseros.

brontosaurio.— Dinosaurio saurisquiiano, cuadrúpedo, gigante (por ejemplo *Brontosaurus*).

bulbo olfatorio.— Región del cerebro anterior de los vertebrados relacionado con el olfato.

camptosaurio.— Dinosaurio ornitópedo primitivo del jurásico superior de América del Norte.

ceratópsido.— Dinosaurio ornitisquiiano cornudo. El grupo floreció a finales del cretáceo (por ejemplo *Triceratops*, *Protoceratops*).

celurosaurio.— Uno de los dinosaurios terópodos. Los celurosaurios eran dinosaurios bípedos, veloces, con una constitución ligera. Se sabe que los ornitomímidos tenían cerebros más grandes de lo corriente. Estos dinosaurios tenían un aspecto semejante al de las aves y eran en realidad los antepasados de las aves (por ejemplo *Ornithomimus*, *Compsognathus*).

cerebelo.— Región del cerebro posterior de los vertebrados, está relacionado con la coordinación del movimiento.

cetáceo.— Ballena.

cetiosaurio.— Saurópodo.

cicádidas o cicadáceas.— Planta semejante a las palmeras con un tronco único y una corona de hojas similares a las de los helechos que floreció en el triásico y jurásico. Está representada por muy pocos géneros supervivientes.

clavícula.— Hueso del cuello.

cocolito.— Planta planctónica microscópica, unicelular, con una concha dura. Cuando estos diminutos organismos mueren, la concha se deposita en el fondo del mar, donde finalmente se hace compacta y forma creta.

convergencia.— Las criaturas que han adquirido un aspecto similar aunque sus antepasados hayan sido completamente diferentes (y sólo estén lejanamente emparentadas) se denominan convergentes. Un buen ejemplo son el delfín mamífero y el ictiosaurio reptil. Los animales que desarrollan estructuras similares lo hacen como respuesta a unas demandas similares del estilo de vida.

cretáceo.— Último período del mesozoico, hace 140-64 millones de años.

cuadrúpedo.— Animal que está de pie y anda sobre cuatro patas.

cursorial.— Con extremidades esbeltas adaptadas para correr, a diferencia de graviportal.

Dánico.— Estratos más primitivos del terciario.

de sangre fría.— Animales cuya temperatura interna puede variar con la temperatura ambiente. Cuando la temperatura externa es fría, la temperatura interna disminuye y el animal se vuelve perezoso. Cuando estas criaturas de sangre fría toman el sol, su temperatura se eleva por encima de la del aire (por ejemplo lagartos, cocodrilos, anfibios). Véase ectotermia.

Devónico.— Período del paleozoico, hace 395-345 millones de años. Aparición en tierra del primer pez.

dicinodonto.— Terápsido o reptil semejante a los mamíferos. Los dicinodontos eran herbívoros corpulentos, abundantes en el pérmico y triásico, que posiblemente vivían en manadas. Muchos presentaban colmillos semejantes a las morsas.

Diplodocus.— es el género, *Diplodocus comegei* la especie. Puede haber más de una especie de *Diplodocus*.

Diplodocus comegei.— es una especie. Pueden haber muchas especies dentro de un género (*Diplodocus* es el género).

dromeosáurido.— Uno de los dinosaurios terópodos. Poco conocido. Muy ágil, con un gran cerebro y enormes ojos. Principios hasta finales del cretáceo (por ejemplo *Deinonychus* y *Saurornithoides*).

ectotermia.— Dependencia de una fuente de calor externa (el Sol) para elevar la temperatura interna. Véase de sangre fría.

endotermia.— Dependencia de las fuentes de calor internas; calor generado por los músculos y los tejidos. El animal se conserva caliente a pesar de las fluctuaciones de la temperatura ambiente. Véase de sangre caliente.

eoceno.— Época en el período terciario, hace 55-37 millones de años.

especie.— Unidad más pequeña de la clasificación de uso corriente.

estegosaurio.— Dinosaurio ornitisquiano, cuadrúpedo con una serie de escamas óseas a lo largo de la línea central del dorso.

Estratos de Maastricht.— Estratos de finales del cretáceo.

etosaurio.— Reptil tecodonte del triásico con un morro semejante al de los cerdos. Cuadrúpedo terrestre que removía la tierra buscando raíces.

falange.— Hueso de los dedos de la mano o de los pies.

fémur.— Hueso de la pierna.

fisiología.— Ciencia que se ocupa de los procesos de la materia viva y de las funciones de los órganos y tejidos.

fitosaurio.— Tecodonte acuático del Triásico con un largo morro semejante al de los cocodrilos.

foraminífero.— Organismo planctónico unicelular con una concha dura

fósil.— Vestigios petrificados de un animal o planta. Cuando se acumulan los sedimentos que forman las rocas, atrapan las partes duras de los animales y de las plantas (y, a veces, si los sedimentos son lo bastante finos, vestigios de tejidos más blandos), conservándolos.

gastrolito.— Piedra usada para moler los alimentos en la molleja o estómago.

género.— Unidad de clasificación. Grupo de especies emparentadas.

graviportal.— Animales pesados de construcción robusta, frecuentemente con patas en forma de columnas. Generalmente andan muy despacio (por ejemplo los elefantes y brontosaurios).

hemisferios cerebrales.— Par de excrecencias en el cerebro anterior de los vertebrados, centro de coordinación superior.

hueso neumático.— Hueso hueco, en vida lleno de sacos aéreos. Se encuentra en los pterosaurios, las aves y algunos dinosaurios.

hueso pteroideo.— Pequeño hueso que sobresale en la muñeca de los pterosaurios. Probablemente sostenía una membrana que iba al cuello y actuaba como elevador.

húmero.— Hueso del brazo.

ictiosaurio.— Reptil marino, con forma de delfín que vivió durante el período Mesozoico.

iguana.— Lagarto tropical.

iguanodonto.— Dinosaurio ornitisquiano, bípedo, herbívoro.

jurásico.— Período medio del mesozoico, hace 190-140 millones de años.

laberintodonto.— Anfibio acorazado, cuadrúpedo, rechoncho, corriente en el pérmico y triásico.

Lamarck.— Lamarck promulgó un mecanismo de evolución (1744-1829). Creía que el uso incrementado de una estructura provocaba que ésta creciera. Actualmente remplazado por el neodarwinismo, que implica las mutaciones y la selección natural.

Lías.— Comienzos del jurásico.

lóbulo óptico.— Región del cerebro medio de los vertebrados relacionado con la visión.

Mar de Tethis.— Océano que se extendía en dirección Este-Oeste durante el mesozoico. Tenía un área muy extensa y separaba los supercontinentes Norte y Sur.

marga.— Caliza fangosa.

marsupial.— Mamífero con bolsa (por ejemplo opossum, canguro, lobo marsupial).

médula.— Estructura situada en la parte posterior del cerebro de los vertebrados.

mesozoico.— Una de las principales eras geológicas, hace 215-64 millones de años, constituida por tres períodos, el triásico, jurásico y cretáceo. Coloquialmente nos referimos a ella como la «Era de los reptiles».

metabolismo.— Este término se refiere a los procesos químicos que tienen lugar en el cuerpo, especialmente la descomposición de los alimentos para liberar energía. Un metabolismo rápido supone la capacidad de liberar más energía y a una mayor velocidad. Esto implica una mayor cantidad de oxígeno para «quemar» los alimentos y una aceleración de las reacciones químicas en los tejidos. La velocidad metabólica depende de la temperatura; las reacciones son más lentas cuando la temperatura desciende por debajo de un punto óptimo para las enzimas catalizadoras. La mayoría de los reptiles modernos son capaces de tener un metabolismo rápido durante breves espacios de tiempo, pero son incapaces de mantenerlo durante espacios más prolongados. Los mamíferos y las aves, en cambio, pueden mantener un nivel alto de producción de energía y, por lo tanto, son capaces de tener una mayor actividad.

metacarpiano.— Hueso largo en la palma de la mano, situado entre la muñeca y los dedos.

metatarsiano.— Hueso largo en la suela del pie, situado entre el tobillo y los dedos.

miembros desparramados.— Extremidades extendidas a ambos lados del cuerpo, los huesos de la parte superior de las extremidades (fémur y húmero) están paralelos al suelo.

moa.— Ave grande, no voladora, actualmente extinguida, de Australasia (por ejemplo *Dinomis*).

molleja.— Estómago muscular en las aves y posiblemente también en los dinosaurios. Tiene una fuerte pared muscular; a veces contiene gastrolitos. La comida puede ser tragada sin haber sido masticada (como en las aves) y la molleja se encargará de moler la comida hasta formar una pulpa antes de pasar al estómago.

monitor.— Lagarto tropical o subtropical que vive en el Viejo Mundo, puede alcanzar un gran tamaño (por ejemplo el dragón de Komodo en las Indias Orientales). Emparentado con el mosasaurio cretáceo.

monofilia.— Origen único de un grupo de animales (las aves son probablemente monofiléticas, los mamíferos no lo son: los monotremas se desarrollaron a partir de los terápsidos, independientemente de los mamíferos placentarios y marsupiales).

monotrema.— Mamífero muy primitivo, ovíparo, con escasa capacidad para perder calor. Se desarrolló independientemente de otros mamíferos a partir de los terápsidos, por ejemplo el platypus de pico de pato.

nicho.— Tipo de medio ambiente preferido por un animal. Por ejemplo las llanuras para los corredores de largos miembros, malezas para las musarañas, etc.

oligoceno.— Época del período terciario, hace 37-27 millones de años.

oolito.— Jurásico medio. Oolito significa «piedra de huevo» y muchas de las calizas de color claro están compuestas por pequeños granitos que parecen huevas de pez. Las rocas oolíticas del jurásico están distribuidas a lo largo de Inglaterra, desde Yorkshire, en el Noreste, hasta Dorset en el Sudoeste. La pizarra de Stonesfield, que albergaba el *Megalosaurus*, es parte de la serie de los oolitos.

opistótonos.— Trastorno nervioso por envenenamiento que provoca espasmos musculares y frecuentemente la muerte. Los músculos se vuelven rígidos y el animal muere en una postura contorsionada. Puede estar producido por alcaloides como la estricnina.

ornitisquianos.— Uno de los dos grupos principales de dinosaurios; comprende a los ornitópodos, estegosaurios, anquilosaurios y ceratópsidos.

ornitópodo.— Dinosaurio ornitisquiano, herbívoro, bípedo (por ejemplo *Iguanodon*, *Hadrosaurus* e *Hypsilophodon*).

paladar secundario.— Huesos que forman el techo de la boca en los mamíferos, cocodrilos y algunos dinosaurios, separando la boca de la cavidad nasal.

Paleontología.— El estudio de la vida pasada tal como se revela por los registros fósiles. Implica la reconstrucción del aspecto de los organismos primitivos, su forma de funcionar, ecología y parentescos con otras criaturas.

paquidermo.— Término que actualmente se aplica a los grandes mamíferos de piel gruesa, no rumiantes, especialmente los elefantes.

pérmico.— Último período del paleozoico, hace 280-215 millones de años. Dio paso al triásico.

pes.— Pie.

placentario.— Mamífero con placenta (todos los mamíferos supervivientes excepto los marsupiales y los monotremas).

plancton.— Organismos marinos pequeños de diverso tipo que son transportados por las corrientes.

plantígrado.— Andar sobre las suelas de los pies; a diferencia de andar sobre los dedos (digitígrado).

plesiosaurio.— Reptil marino o de agua dulce del Mesozoico con aletas.

Plioceno.— Última época del período terciario, hace 12-2 millones de años.

polifilia.— Orígenes múltiples de un grupo de animales: véase monofilia.

preadanita.— Término común en el siglo XVIII y comienzos del siglo XIX para los animales y las plantas que, según se creía, habían vivido en épocas anteriores a Adán.

preadaptación.— Desarrollo de una estructura en un medio ambiente (por ejemplo los pulmones en un pez), que resulta ser aún más útil en otro (por ejemplo en tierra).

prediluviano.— Término utilizado comúnmente en el siglo XVIII y a principios del siglo XIX para describir los artefactos (especialmente fósiles) que se pensaba procedían de una fecha anterior a la Inundación Universal de Noé.

prosaurópodo.— Dinosaurio saurisquiano primitivo del triásico. Incluye tanto a las formas bípedas como a las cuadrúpedas.

pseudosuquiano.— Tecodonte del triásico. A veces bípedo, aunque también existían formas cuadrúpedas. Aquí encontramos el desarrollo de una postura completamente erguida por primera vez en la Historia de los vertebrados. Antepasado de los dinosaurios.

radio.— Hueso del antebrazo.

Roentgen.— Nombre que recibe por el descubridor de los rayos X Wilhelm Röntgen (1845-1923), es la medida estándar de la radiación. La vida sobre la tierra está expuesta anualmente a poco más de 0,1 roentgens que proceden del suelo, la atmósfera e incluso la desintegración del potasio y carbono radiactivo en los tejidos vivos. La radiación cósmica adopta la forma de rayos X de alta energía y rayos gamma; cuando están en exceso provocan la desintegración celular en los tejidos y originan cánceres. Las células reproductivas son especialmente vulnerables y la irradiación puede provocar esterilidad o el nacimiento de mutantes.

sacos aéreos (sacos pulmonares).— Extensión de los pulmones a través de la cavidad corporal de las aves, pterosaurios y quizás algunos dinosaurios. Estos sacos llenos de aire pueden penetrar en los huesos.

sacro.— Vértebras en la región pélvica, fundidas entre sí y unidas con el cinturón pélvico.

saurio.— Reptil (término empleado a principios del siglo XIX).

saurisquianos.— Uno de los dos grupos principales de dinosaurios que comprende a los terópodos (todos carnívoros) y saurópodos (brontosaurios, etc).

saurópodo.— Dinosaurios saurisquianos, cuadrúpedos, gigantes que tuvieron su apogeo durante el jurásico pero que sobrevivieron hasta finales del cretáceo (por ejemplo *Brontosaurus* y *Diplodocus*).

supernova.— Explosión de una estrella.

tanino.— Sustancia química orgánica sintetizada por las plantas. Es corriente en la corteza de los árboles.

tecodonte.— Reptil triásico con dientes con alvéolos; comprenden a los pseudosuquianos, etosaurios y fitosaurios.

terápsido.— Reptil semejante a los mamíferos. Entre los terápsidos se encontraban los antepasados de los mamíferos. Los terápsidos fueron los animales terrestres dominantes a finales del pérmico y comienzos del triásico, pero fueron expulsados por los tecodontes pseudosuquianos.

terciario.— Período que sigue al cretáceo. Coloquialmente nos referimos a éste como la «Era de los mamíferos», hace 64-2 millones de años.

terópodo.— Dinosaurio saurisquiano, carnívoro. El grupo comprende a los carnosaurios (por ejemplo *Tyrannosaurus*), celurosaurios (por ejemplo *Ornithomimus*) y dromeosaurios (por ejemplo *Deinonychus*).

triásico.— Primer período del mesozoico, hace 215-190 millones de años.

ventrículo.— Cámara en el corazón responsable de bombear la sangre al cuerpo y a los pulmones.

vértebras cervicales.— Vértebras del cuello.

Wealden.— Depósitos del cretáceo inferior. El nombre Wealden se deriva del «Weald» (bosque) de Kent donde fue estudiado por primera vez. Está compuesto de areniscas y arcillas que originalmente se depositaron a principios del cretáceo, hace más de 100 millones de años, en un enorme estuario de agua dulce o salobre que se extendía por todo el sur de Inglaterra. El *Iguanodon* y el *Hylaeosaurus* vivieron en la época del Wealden o wealdeniense.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Alan Charig y Brenda Horsfield, 1975. *Before the Ark*. BBC, Londres.

Edwin H. Colbert, 1962. *Dinosaurs: Their Discovery and their World*. Hutchinson, Londres.

Edwin H. Colbert, 1965. *The Age of Reptiles*. Weidenfeld & Nicolson, Londres.

Edwin H. Colbert, 1969. *Evolution of the Vertebrates*. 2.^a ed., Wiley, Nueva York.

Edwin H. Colbert, 1971. *Men and Dinosaurs: The Search in Field and Laboratory*. Penguin.

Edwin H. Colbert, 1974. *Wandering Lands and Animals*. Hutchinson, Londres.

L. B. Halstead, 1969. *The Pattern of Vertebrate Evolution*. Oliver y Boyd, Edimburgo.

L. B. Halstead, 1975. *The Evolution and Ecology of Dinosaurs*. Eurobook.

Url Lanham, 1973. *The Bone Hunters*. Columbia University Press, Nueva York y Londres.

Alfred Sherwood Romer, 1966. *Vertebrate Palaeontology*. 3.^a ed., University of Chicago Press, Chicago y Londres.

Alfred Sherwood Romer, 1971. *Man and the Vertebrates*. 2 vols., Penguin.

M. J. S. Rudwick, 1972. *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology*.

Macdonald, Londres; American Elsevier, Nueva York.

Harry Govier Seeley, 1901. *Dragons of the Air*. Methuen, Londres. (Reimpresión 1967, Dover, bolsillo).

Barbara J. Stahl, 1974. *Vertebrate History: Problems in Evolution*. Me Graw-Hill, Nueva York.

W. E. Swinton, 1934. *The Dinosaurs: A Short History of a Great Group of Extinct Reptiles*. Thomas Murby & Co., Londres.

W. E. Swinton, 1965. *Fossil Birds*. 2.^a ed., British Museum (Historia Natural).

W. E. Swinton, 1969. *Dinosaurs*. 4.^a ed., British Museum, (Historia Natural).

W. E. Swinton, 1970. *The Dinosaurs*. George Allen & Unwin Ltd., Londres; John Wiley & Sons, Inc., Nueva York.

Herbert Wendt, 1968. *Before the Deluge*. Doubleday & Co., Nueva York.

CRÉDITOS DE LAS ILUSTRACIONES

1. Faujas-Saint-Fond B., 1799. *Histoire Naturelle de la Montagne de Saint-Pierre de Maestricht*. Paris. Con el permiso de los administradores del Museo Británico.
2. & 16. Illustrated London News: 1853, 23 págs. 599-600.
1854, 24, pág. 22. Restauración por Neave Parker, 1955, 227, pág. 1065.
3. Fotografía tomada especialmente para el libro por Keith Penny.
4. Restauración de Charles R. Knight, en Osborn, H. F., 1931. *Cope: Master Naturalist*. Princeton.
5. Board of Commissioners of the Central Park, 1868. *Twelfth Annual Report*. Nueva York.
6. Osborn, H. F., 1911. *Amer. Mus. Jour.*, 11, págs. 7-11.
7. Lambe, L., 1920. Canada Dept. Mines, Geol. Surv., 120 págs. 1-79.
8. Restauración de Robert T. Bakker, en Russell, D. A., 1973. *Cañad. Geog. J.*, 87, págs. 4-11.
9. Matthew, W. D., 1915. *Dinosaurs*. Nueva York: Museo Americano de Historia Natural.
10. Matthew, W. D., 1915. *Dinosaurs*. Nueva York: Museo Americano de Historia Natural.
11. Bird, R. T., 1954, *National Geographic*, 105, págs. 707-722.
12. 13. 14 & 19. Restauración de Robert T. Bakker en Crompton, A. W., 1968. *Optima*, 18, págs. 137-151.
15. Kermack, K. A., 1965. *Science Journal*, 1 (9), págs. 66-72.
17. Holland, W. J., 1905, *Mem. Carnegie Mus.*, 2, Págs. 225-279.
18. Bird, R. T., 1944. *Natural History*, 53 (2), págs. 60-67. 20. Heilmann, G., 1926. *The Origin of Birds*. Londres.
- 12 & 23. Augusta, J., y Burian, Z., 1962. *Prehistoric Reptiles and Birds*. Londres.
22. Broili, F., 1938. *Sitzgsb. d. math.-naturw. Abt.*, págs. 139-154.
24. Newman, E., 1843. *The Zoologist* I. págs. 129-131.
25. Preparado especialmente para el libro por Jessica Gwynne.
26. Osborn, H. F., 1917. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 35, págs. 733-771.

CRÉDITOS DE LOS DIBUJOS

- a. Owen, R., 1854. *Geology and Inhabitants of the Ancient World*. Londres.
- b. Heilmann, G., 1926. *The Origin of Birds*. Londres.
- c. Matthew, W. D., 1915. *Dinosaurs*. Nueva York: Museo Americano de Historia Natural.
- d. & e. Restauraciones de Robert T. Bakker, en Ostrom, J. H., 1969. *Bull. Peabody Museum of Natural History, Yale University*, 30, págs. 1-165.
- f. Gabon, P. M., 1970. /. *Paleo*. 44, págs. 464-473.
- g. Izquierda: Gabon, P. M., 1970. *J. Paleo*. 44, págs. 464-473. Derecha: Russell, D. A., 1972. *Can. J. Earth Sci.*, 9, págs. 375-402.
- h. Heilmann, G., 1926. *The Origin of Birds*. Londres.
- i. Restauración de Robert T. Bakker, en Gabon, P. M., 1974. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, 25 (1), págs. 1-152.
- j. Romer, A. S., 1971. *Breviora*, 378, págs. 1-10.
- k. Hay, O. P., 1910. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 12, págs. 1-25.
- l. & m. Holland, W. J., 1910. *Am. Nat.*, 44, págs. 259-283.
- n. Heilmann, G., 1926. *The Origin of Birds*. Londres.
- o. Heilmann, G., 1926. *The Origin of Birds*. Londres.
- p. Matthew, W. D., y Granger, W., 1917. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 37, págs. 307-326.
- q. Phillips, S., 1856. *Guide to the Crystal Palace and Park*. Londres, pág. 190.
- r. Edinger, T., 1941. *Am. Jour. Sci.* 239, págs. 665-682.
- s. Eaton, G. F., 1910. *Mem. Connecticut Acad. Sci.*, 2, págs. 1-38.



ADRIAN DESMOND (Reino Unido, 1947). Adrian John Desmond es un escritor especializado en Historia de la Ciencia. Estudió Fisiología en la Universidad de Londres y continuó sus estudios en Historia de la Ciencia y Paleontología de los Vertebrados en la Universidad Colegio de Londres, y posteriormente en la Universidad de Harvard. Sus estudios de doctorado tuvieron como tema el contexto victoriano de la Teoría de la Evolución propuesta por Darwin. Desmond es Investigador Honorario del Departamento de Biología de la Universidad Colegio de Londres.

El primer libro de Desmond, *The Hot-Blooded Dinosaurs (Los dinosaurios de sangre caliente)* (1975), fue traducido a siete idiomas. Siendo el primer libro a favor de que los dinosaurios eran de sangre caliente y dieron lugar a las aves, fue ampliamente divulgado y recibió numerosos elogios. Basándose en el libro, la BBC realizó un documental titulado también *The Hot-Blooded Dinosaurs*. Su segundo libro de divulgación científica, *The Ape's Reflexion* (1979), sobre los experimentos con chimpancés usando el lenguaje de signos, fue elegido como uno de los mejores libros del año por *Psychology Today*. Seguidamente, Desmond publicó dos libros de contenido académico: *Archetypes and Ancestors* (1982), que trata del papel que jugaron los fósiles en los debates sobre la evolución en los tiempos de Darwin, y *The Politics of Evolution* (1989), que analiza el contexto en que se desarrollaron las teorías de la evolución antes de Darwin, y que ganó el Premio Pfizer en 1991 de la History of Science Society (EEUU). *Darwin* (1991), escrito por Desmond y Moore, recibió el premio James Tait Black, el premio Comisso en Italia, el premio Watson Davis de la History of Science Society y el Premio Dingle de la British Society for the History of Science. Su siguiente biografía, *Huxley: From Devil's Disciple to Evolution's High Priest* (dos volúmenes 1994-7), fue uno de los mejores libros de 1997 según el *New York Times*, y fue escogido como uno de los mejores libros de todos los tiempos por la *Science Books and Films*

(1999).

Desmond ha escrito numerosos artículos científicos sobre la historia de las teorías evolucionistas, así como las entradas del Oxford Dictionary of National Biography de Darwin (con Jim Moore y Janet Browne) y Huxley, y la entrada de la Enciclopedia Británica de Darwin.

Desmond es investigador de la Zoological Society of London, miembro de la British Society for the History of Science, la History of Science Society (EEUU), y la Society of Vertebrate Palentology (EEUU). En 1993 le fue concedida la Medalla del Fundador de la Society for the History of Natural History. En la actualidad vive en Berkshire, Inglaterra.

Notas

I. LA CUMBRE DE LA CREACIÓN

[1] Faujas-Saint-Fond, B., 1799. *Histoire Naturelle de la Montagne de Saint-Pierre de Maastricht*. París, págs. 59-67. Este relato sobre el mosasaurio de Maastricht fue escrito durante la era revolucionaria por un profesor de Geología del museo de París y, naturalmente, apoya al científico Hoffmann y describe al clérigo Godin como el villano.<<

[2] Para un informe sobre Cuvier, Lamarck y la extinción véase: Rudwick, M. J. S., 1972. *The Meaning of Fossils*. Londres y Nueva York. El trabajo zoológico de Cuvier es tratado en la obra de Coleman, W., 1964. *Georges Cuvier: Zoologist*. Cambridge, Mass. El concepto del plenum y su influencia sobre el pensamiento científico, especialmente en lo referente a la idea de la extinción se puede encontrar en: Lovejoy, A. O., 1964. *The Great Chain of Being*. Cambridge, Mass., capítulos 8 y 9.

Cuvier demostró no sólo la desaparición de los mastodontes sino que continuó investigando al *Megatherium* paraguayo, o perezoso terrestre gigante, y al mamut siberiano. Cuvier sugirió que se había producido una revolución violenta en el pasado reciente de la Tierra que había exterminado gran parte de la vida animal. Cuando Cuvier supo de la existencia de reptiles mesozoicos más remotos modificó su teoría, diciendo que había habido repetidas catástrofes y que, tras cada una de éstas, había aparecido una fauna nueva de aspecto más moderno. El progresionismo de Cuvier tuvo que ser rectificado tantas veces con el descubrimiento de un número creciente de animales, extinguidos que, en 1849, ya se necesitaban 29 catástrofes. Naturalmente, cada creación nueva se iba asemejando cada vez más a la siguiente, de forma que, finalmente, el conjunto del edificio se derrumbó bajo su propio peso. Fue remplazado por la teoría de la evolución de Darwin en 1859. Véase: Bourdier, F., 1969. Geoffroy Saint-Hilare versus Cuvier: la campaña en favor de la evolución paleontológica (1825-1838). In Schneer, C. J. (ed.), 1969. *Toward a History of Geology*. Cambridge, Mass., págs. 36-61. Esp. pág. 60.<<

[3] Cuvier, G., 1836. *Recherches sur les Ossimens Fossiles*. 4.^a ed., París, pag. 175.<<

[4] Buckland, W., 1837. *Geology and Mineralogy*. 2.^a ed., vol. 1, pág. 217.<<

[5] *Ibid.*, pág. 220<<

[6] Buckland, W., 1824. «Notice on the Megalosaurus or great fossil lizard of Stonesfield». *Trans. Geol. Soc. Londres*, serie 2, vol. I, págs. 390-96.<<

[7] Mantell, G., 1825. «Notice on the Iguanodon, a newly discovered fossil reptile, from the sandstone of Tilgate forest, in Sussex». *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 115, págs. 179-86. Las opiniones de Mantell sobre estos grandes «Lagartos Fossilizados», como los llamaba, se pueden encontrar en: Mantell, G., 1833. *The Geology of the South East of England*. Londres. Este libro también contiene el primer informe publicado del *Hylaeosaurus* desenterrado el año anterior en el bosque de Tilgate.<<

[8] Buckland, W., 1835. «On the discovery of fossil bones of the Iguanodon, in the iron sand of the Wealden formation in the Isle of Wight, and in the Isle of Purbeck». *Trans. Geol. Soc. Londres*, serie 2, vol. 3, págs. 425-32.<<

[9] Once años antes, en 1830, Hermann von Meyer ya se había anticipado a Owen. Meyer había dividido los reptiles fosilizados y había agrupado al *Megalosaurus* e *Iguanodon* debido a sus pies paquidérmicos. Definió a estos «paquipodos» como «saurios con extremidades semejantes a las de los mamíferos terrestres voluminosos». Owen, R., 1874-1889. *Monograph of the Fossil Reptilia of the Mesozoic Formations*. Sociedad Paleontográfica, págs. 201, 595 *et seq.* El gran protagonista de Owen, Thomas Henry Huxley, insistió en otorgar a Meyer el crédito de haber apreciado la importancia del grupo con gran disgusto de Owen. De hecho, como arguyó Owen, la clasificación de Meyer eran solamente un orden tabular y Meyer no había publicado sus razones para agrupar a los dinosaurios. Owen, por otro lado, se había esforzado mucho para descubrir las diferencias anatómicas existentes entre los dinosaurios y otros reptiles.<<

[10] Owen, R., 1841. «Report on British Fossil Reptiles». *Report of the Eleventh Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, págs. 60-204. Véase especialmente la pág. 103.<<

[11] *Ibid.*, págs. 142-3.<<

[12] *Ibid.*, pág. 110.<<

[13] *Ibid.*, pág. 200.<<

[14] Lamarck. J. B., 1809. *Philosophie Zoologique*. París. Traducido al inglés como *Zoological Philosophy* por Elliot, H. (1914, Londres; 1963, Nueva York). Véase el prólogo de la pág. 2 de la traducción de Elliot.<<

[15] Owen, *op. cit.* (10), pág. 196.<<

[16] *Ibid.*, pág. 202.<<

[17] *Ibid.*, pág. 204 (nota al pie de página).<<

[18] Desmond, A. J., 1974. «Central Park's fragile dinosaurs». *Natural History*, 83 (8), págs. 64-71. Para consultar las fuentes originales, véase Hawkins, B. W., 1854. «On visual education as applied to geology». *Journal of the Society of Arts*, 2, págs. 444-9. Owen, R., 1854. *Geology and Inhabitants of the Ancient World*. Londres.<<

[19] *The Illustrated London News*, 31 Die. 1853, No. 661. Vol. 23, págs. 599-600. (El Crystal Palace de Sydenham).<<

[20] Owen, *obv. cit.* (18).<<

[21] *The Illustrated London News*, 7 de enero de 1854, No. 662, Vol. 24, pág. 22. (El Crystal Palace de Sydenham).<<

[22] *The London Quarterly Review*, 1854, 3, (5), págs. 232-79. «La cena con el fósil» y la valoración de los monstruos se encuentran en las páginas 237-9. Para la reacción popular véase *The Westminster Review*, 1854, 62 (6), págs. 540-41.<<

[23] Dickens, C. J. H., 1853. *Bleak House*, Londres.<<

[24] Bakker, R. T., 1968. «The superiority of dinosaurs». *Discovery* (New Haven), 3 (2), págs. 11-22. Véase la pág. 11.<<

[25] Bogert, C. M., 1959. «How reptiles regulate their body temperature». *Scientific American*, 200 (4), págs. 104-20.<<

[26] *Ibid.*<<

[27] Colbert, E. H., Cowles, R. B., y Bogert, C. M., 1946. «Temperature tolerances in the American alligator and their bearing on the habits, evolution and extinction of the dinosaurs». Bull. Am. Mus. Nat. Histo., 86, págs. 331-73.<<

[28] Colbert, E. H., Cowles, R. B., y Bogert, C. M. 1947. «Rates of temperature increase in the dinosaurs». *Copeia*, 2, págs. 141-2.<<

[29] Colbert, E. H., 1962. *Dinosaurs: Their Discovery and their World*. Londres, pág. 207.<<

[30] Bogert, *op. cit.* (25).<<

[31] *Ibid.*<<

II. EL TIRANO ENCUENTRA SUS PIES

[¹] Hayden, F. V., 1860. «Geological sketch of the estuary and fresh water deposit of the bad lands of the Judith, with some remarks upon the surrounding formations». *Trans. Am. Philos. Soc.*, 11, págs. 122-38.<<

[2] Leidy, J., 1860. «Extinct vertebrata from the Judith River and great lignite formations of Nebraska». Ibid., págs. 139-54. Este artículo, leído ante la Sociedad Filosófica Americana, en 1859, apareció tras la descripción del *Hadrosaurus* de Leidy, a pesar de que Leidy había adquirido el *Deinodon* y el *Trachodon* algunos meses antes que el esqueleto del *Hadrosaurus*; su importancia se vio obviamente incrementada por el descubrimiento del esqueleto.<<

[3] Leidy, J., 1858. «*Hadrosaurus* and its discovery». Proc. Acad. Nat. Sci., Filadelfia, 14 de diciembre, págs. 213-18. Véase pág. 217.<<

[4] *Ibid.*, pág. 217.<<

[5] Carta de Cope a su padre, con fecha del 15 de agosto de 1866. Reproducida en Osborn, H. F... 1931. *Cope: Master Naturalist, The Life and Letters of Edward Drinker Cope*, Princeton, pág. 157.<<

[6] Cope, E. D., 1866. «Remains of a gigantic extinct dinosaur». *Proc. Acad. Nat. Sci.*, Filadelfia, 21 de agosto, págs. 275-9.<<

[7] Junta de administración del Central Park, 1868. *Twelfth Annual Report*, Apéndice F, págs. 125-41.<<

[8] Parece ser que el padre de Waterhouse Hawkins había sido amigo de Charles Willson Peale, el fundador del museo de Historia natural de Filadelfia, en 1786. A principios del siglo XIX, Peale descubrió y reconstruyó el primer esqueleto completo de un mastodonte americano y, en 1802, muchos de los amigos de Peale lo acompañaron en *una cena en el interior del esqueleto del «mamut»*. Entre los presentes estaba el padre de Hawkins, un inventor cuyo «gran piano portátil patentado» había sido traído para las festividades. El mismo año, el padre de Hawkins volvió a su Inglaterra nativa. La extraordinaria semejanza entre este episodio en Filadelfia y la cena que dio Waterhouse Hawkins en el interior del *Iguanodon*, en el Crystal Palace 52 años más tarde, nos lleva a la conclusión de que Waterhouse Hawkins había oído del acontecimiento de su padre. Agradezco la ayuda del biógrafo de Peale, Charles Coleman Sellers por haberme facilitado esta información. Comunicación personal, 3 de noviembre de 1974.<<

[9] Desmond, A. J., 1974. «Central Park's fragile dinosaurs». *Natural History*, 83 (8), págs. 64-71

.<<

[10] Marsh, O. C., 1890. Contestación al profesor Cope. *New York Herald*, 19 de enero.<<

[11] Marsh, O. C., 1877. «Notice of a new and gigantic dinosaur». *Am. Journ. Sci.*, 14, págs. 87-8.<<

[12] Cope, E. D., 1877. «On the Vertebrata of the Dakota Epoch of Colorado». *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 16, págs. 233-47.<<

[13] Olmstead se convirtió posteriormente en el patrón de la arquitectura de jardines. Fue el responsable de la mayoría de grandes proyectos de la época, que incluyeron el Harvard Yard y el Central Park. Al igual que muchas otras personas cultas se puso a malas con la administración de Tweed.<<

[14] Callow, A. B., 1966. *The Tweed Ring*. Nueva York.<<

[15] *The New York Times*, 7 de marzo de 1871, pág. 5.<<

[16] Wingate, C. F. 1875. «An episode in municipal government». 3. «The Ring Charter». *North American Review*, 111, págs. 113-55. La muerte del Central Park se describe en las páginas 120-23

.<<

[17] Junta de administración del departamento de parques públicos, 1871. *First Annual Report*, págs. 18-20. Éste fue el primero (y único) informe del círculo de Tweed.<<

[18] Hawkins aparentemente había construido otro *Hadrosaurus* de tamaño real antes de su estancia en Princeton. Probablemente, cuando su estudio del Central Park estaba intacto. El director del Museo de Historia Natural, el Dr. Donald Baird, escribe: «Anteriormente ya había montado en nuestro museo un esqueleto de yeso del *Hadrosaurus foulkii* (el primer esqueleto de dinosaurio que fue montado en un museo universitario), y ahora, entre 1875 y 1877, produjo una serie de 17 grandes pinturas de escenas prehistóricas. Estas pinturas eran el resultado directo de su investigación para el Crystal Palace y para el Museo Paleozoico e incluían los mismos animales y otros. Durante treinta años, estuvieron colgados desde las barandillas del balcón en Nassau Hall, en la estancia que sirvió sucesivamente como capilla, lugar de reunión para el Congreso Continental, biblioteca, museo y (actualmente) como claustro».

«Quince de las originalmente diecisiete pinturas aún están colgadas en Guyot Hall en diversos estados de conservación. Algunas están acabadas y firmadas, algunas están sin firmar, algunas están inacabadas». Comen. pers. del 2 de noviembre de 1974.<<

[19] Schuchert, C., y Le Vene, C. M., 1940, *O. C. Marsh: Pioneer in Palaeontology*, New Haven, pág. 385.<<

[20] Huxley, T. H., 1868. «On the animals which are most nearly intermediate between birds and reptiles». Geol. Mag. 5, págs. 357-65.<<

[21] Hitchcock, E... 1848. «An attempt to discriminate and describe the animals that made the fossil footmarks of the United States, and especially of New England». *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences*, series nuevas 3, págs. 129-256. Véanse las páginas 250-51.<<

[22] Hitchcock, E., 1836. «Ornithichology. Description of the foot marks of birds (Ornithichnites) on new Red Sandstone in Massachusetts». *Am. Jounq. Sci.*, 29, págs. 307-40. Véase la página 313.<<

[23] Dollo, L., 1882. «Première note sur les dinosauriens de Bemissart». *Bulletin de Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 1, págs. 161-80. Éste fue uno de una larga serie de artículos. Dupont, El, 1870. «Sur la découverte d'ossements d'iguanodon, de poissons et de végétaux dans la Fosse Saint-Barbe du Charbonnage de Bernissart». *Bulletin de l'Académie Royale, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique*, segunda serie, 46, págs. 387-408.<<

[24] Brown, B., 1938. «The mystery dinosaur». *Natural History*, 41, págs. 190-202, 235.<<

[25] Galton, P. M., 1974. «The ornithischian dinosaur *Hypsilophodon* from the Wealden of the Isle of Wight». *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, 25 (1), págs. 1-152.<<

[26] Osborn, H. F., 1911. «A dinosaur mummy». *Amer. Mus. Jour.*, 11, págs. 7-11.<<

[27] Lambe, L. M., 1914. «On a new genus and species of carnivorous dinosaur from the Belly River formation of Alberta, with a description of *Stephanosaurus marginatus* from the same horizon». Ottawa Nat., 28, págs. 17-20.<<

[28] Lambe, L. ML, 1920. The hadrosaur *Edmontosaurus* from the Upper Cretaceous of Alberta. *Canada Dept. Mines. Geol. Surv.*, Memoria 120, págs. 1-79.<<

[29] Para algunos recuerdos personales, y un relato de los episodios más pintorescos de la vida de Nopcsa, véase: Edinger, T., 1955. «Personalities in palaeontology: Nopcsa. Society of Vertebrate Palaeontology»; *News Bulletin*, No. 43, págs. 35-9. Véase también Colbert, E. H., 1971. *Men and Dinosaurs*. Pelican, pág. 128 y siguientes.<<

[30] Nopcsa, F., 1929. «Sexual differences in ornithopodous dinosaurs». *Palaeobiologica*, 2, págs. 187-201. Las diferencias anatómicas en los animales fosilizados del mismo tipo han sido consideradas frecuentemente como dimorfismos sexuales. Los pelicosaurios como el *Dimetrodon*, con una cresta en la espalda (sostenida por las espinas alargadas de las vértebras dorsales) han sido considerados como la expresión masculina del *Sphenacodon* sin cresta. Colbert señala que el *Dimetrodon* «macho» se encuentra en Texas y el *Sphenacodon* «hembra» en Nuevo México. Estas dos localidades estaban separadas por un mar a principios del Pérmico cuando hubo un apogeo de estos reptiles. Un «obstáculo para desanimar a los reptiles más persistentes en busca de amoríos», añade Colbert. Colbert, E. H., 1969. *Evolution of the Vertebrates*. Nueva York, página 131.<<

[³¹] Wilfarth, M., 1938. «Gab es riisseltragende Dinosaurier?». *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, tomo 40, cuaderno 2, págs. 88-100. Para la contestación véase: Sternberg, C. M., 1939. «Were there proboscis-bearing dinosaurs?». *Ann. Mag. Nat. Hist.*, serie 2 (3), págs. 556-60.<<

[32] Ostrom, J. H., 1962. «The cranial crests of hadrosaurian dinosaurs». *Postilla*, n.º 62, págs. 1-29.<<

[33] Ostrom, J. H., 1964. «A reconsideration of the paleocology of hadrosaurian dinosaurs». *Am. Jour. Sci.*, 262, págs. 975-97.<<

[34] Halstead, L. B., 1969. *The Pattern of Vertebrate Evolution*. Edimburgo, pág. 124.<<

[35] «Las patas delanteras son ridículamente pequeñas —dice Romer en su manual estándar de la Paleontología de los vertebrados— y parecen haber sido prácticamente inútiles; eran tan cortas que no llegaban hasta la boca y, aparentemente, eran demasiado débiles como para haber sido de ayuda para agarrar o desgarrar a las presas». Romer, A. S., 1966. *Vertebrate Palaeontology*. 3. ed., Chicago y Londres, pág. 153.<<

[36] Lambe, L. M., 1917. «The Cretaceous theropodous dinosaur *Gorgosaurus*». *Canada Dept. Mines. Geol. Surv.*, memoria 100, págs. 1-84. Véase la página 64.<<

[37] Newman, B. H., 1970. «Stance and gait in the flesh-eating dinosaur *Tyrannosaurus*». *Biol. J. Linn. Soc.*, págs. 119-23. La radical nueva orientación de Newman, criticando a las restauraciones ortodoxas, sin duda será atacada. Sin embargo, sus puntos de vista sobre la forma de mantenerse erguido y andar del *Tyrannosaurus* coinciden mucho con el análisis de Lambe sobre el *Gorgosaurus*.<<

[38] Ostrom, J. H., 1969. «Terrestrial vertebrates as indicators of Mesozoic climates». *Proc. North Amer. Palaeontol. Conv.*, págs. 347-76. La importancia de la correlación entre una postura completamente erguida, la endotermia y la capacidad para mantener un metabolismo rápido fue reconocida por primera vez por Ostrom aunque el tema fue desarrollado por Robert T. Bakker. Bakker, R. T., 1971. «Dinosaur physiology and the origin of mammals». *Evolution*, 27, págs. 636-58. La correlación fue propuesta en 1973 en base a la aparente ausencia de cualquier conexión casual. Véase Feduccia, A., 1973. «Dinosaurs as reptiles». *Evolution*, 27, págs. 166-70. Bennett, A. F., y Dalzell, B., 1973. «Dinosaur physiology: a critique». *Ibid.*, págs. 170-74. Ostrom contestó que, debido a que todos los vertebrados terrestres modernos con posturas erguidas son endotérmicos, y a que los dinosaurios también tenían una postura erguida, existía una gran probabilidad de que los dinosaurios también fueran endotérmicos. Independientemente de si se ha identificado o no la relación causal, contestó Ostrom, la correlación entre la postura y el metabolismo se mantiene en vigor. Ostrom, J. H., 1974. Contestación a «Dinosaurs as reptiles». *Evolution*, 28, págs. 491-3. Véanse también las contestaciones de Bakker y Peter Dodson a los ataques y sus réplicas a Bennett y Feduccia en el mismo volumen.<<

[39] Russell, D. A., 1973. «The environments of Canadian dinosaurs». *Cañad, geog. J.*, 87, (1), págs. 4-11.<<

III. LA CARRERA ES PARA LOS VELOCES, LA LUCHA PARA LOS FUERTES

[1] Ricqlès, A. de, 1969. «L'histologie osseuse envisagée comme indicateur de la physiologie thermique chez les tétrapodes fossiles». *Comptes Rendus Acad. Scie.*, París, 268D, págs. 782-5. Este artículo fue sólo una nota de las conclusiones de Ricqlès; el informe completo de sus hallazgos en relación con los huesos de dinosaurio fue publicado el año anterior, pero, en aquella época, sacó pocas conclusiones. Ricqlès, A. de, 1968. «Recherches paléohistologique sur les os longs des tétrapodes. I. Origine du tissu osseux plexiforme des dinosauriens sauropodes». *Ann. Paléontol. (Vertébrés)*, 54, págs. 133-45.<<

[2] Lambe, L. M., 1917. «The Cretaceous theropodus dinosaur *Gorgosaurus*». *Canada, Départ. Mines; Geol. Surv.*, Memoria 100, Ottawa, págs. 1-84.<<

[3] Matthew, W. D., 1915. *Dinosaurs*. Nueva York, Museo Americano de Historia Natural: Manual nº. 5, págs. 40-41.<<

[4] Osborn, H. F., 1905. «*Tyrannosaurus* and other Cretaceous carnivorous dinosaurs». *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 21, págs. 259-65.<<

[5] Osborn, H. F., 1913. «*Tyrannosaurus*, restoration and model of the skeleton». *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 32, págs. 91-2.<<

[6] Brown, B., 1915. «*Tyrannosaurus*, a Cretaceous carnivorous dinosaur. The largest flesh-eater that ever lived». *Scientific American*, 113, págs. 322-3.<<

[7] Ostrom, en su descripción del extraordinario carnívoro *Deinonychus*, afirma que «los múltiples vestigios del (*Deinonychus*) sugieren que podría haber sido gregario y que cazaba en manadas». Ostrom, J. H., 1969. «Osteology of *Deinonychus antirrhopus*, an unusual theropod from the Lower Cretaceous of Montana». *Bull. Peabody Museum of Natural History, Yale University*, 30, págs. 1-165. Véase la página 144.<<

[8] Matthew, W. D., y Brown, B., 1923. «Preliminary note of skeletons and skulls of Deinodontidae from the Cretaceous of Alberta». *Amer. Mus. Novit.*, 89, págs. 1-10.<<

[9] Matthew, *op. cit.* (3), pág. 45.<<

[10] Swinton, W. E., 1934. *The Dinosaurs: A Short History of a Great Group of Extinct Reptiles*. Londres, pág. 70.<<

[11] Bird, R. T., 1954. «We captured a “live” brontosaur». *Nat. geogr. Mag.*, 105 (5), págs. 707-22
. <<

[12] Lull, R. S., 1917. *Organic Evolution*. Nueva York, págs. 414-15.<<

[13] Kielan-Jaworowska, Z., y Barsbold, R., 1972. «Results of the Polish-Mongolian palaeontological expedition part IV». *Palaeontol. Polonica*, 27, págs. 5-13.<<

[14] Bakker, R. T., 1972. «Anatomical and ecological evidence of endothermy in dinosaurs». *Nature*, 238, págs. 81-5. Véase la página 85 (en la cual pongo el énfasis). Hay que señalar que en algunos casos, especialmente en Mongolia, los hallazgos consisten casi por completo en carnívoros. En estos casos es posible que las arenas movedizas o los yacimientos de alquitrán atraparan a estas criaturas. De los yacimientos de alquitrán del pleistoceno de California, en los cuales se han encontrado numerosos cazadores como los «tigres» dientes de sable, se sabe que los hallazgos no son representativos de las comunidades como conjunto. Las criaturas atrapadas atraen a un número desproporcionado de carnívoros al lugar.<<

[15] Bakker, R. T., 1968. «The superiority of dinosaurs». *Discovery* (New Haven), 3 (2), págs. 11-22. Véase la pág. 21.<<

[16] Beecher, C. E., 1902. «The reconstruction of a Cretaceous dinosaur, *Claosaurus annectans*». Marsh. *Trans. Conn. Acad. Arts and Sci.*, 11, págs. 311-24.<<

[17] Ostrom, *obr. cit.*. (7), pág. 139.<<

[18] Galton, P. M., 1970. «The posture of hadrosaurian dinosaurs». *J. Paleo.*, 44 págs. 464-73.<<

[19] Bakker, *op. cit.* (14), pág. 81.<<

[20] Colbert. E. H... 1962. *Dinosaurs: Their Discovery and their World*. Londres, pág. 87.<<

[21] Osborn, H. F., 1916. «Skeletal adaptations of *Ornitholestes*, *Struthiomimus*, *Tyrannosaurus*». *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 35, págs. 733-71.<<

[22] «Notes on the habits of *Struthiomimus* by Dr. William K. Gregory». Ibid., págs. 758-60.<<

[23] Esta restauración de Heilmann provocó el siguiente comentario de Swinton: «El nombre genérico significa imitador de las avestruces y, sin duda, la estructura del esqueleto se parece mucho a la de las aves semejantes a los avestruces modernos que conocemos tan bien hoy en día. Estas características, y posiblemente una traducción demasiado literal del nombre, han provocado que algunos artistas, notablemente G. Heilmann (1926), hicieran una reconstrucción de aspecto tan parecido a los avestruces que, a pesar de la presencia de las patas delanteras y una larga cola, la primera impresión difícilmente recuerda a un reptil...». Pero, no resulta sorprendente que el estruioniomímido no tuviera aspecto de reptil ya que, como dice Swinton, «hay que recordar que no había muchas características realmente típicas de los reptiles en el aspecto de su estructura esquelética». Swinton, *obr. cit.*. (10), pág. 77.<<

[24] Heilmann, G., 1925. *The Origin of Birds*. Londres, pág. 183, fig. 132, reproducida aquí como fig. h. Este libro es un tesoro que contiene magníficas ilustraciones de dinosaurios *corredores*.<<

[25] Bakker, *op. cit.* (14), pág. 81.<<

[26] Gregory, W. K., 1912. «Notes on the principles of quadrupedal locomotion and on the mechanism of the limbs in hoofed animals». *Annals N. Y. Acad. Sci.*, 22, págs. 267-94. Véase la lámina 34.<<

[27] Dibujos extraídos de: Galton, P. M., 1974. «The ornithischian dinosaur *Hypsilophodon* from the Wealden of the Isle of Wight». *Bull Br. Mus. Nat. Hist. (Geol.)*, 25 (1), págs. 1-152. Véase la tabla v, pág. 139.<<

[28] Russell, D. A., 1972. «Ostrich dinosaurs from the Late Cretaceous of Western Cañada». *Can. J. Earth. Sci.*, 9, págs. 375-402. Russell pudo demostrar que estos dinosaurios tenían cerebros grandes (en el *Dromiceiomimus*, el cerebro era más grande que el de un avestruz). Los ojos eran enormes, el área de la retina era más grande que el de cualquier vertebrado terrestre y la vista era extremadamente buena. Los cuidados de sus crías no estaban fuera del alcance de la capacidad mental de estos dinosaurios y Russell especula sobre éste y otros misteriosos problemas.<<

[29] En 1912, Gregory también observó la «conexión existente entre la forma de locomoción y la longitud del metatarsiano medio en comparación con el fémur». Gregory, *obr. cit.*. (26), págs. 284 *et seq.* Esta relación es incluso más extrema que la de T/F y expresa el grado hasta el cual la criatura se ha levantado sobre los dedos de los pies como ayuda para correr con mayor rapidez. Por ejemplo, en los pesados mamíferos graviportales, el MT/F oscila entre 0,10 y 0,20 (0,13 en los elefantes), indicando que los metatarsianos de los dedos de los pies casi no se han alargado; en los rinocerontes es de 0,37; en los caballos primitivos subcursoriales es de 0,50-0,60; mientras que en los caballos modernos los metatarsianos se han alargado hasta tal punto que los animales andan sobre las puntas de los dedos y tienen una relación MT/F de 0,78. Para los estrutiomímidos la relación es de 0,77, en el *Hypsilophodon* de 0,62 y ambos dinosaurios andan sobre los dedos de los pies. En los dinosaurios saurópodos gigantes la cifra desciende hasta 0,13 (*Apatosaurus*). Estas cifras describen lo mismo que las relaciones tibia; fémur. Las cifras de los dinosaurios han sido tomadas de Galton, *ob. cit.* (18), págs. 467-8; y Galton, *op. cit.* (27).<<

IV. LA ERA DE LA OSCURIDAD

[¹] Newton, E. T., 1894. «Reptiles from the Elgin Sandstone. Description of two new genera». *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 185 B, parte 1, págs. 573-604.<<

[2] Boulenger, C. A., 1904. «On reptilian remains from the Trias of Elgin». *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 196 B, págs. 175-89.<<

[3] Broom, R., 1913. «On the South African pseudosuchian *Euparkeria* and allied genera». *Proc. Zool. Soc. Lond.*, (2), págs. 619-33.<<

[4] *Ibid.*, pág. 630.<<

[5] Colbert, E. H., 1962. *Dinosaurs: Their Discovery and their World*. Londres, págs. 66-7.<<

[6] Walker lo ha incluido en el grupo de los dinosaurios carnívoros, aunque este punto sea muy discutido. Walker, A. D., 1964. «Triassic reptiles from the Elgin area: *Ornithosuchus* and the origin of the carnosaurus». *Phil. Trans. Roy. Soc*, 248 B, págs. 53-134. Aunque Romer le siguió pronto e incluyó al *Ornithosuchus* en el grupo de los carnosaurios en su *Vertebrate Paleontology* (1966), más tarde cambió de opinión y lo clasificó junto a los seudosuquianos. Romer, A. S., 1972. «The Chañares (Argentina). Triassic reptile fauna. XIII. An early ornithosuchid pseudosuchian, *Gracilisuchus stipanicorum*», gen. et sp. nov. *Breviora*, 389, págs. 1-24. Véase la pág. 23.<<

[7] Ewer, R. F, 1965. «The anatomy of the thecodont reptile *Euparkeria capensis*». Broom. *Phil. Trans. Roy. Soc*, 428 B, págs. 379-435.<<

[8] Romer, A. S., 1966. *Vertebrate Palaeontology*, tercera edición, Chicago y Londres, pág. 137.<<

[9] Ewer, *op. cit.* (7).<<

[10] Reig, O., 1970. «The Proterosuchia and the early evolution of the archosaurs; an essay about the origin of a major taxon». *Bull. Mus. Comp. Zool.*, Harvard, 139 (5), págs. 229-92.<<

[11] Olson, E. H., 1971. *Vertebrate Paleozoology*. Nueva York, págs. 664 y 666.<<

[12] Watson, D. M. S., 1951. *Paleontology and Modern Biology*. New Haven, págs. 38-78.<<

[13] Reig, *op. cit.* (10), págs. 259-62.<<

[14] Romber alude a este punto. «Se ha sugerido que el comienzo de estos cambios (se refiere al desarrollo de las extremidades traseras largas y la cola que actúa como contraequilibrio en los bípedos) estaba relacionado con el perfeccionamiento de la capacidad de nadar de los antepasados de los arcosaurios que tenían hábitos anfibios. Si éste fuera el caso, se trataría de una “preadaptación ventajosa”». Romer, *obr. cit.* (8), pág. 136. Charig expone la cuestión de forma mucho más específica: «¿No podría ser que los primitivos arcosaurios eran anfibios —como los mesosaurios y las nutrias— que utilizaban su cola para propulsarse en el agua y sus extremidades traseras para remar, cambiar de dirección e impulsarse en el fondo del agua? La gran importancia de las extremidades traseras en la locomoción acuática se hace evidente por la mayor disparidad de las extremidades en los cocodrilos marinos y por el hecho de que en los cocodrilos modernos sólo los pies traseros son palmeados». Charig, A. J., 1966. «Stance and gait in the archosaur reptiles». *Advmt. ScL, Lond.*, 22, pág. 537 (resumen). En ocasiones, cuando están asustados, los cocodrilos se encabritan y hacen breves carreras sobre las patas traseras.<<

[15] Romer, A. S., 1971. «The Chañares (Argentina). Triassic reptile fauna. x. Two new but incompletely known long-limbed pseudosuchian». *Breviora*, 378, págs. 1-10.<<

[16] La innovación clave que desencadenó la aparición de los dinosaurios probablemente fue el bipedalismo (y, por lo tanto, la postura con extremidades verticales), asociado a una fisiología con un metabolismo rápido continuo. Charig cree que fue solamente la postura erguida la que otorgó una especial ventaja a los dinosaurios. Por esta razón piensa que los cuadrúpedos erguidos dieron lugar a los bípedos y a los dinosaurios persistentemente cuadrúpedos. Debido a que los seudosuquianos bípedos, ágiles y de larga zancada, hicieron su aparición durante el Triásico Inferior-Medio, y obviamente tuvieron un gran éxito, incluso las formas en evolución (como el *Ornithosuchus*) que corrían parejas con los dinosaurios carnívoros, bípedos, resulta difícil creer que no poseían ya la innovación clave, heredada más tarde y perfeccionada por los dinosaurios. Charig, A. J., 1972. «The evolution of the archosaur pelvis and hindlimb: an explanation in functional terms». En Joysey, K. A., y Kemp, T. S. (ed). *Studies in Vertebrate Evolution*. Edimburgo, págs. 1221-55.<<

[17] Bakker, R. T... y Galton, P. M., 1974. «Dinosaur monophyly and a new Class of vertebrates». *Nature*, 248, págs. 168-72.<<

[18] Seeley, H. G., 1887. «The classification of the Dinosauria». *Report of the British Association for the Advancement of Science*, Manchester, 57, págs. 698-9.<<

[19] Brink, A. S., 1956. «Speculations on some advanced mammalian characteristics in the higher mammal-like reptiles». *Palaeont. Africana*, 4, págs. 77-95. Armand de Ricqlés apoya completamente la teoría de que los terápsidos eran endotermos. Ricqlés ha demostrado, a partir de sus estudios histológicos, que los huesos de los terápsidos, con numerosos vasos sanguíneos y canales de Haver, pueden ser clasificados como huesos de mamíferos en contraposición con los huesos de los reptiles y anfibios fosilizados y vivos. Ricqlés, A. de, 1974. «Recherches paléohistologiques sur les os longs des tétrapodes. iv. Eothériodontes et pélycosours». *Ann. Paleontol. (Vertébrés)*, 60, págs. 3-39. Véase también Ricqlés, A. de, 1969. «L'histologie osseuse envisagée comme indicateur de la physiologie thermique chez les tétrapodes fossiles». *Comptes Rendus Acad. Sci.*, París, 268D, págs 782-5. Ricqlés, A. de, 1969. «Recherches paléohistologiques sur les os longs des tétrapodes. ii. Quelques observations sur la structure des os longs des thériodontes». *Ann. Paleontol. (Vertébrés)*, 55, págs. 1-52.<<

[20] Watson, D. M. S., 1931. «On the skeleton of a bauriamorph reptile». *Proc. Zool. Soc. Lond.*, págs. 1163-1205. Véase la pág. 1169.<<

[21] Bakker, R. T., 1971. «Dinosaur physiology and the origin of mammals». *Evolution*, 25, págs. 636-58.<<

[22] Crompton, A. W., 1968. «The enigma of the origin of mammals. *Optima*» (Anglo American Corp.), 18, págs. 137-51. Véase la página 144.<<

[23] Jenkins, F. A., Jr, 1971. «The postcranial skeleton of African cynodonts: problems in the evolution of mammalian postcranial anatomy». *Yale Peabody Mus. Bulletin*, 36, págs. 1-216. Bakker, *obr. cit.*. (21), habría dejado que tuvieran los miembros aún más desparramados que lo permitido por Jenkins.<<

[24] Crompton, *op. cit.* (22), pág. 143.<<

[25] Robinson, P. L., 1969. «A problem of faunal replacement on Permo-Triassic continents». *Palaeontology*, 14, págs. 131-53. Véanse las páginas 135-7.<<

[26] Kermack, K. A., y Mussett, F., 1959. «The first mammals». *Discovery* (Londres), 20, págs. 144-51. Kermack, D. M., Kermack, K. A., y Mussett, F., 1968. «The Welsh pantotheres *Kuehneotherium praecursoris*». *J. Linn. Soc. (Zool.)*, 47, págs. 407-23.<<

[27] Hopson, J. A., 1971. «Postcanine replacement in the gomphodont cynodont *Diademodon*». En Kermack, D. M., y Kermack, K. A. (ed). *Early Mammals. Zool. J. Linn. Soc. Lond.*, 50, supl. 1, páginas 1-21. Véanse las páginas 18-20. También Brink, obr., cit. (19).<<

[28] Gill, P. G., 1974. «Resorption of premolars in the early mammal *Kuehneotherium praecursoris*». *Archs. oral Biol.*, 19, págs. 327-8.<<

[29] Kermack, K. A., Mussett, F., y Rigney, H. W., 1973. «The lower jaw of *Morganucodon*». *Zool. J. Linn. Soc. Lond.*, 53, págs. 87-175. En este artículo también hay un relato de las excavaciones del material en la fisura galesa.<<

[30] Crompton, A. W., 1968. «In search of the “insignificant”». *Discovery* (New Haven), 3 (2), págs. 23-32.<<

[31] Colbert, E. H., y Russell, D. A., 1969. «The small Cretaceous dinosaur *Dromaeosaurus*». *Amer. Mus. Novit.*, 2380, págs. 145-62.<<

[32] Russell, D. A., 1969. «A new specimen of *Stenonychosaurus* from the Oldman Formation (Cretaceous) of Alberta». *Can. J. Earth. Sci.*, 6, págs. 595-612.<<

[33] Colbert, *op. cit.* (5), pág. 199.<<

[34] Romer, A. S., 1962. *Man and the Vertebrates*. Penguin, vol. 1, págs. 95-6.<<

[35] Cobb, S., y Edinger, T., 1962. «The brain of the emu (*Dromaeus novaehollandiae*, Lath.)». *Breviora*, 170, págs. 1-18. Véase la página 5.<<

[36] Russell, D. A., 1972. «Ostrich dinosaurs from the Late Cretaceous of Western Canada». *Can. J. Earth Sci.*, 9, págs. 375-402.<<

[37] Russell, *op. cit.* (32)<<

[¹] Marsh, O. C., 1877. «Notice of a new and gigantic dinosaur». *Am. Jour. Sci*, 14, págs. 87-8.<<

[2] Buckland, W., 1837. *Geology and Mineralogy*. Londres, pág. 115.<<

[3] Owen, R., 1841. «Report on British fossil reptiles, Part 2». *Report of the Eleventh Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, Londres, véanse las páginas 94-103.<<

[4] Owen, R., 1841. «A description of a portion of the skeleton of the Cetiosaurus, a gigantic extinct Saurian Reptile occurring in the Oolite formations of different portions of England». *Proc. Geol. Soc. Londres*, vol. 3, parte 2, nº. 80, págs. 457-62.<<

[5] Owen, R., 1874-1889. *Monograph of the Fossil Reptilia of the Mesozoic Formations*. Sociedad Paleontográfica, pág. 412.<<

[6] Owen, R., 1847. «Report on the archetype and homologues of the vertebrate skeleton». (Publicado por separado; originalmente apareció en el *Report of the British Association for the Advancement of Science* de 1846), Londres, págs. 169-340. Owen más tarde adoptó una posición evolucionista más firme, por ejemplo, en su *Monograph, obr. cit.* (5), págs. 87-93.<<

[7] Phillips, J., 1870. *Cetiosaurus*. *Athenaeum*, nº. 2214, 2 de abril, pág. 454. Véase también Phillips, J., 1871. *Geology of Oxford and the Valley of the Thames*. Oxford, págs. 254-94.<<

[8] Owen, *op. cit.* (5), pág. 564.<<

[9] Huxley, T. H., 1870. «Further evidence of the affinity between the dinosaurian reptiles and birds». *Proc. Geol. Soc. Londres*, 26, pág. 12. También Huxley, T. H., 1870. «On the classification of the Dinosauria, with observations on the Dinosauria of the Trias». *Ibid.*, pág. 35.<<

[10] Seeley, H. G., 1874. «On the base of a large lacertilian cranium from the Potton Sands, presumably dinosaurian». *Quart. Jour. Geol. Soc.*, 30, págs. 690-92.<<

[11] Owen, *op. cit.* (5), pág. 593.<<

[12] Este relato de la controversia Marsh-Cope está basado en Schuchert, C., y LeVene, C. M., 1940. *O. C. Marsh, Pioneer in Palaeontology*. New Haven, págs. 189 y sigs.; Ostrom, J. H., y McIntosh, J. S., 1966. *Marsh's Dinosaurs*. New Haven y Londres, págs. 2-47; y Williston, S. W., 1915. «The first discovery of dinosaurs in the West». Matthews, W. D., 1915. En *Dinosaurs*. Nueva York, A. M. N. H., págs. 124-31.<<

[13] Marsh, O. C., 1877. «A new order of extinct Reptilia (*Stegosauria*) from the Jurassic of the Rocky Mountains». *Am. Jour. Sci.*, 14; págs. 513-14.<<

[14] Cope, E. D., 1877. «On the Vertebrata of the Dakota Epoch of Colorado». *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 17, págs. 233-47.<<

[15] Marsh, O. C., 1878. «Principal characters of American Jurassic dinosaurs». *Am. Jour. Sci.*, 16, págs. 411-16.<<

[16] Marsh, O. C., 1883. «Principal characters of American Jurassic dinosaurs, Part VI, Restoration of Brontosaurus». *Am. Jour. Sci.*, 26, págs. 81-5.<<

[17] Ballou, W. H., 1897. «Strange creatures of the past». *The Century Illustrated Monthly Magazine*. Nueva York, 55, págs. 15-23. Cope hizo otro dibujo del *Amphicoelias* de pie sobre el fondo de un lago. Éste ha sido reproducido en Osborn, H. F., 1931. *Cope: Master Naturalist*. Princeton Univ. Press, en la página de enfrente de la página 302. La fecha de Osborn para este dibujo (1878) parece un poco tardía, ya que los saurópodos eran representados con extremidades delanteras diminutas y, obviamente, se pensaba que eran bípedos. En 1877, Cope ya sabía que el *Camarasaurus* tenía extremidades delanteras diminutas y, como es natural, se pensaba que eran bípedos. En 1877, Cope ya sabía que el *Camarasaurus* tenía extremidades delanteras macizas.<<

[18] Osborn, H. F., 1898. «Additional characters of the great herbivorous dinosaur *Camarasaurus*». *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 10, págs. 219-33.<<

[19] Véase Wall, J. F., 1970. *Andrew Carnegie*. Nueva York, esp. cap. 11 y 12. Carnegie, A., 1965. *The Gospel of Wealth, and Other Timely Essays*. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. (Reimpresión de la primera edición, 1900).<<

[20] La restauración preliminar de Hatcher apareció en: Hatcher, J. B., 1901. «*Diplodocus* Marsh, its osteology, taxonomy, and probable habits, with a restoration of the skeleton». *Mem. Carnegie Mus.*, 1, pág. 1-63. La restauración modificada de Holland fue publicada en: Holland, W. J., 1905. «The osteology of *Diplodocus* Marsh with a special reference to the restoration of the skeleton of *Diplodocus camegiei* Hatcher presented by Mr Andrew Carnegie to the British Museum», 12 de mayo de 1905. *Mem. Carnegie Mus.*, 2, págs. 225-64.<<

[21] Anónimo (Holland, W. J.), 1905. «The presentation of a reproduction of *Diplodocus camegiei* to the Trustees of the British Museum». *Ann. Carnegie Mus.*, págs. 443-52.<<

[22] Frohawk, F. W., 1905. «The attitude of *Diplodocus carnegiei*. *The Field*», 106, pág. 388. Para la contestación de los americanos, justificando la elección de la postura, véase *The Field*, 106, pág. 466.<<

[23] Hay, O. P., 1908. «On the habits and the pose of the sauropodous dinosaurs, especially of *Diplodocus*». *Am. Nat.*, 42, págs. 672-81.<<

[24] Hay, O. P., 1910. «On the manner of locomotion of the dinosaurs especially *Diplodocus*, with remarks on the origin of birds», *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 12, págs. 1-25. Lámina 1.<<

[25] Holland, W. J., 1910. «A review of some recent criticisms of the restorations of sauropod dinosaurs existing in the museums of the United States, with special reference to that of *Diplodocus camegiei* in the Carnegie Museum». *Am. Nat.*, 44, págs. 259-83.<<

[26] Bird. R. T., 1954. «We captured a “live” brontosaur». *National Geographic*, 105, págs. 707-22

.<<

[27] Matthew, W. D., 1910. «The pose of sauropodous dinosaurs». *Am. Nat.*, 44, págs. 547-60.<<

[28] Hatcher, *op. cit.* (19), pág. 60.<<

[29] Holland, W. J... 1924. «The skull of Diplodocus». Mem. Carnegie Mus., 9, págs. 379-403.<<

[30] Osborn, H. F., 1915. «The dinosaurs of the Bon Cabin quarry». Matthew, W. D., 1915. En *Dinosaurs*. Nueva York, A. M. N. H., págs. 131-52.<<

[31] *Ibid.*, pág. 141.<<

[32] Bird, R. T., 1944. «Did Brontosaurus ever walk on land?». *Natural History*, 53, no. 2, págs. 60-67.<<

[33] Kermack, K. A., 1951. «A note on the habits of the sauropods». *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 12 (4), págs. 830-32. Para el artículo de Stigler, en el que correlaciona la profundidad de la inmersión, la presión del agua y la capacidad (o incapacidad) del hombre para respirar, véase: Stigler, R., 1911. «Die Kraft unserer Inspirationsmuskulatur». *Pflügler's Archiv für Physiologie*, 139, págs. 234-54. De hecho, Oliver P. Hay en 1910, *obr. cit.* (24), pág. 25, posiblemente ya se adelantó a la línea de razonamientos de Kermack. Hay escribió:

«En el artículo publicado por Mr. Ballou... hay una ilustración que representa a un grupo de cuatro individuos de *Amphicoelias latus*... Estos animales han sido representados paseándose por el fondo del río, comiendo vegetación y alzándose sobre sus patas traseras para coger aire... Es difícil imaginarse que el *Diplodocus* pudiera pasearse sumergido en el agua al igual que lo es en el caso del hombre». <<

[³⁴] Colbert, W. H., 1952. «Breathing habits of the sauropod dinosaurs». *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 12 (25), págs. 708-10.<<

[35] Kermack conversando con el autor el 18 de octubre de 1974.<<

[36] Swinton escribe, en 1967, que los grandes saurópodos «probablemente vivieron en las aguas de los estuarios o lagos donde la capacidad de flotación reduciría el enorme peso corporal» y que «en el *Diplodocus*... la nariz era una abertura en la parte superior del cráneo. Los saurópodos tenían un medio ambiente satisfactorio en las aguas profundas, rodeados por abundante comida y sin estar expuestos a los ataques de los carnívoros». Swinton, W. E., 1967. *Dinosaurs*. B. M. (N. H.), Londres, págs. 17, 19. La obra estándar más frecuentemente utilizada en Paleontología de los vertebrados es la *Vertebrate Palaeontology* de Romer. En ella se expresan las mismas ideas: «La posición de estos órganos (nasales) sugiere una forma de vida anfibia para los saurópodos; el animal podía respirar y mirar a su alrededor con sólo la parte superior de la cabeza sobresaliendo por encima del agua». Romer, A. S., 1966. *Vertebrate Paleontology*. Chicago y Londres, pág. 155.<<

[37] Bakker, R. T., 1971. «Ecology of the brontosaurus». *Nature*, 229, págs. 172-4. Las insólitas ideas de Bakker concernientes a los saurópodos fueron publicadas por primera vez unos tres años antes: Bakker, R. T., 1968. «The superiority of dinosaurs». *Discovery* (New Haven), 3, (2), págs. 11-22.<<

[38] «News and Views, 1971. Changing dinosaurs –but not in midstream». *Nature*, 229, pág. 153.<<

[39] Bakker, 1971, *op. cit.* (37), pág. 174.<<

[40] Bird, *obr. cit.*. (32)<<

[41] Ostrom, J. H., 1972. «Were some dinosaurs gregarious?». *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 11, págs. 287-301.<<

[42] Richmond, N. D., 1965. «Perhaps juvenile dinosaurs were always scarce». *J. Palaeo*, 39, págs. 503-5.<<

[43] Sikes, S. K., 1971. *The Natural History of the African Elephant*. Londres, págs. 102-7.<<

[44] Brown, B., 1941. «The last dinosaurs». *Natural History*, 48, págs. 290-95.<<

VI. UN GRIFO RESCATA A LA EVOLUCIÓN

[¹] Mivart, St. G., 1871. *The Genesis of Species*. Londres. Véanse el capítulo iv y especialmente las páginas 106-7.<<

[2] Meyer, H. von, 1862. «On the *Archaeopteryx lithographica* from the lithographic slate of Solnhofen». *Ann. Mag. nat. Hist.*, 9, pág. 366-70.<<

[3] Wagner, A., 1862. «On a new fossil reptile supposed to be furnished with feathers». *Ann. Mag. nat. Hist.*, 9, págs. 261-7.<<

[4] Citado por de Beer, G., 1954. «*Archaeopteryx lithographica*: A study based upon the British Museum specimen». Museo Británico (Historia Natural), pág. 2.<<

[5] Un deliciosamente malicioso juego de palabras de Herbert Wendt, 1970. *Before the Deluge*. Paldin bolsillo, pág. 240.<<

[6] Huxley, T. H., 1868. «On the animals which are most nearly intermediate between birds and reptiles». *Ann. Mag. nat. Hist.* (4), 2, páginas 66-75.<<

[7] Vogt, C., 1880. «*Archaeopteryx macrura*, an intermediate form between birds and reptiles». *Ibis*, 4, págs. 434-56.<<

[8] Heilmann, G., 1925. *The Origin of Birds*, Londres, pág. 165.<<

[9] Osborn, H. F., 1916. «Skeletal adaptations of *Ornitholestes*, *Struthiomimus*, *Tyrannosaurus*». *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 35, págs. 733-71.<<

[10] Cope, E. D., 1867. «An account of the extinct reptiles which approached the birds». *Proc. Acad. Nat. Sci Philadelphia*, págs. 234-235.<<

[11] Huxley, *op. cit.* (6) y 1870. «On the classification of the Dinosauria, with observations on the dinosaurs of the Trias». *Q. Jour. Geol. Soc.*, 26, págs. 32-51.<<

[12] Simpson utilizó este recurso para desacreditar a Lowe (que creía que las aves no voladoras se habían originado directamente a partir de los dinosaurios). Haciendo que los celurosaurios y las aves fueran convergentes, Simpson eliminó al antepasado dinosaurio e hizo que fuera más verosímil que *todas* las aves se hubieran originado a partir del *Archaeopteryx* (al cual Lowe había descartado como vástago estéril). Simpson, G. G., 1946. «Fossil penguins». *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, Nueva York, 87, págs. 1-99. Para la polémica contra Lowe, véase «A note on *Archaeopteryx* and *Archaeomis*», págs. 92-5.<<

[13] Fleilmann se vio obligado a pedir una carta de recomendación de Arthur Smith Woodward del Museo Británico. Carta de Woodward del 10 de octubre de 1925, acompañada de una copia del libro: colección de Smith Woodward que se encuentra en la Biblioteca de Ciencias Naturales D. M. S. Watson, en el University College de Londres.<<

[14] De Beer, *op. cit.* (4), véanse las págs. 42-50.<<

[15] Walker, A. D., 1972. «New light on the origin of birds and crocodiles». *Nature*, 237, págs. 257-63.<<

[16] Ostrom, J. H., 1973. «The ancestry of birds». *Nature*, 242, página 136.<<

[17] De hecho, esta dislocación se hace patente en la ilustración del cinturón pélvico del espécimen de Berlín en la monografía de Beer, *op. cit.* (4), ilustración 7, pág. 29.<<

[18] Bakker, R. T., y Galton, P. M., 1974. «Dinosaur monophyly and a new Class of vertebrates». *Nature*, 248, págs. 168-72.<<

[19] *The Sunday Times*, 17 de marzo de 1974, pág. 13.<<

[20] *Ibid.*<<

[21] Ostrom, J. H., 1974. «*Archaeopteryx* and the origin of flight». *Q. Rev. Biol.*, 49, págs. 27-47.<<

[22] Bakker y Galton, *op. cit.* (18).<<

[23] Walker, obr. (15) señala que el músculo elevador supracoracoideo del ala no era funcional en el *Archaeopteryx*, y Ostrom (comentario personal del 4 de marzo de 1975) observa la reducción o pérdida completa de los elevadores corrientes, los deltoides, tal como se evidencia por la estrecha escápula.<<

[24] De Beer, *obr. cit.* (4), pág. 24.<<

[25] Halstead, L. B., 1969. *The Pattern of Vertebrate Evolution*, Edimburgo, pág. 143.<<

[26] Heptonstall, W. B., 1970. «Quantitative assessment of the flight of *Archaeopteryx*». *Nature*, 228, págs. 185-6. La estimación del peso de Heptonstall de 500 gramos está basada en la de una paloma de tamaño similar (400 gramos), más una cantidad adicional que tenga en cuenta la ausencia de huesos neumáticos, etc.<<

[27] Yalden, D. W., 1971. «Flying ability of *Archaeopteryx*». *Nature*, 231, pág. 127. Bramwell, C., 1971. *Nature*, 231, pág. 128. Véase la contestación de Heptonstall a ambas críticas, *Ibid.* La estimación de Yalden del peso de *Archaeopteryx* es de 200 gramos, es decir, el de un ave moderna ligera pero de tamaño similar. Esto parece que es un peso demasiado ligero para un dinosaurio celurosaurio apenas modificado.<<

[28] Mayr, E., 1960. «The emergence of evolutionary novelties». S. Tax (ed). en *The Evolution of Life*. Chicago. Bock, W. L, 1969. «The Origin and radiation of birds». *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 167, págs. 147-55.<<

[29] Ostrom, *op. cit.* (21), págs. 43-4.<<

[30] Bock, *op. cit.* (28) <<

[31] De Beer, *obr. cit.* (4), pág. 38.<<

[32] Ostrom, J. H., 1974. Contestación a «Dinosaurs as reptiles». *Evolution*, 28, págs. 491-3. El *Compsognathus*, aun siendo más grande que el *Archaeopteryx*, era pequeño y se encontró en los sedimentos de Solnhogen. Es concebible que este celurosauro tuviera plumas. De acuerdo con Ostrom (comen. pers. del 4 de marzo de 1975), el bloque que contenía el *Compsognathus* fue pulido con cuidado alrededor del fósil para que no se destruyese ninguna impresión de plumas. El *Compsognathus* fue descubierto *antes* del primer espécimen de *Archaeopteryx* (Londres), de forma que, en el momento de su aparición, nadie había podido ser alertado de la posibilidad de existencia de plumas. Las impresiones de plumas en los últimos tres especímenes de *Archaeopteryx* son tan débiles que, al principio, las criaturas no fueron reconocidas como *Archaeopteryx*. Por último, quiero destacar el parecido existente entre los pequeños celurosauros y el *Archaeopteryx*. Hay que tener en cuenta que durante mucho tiempo se pensó que el quinto espécimen de *Archaeopteryx* era un *Compsognathus*, ya que no se encontraron las impresiones de plumas distintivas.<<

[33] Jerison, H. J. 1968. «Brain evolution and *Archaeopteryx*». *Nature*, 219, págs. 1381-2.<<

[34] Ostrom, *op. cit.* (21).<<

[35] Nopcsa, barón F., 1907. «Ideas on the origin of flight». *Proc. Zool. Soc.*, Londres, págs. 223-36 . Véanse especialmente las páginas 234-6.<<

[36] Duerden, J. E., 1920. «Inheritance of callosities in the ostrich». Am. Nat., 54, págs. 289-312

.<<

[37] Para una explicación darwinista moderna de cómo puede imitarse el lamarckismo, véanse las ideas de Waddington sobre la canalización. Maynard Smith, J., 1972. *The Theory of Evolution*. Penguin, págs. 294-9.<<

[38] Lowe, P. R., 1926. «On the callosities of the ostrich (and other Palaeognathae) in connection with the inheritance of acquired characters». *Proc. Zool. Soc. Londres*, págs. 667-79. Lowe, P. R., 1935. «On the relationship of the Struthionidae to the dinosaurs and to the rest of the avian class, with special referente to the position of *Archaeopteryx*». *Ibis*, 5, págs. 398-432. Lowe, P. R., 1944. «Some additional remarks on the phylogeny of the Struthionidae». *Ibis*, 86, págs. 37-42.<<

[39] Lowe, 1935, *op. cit.* (38), pág. 420.<<

[40] Marsh, originariamente, encontró el *Hesperornis* en Kansas, pero, más recientemente, Dale Russell ha localizado vestigios tan numerosos en la región ártica del Canadá (donde el *Hesperornis* representa entre un tercio y tres cuartos de todos los hallazgos), que parece como si hubiera encontrado el lugar de reproducción del *Hesperornis*. Esto parece posible en base al número de especímenes inmaduros que se encuentran en el Norte. Russell, D. A., 1973. «The environments of Canadian dinosaurs». *Canad. Geog. J.*, 87, (1) págs. 4-11.<<

[41] Swinton, W. E., 1965. *Fossil Birds*. Museo Británico (Historia Natural), pág. 41.<<

[1] Cuvier, G., 1824. *Recherches sur les Ossimens Fossiles*. París, vol. 5, parte 2, págs. 379-80.<<

[2] Seeley, H. G., 1870. *The Ornithosauria*. Cambridge, pág. 7.<<

[3] Descrito en *Ibid.*, pág. 11.<<

[4] Citado de Lang, W. D., 1939. «Mary Anning (1799-1847) and the pioneer geologists of Lyme». *Proc. Dorset nat. Hist, archaeol. Soc.*, 6, págs. 142-64.<<

[5] Buckland, Rev. W., 1835. «On the discovery of a new species of pterodactyl in the Lias at Lyme Regis». *Geol. Trans.*, Londres, serie 2, vol. 3, págs. 217-22. Véase la pág. 218.<<

[6] Buckland, Rev. W. 1836. *Geology and Mineralogy, Considered with reference to Natural Theology*, 1, págs. 224-5. Éste es el volumen 5 de *The Bridgewater Treatises on the Power Wisdom and Goodness of God as manifested in the Creation*, Londres.<<

[7] Abel, O., 1918. «Über die Verwertung von Fossilrekonstruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht». Aus der Natur, cuaderno 1, págs. 17-23. Véase la pág. 20. También Aberl, O., 1911. «Die Bedeutung der fossilen Wirbeltiere für die Abstammungslehre». Die *Abstammungslehre*, págs. 198-250. Véanse las págs. 207-13.<<

[8] Hawkins, T., 1840. *The book, of the Great Sea-Dragons, Ichthyosauri and Plesiosauri, Gedolim Tananim of Moses, Extinct Monsters of the Ancient Earth*. Londres, pág. 26. Su excentricidad se estaba haciendo más evidente en aquella época. Su trabajo anterior sobre los saurios marinos había consistido en una serie de descripciones relativamente pedantes. Abandonó este estilo después de la obra publicada en 1840 y en 1844 produjo *The Wars of Jehovah in Heaven, Earth and Hell!*<<

[9] Newton, E. T., 1888. «On the skull, brain and auditory organ of a new species of pterosaurian (*Scaphognathus purdoni*), from the Upper Lias near Whitby, Yorkshire». Phil. Tras. Soc., Londres, 179 B, págs. 503-37.<<

[10] *Ibid.*, pág. 510<<

[11] Seeley, H. G., 1901. *Dragons of the Air*. Nueva York (reimprimido en 1967, Dover, bolsillo), pág. 54.<<

[12] Edinger, T., 1941. «The brain of *Pterodactylus*». *Am. Jour. Sci.*, 239, págs. 665-82.<<

[13] Seeley, *op. cit.* (11). Su libro anterior, *The Ornithosauria*, sólo se había ocupado de los pterodáctilos de las areniscas verdes de Cambridge.<<

[14] Seeley, *op. cit.* (11), pág. 57.<<

[15] Newman, E., 1843. «Note on the pterodactyle tribe considered as marsupial bats». *The Zoologist*, 1, págs. 129-31.<<

[16] Wanderer, K., 1908. «*Rhamphorhynchus gemmingi* H. v. Meyer. Ein Exemplar mit teilweise erhaltener Flughaut a. d. Kgl. Mineralog.-Geol. Museum zu Dresden». *Palaeontographica*, volumen 55, págs. 195-216. La piel «con hoyuelos» del pterosaurio es descrita en las páginas 198 y 205.<<

[17] Broili, F., 1927. «Ein *Rhamphorhynchus* mit Spuren von Haarbedeckung». *Sitzgsb. d. math.-naturw. Abt.*, 5 de febrero, págs. 49-67.<<

[18] Sharov, A. G., 1971. «New flying reptiles from the Mesozoic deposits of Kazakhstan and Kirgizia». *Trudy. Pal. Inst. AN S. S. S. R.*, 130, págs. 104-13. (En ruso). Mr. Jack Saxon, que tuvo la amabilidad de traducir este artículo para mí, también es el responsable de la traducción alternativa del *Sordes pilosus*.<<

[19] Halstead propone un argumento ligeramente diferente para los cuidados de las crías de los pterosaurios. «Se ha sugerido que los pterosaurios como el *Pteranodon* cuidaban a sus crías, ya que las hembras no podrían haber llevado huevos equivalentes al tamaño esperado. Tendrían que haber puesto huevos muy pequeños y, una vez salidas de los huevos, las crías no habrían sido capaces de cuidar de sí mismas; por lo tanto los padres tenían que cuidar de ellas». Halstead, L. B., 1969. *The Pattern of Vertebrate Evolution*. Edimburgo, pág. 142.<<

[20] Seeley, *op. cit.* (2) <<

[21] Seeley, *op. cit.* (11), pág. 230.<<

[22] Bakker, R. T., y Galton, P. M., 1974. «Dinosaur monophyly and a new class of vertebrates». *Nature*, 248, pág. 171.<<

[23] Sharov, *op. cit.* (18)<<

[24] Zambelli, R., 1973. «*Eudimorphodon ranzii* gen. nov., sp. nov., uno pterosauro Triassico». Istituto Lombardo (Rend. Sc.), B, 107, págs. 27-32. Este primer pterosaurio conocido, encontrado en los sedimentos del triásico superior en Bérghamo, Italia, es extraordinario ya que posee dientes con múltiples protuberancias en los molares como los de los mamíferos primitivos. Los pterosaurios que aparecieron más tarde tenían dientes con una única corona.<<

[25] Owen, R., 1841-1884. *A History of British Fossil Reptiles*. Londres, vol. 1, págs. 245-6.<<

[26] *Ibid.*<<

[27] Marsh, O. C., 1871. «Note on a new and gigantic species of Pterodactyle». *Am. Jour. Sci.* (3), 1, pág. 472.<<

[28] Marsh, O. C., 1872. «Discovery of a remarkable fossil bird». *Am. Jour. Sci.* (3), 3, pág. 56-7
. <<

[29] Marsh, O. C., 1872. «Discovery of additional remains of Pterosauria, with descriptions of two new species» *Am. Jour. Sci.*, (3), 3, págs. 241-8.<<

[30] Hankin, E. H., y Watson, D. M. S., 1914. «On the flight of pterodactyls». *Aeronaut. J*, 18, págs. 324-35.<<

[31] Ibid.<<

[32] Bramwell y Whitfield, teniendo en cuenta el parecido existente entre los pies del *Pteranodon* y los de un murciélago, concluyen que el *Pteranodon* se colgaba con la cabeza dirigida hacia abajo de los acantilados. Bramwell, C. D., y Whitfield, G. R., 1974. «Biomechanics of *Pteranodon*». *Phil. Trans. Roy. Soc.*, Londres, 267 B, págs. 503-92. Ostrom (comen. pers., 4 de marzo de 1975) señala la ausencia de detritos en la creta de Niobrara, en Kansas, como prueba de que los acantilados habían estado muy lejos.<<

[33] Esta idea, tal como ha sido descrita en el capítulo 1, al parecer se debe a Richard Owen en 1841 aunque siguió apareciendo en la Prensa popular en 1914; véase Hankin y Watson, *obr. cit.*. (30).<<

[34] Brown, B., 1943. «Flying reptiles». *Natural History*, 52, páginas 104-11.<<

[35] Heptonstall, W. B., 1971. «An analysis of the flight of the Cretaceous pterodactyl *Pteranodon ingens* (Marsh)». *Scott. J. Geol.*, págs. 61-78.<<

[36] Bramwell, C., 1970. «The first hot-blooded flappers». *Spectrum*, 69, págs. 12-14. Véase también Bramwell, B., y Whitfield, G. R., 1970. «Flying speed of the largest aerial vertebrate». *Nature*, 225, págs. 660-61. Heptonstall, *obr. cit.* (35), pensaba que el *Pteranodon* pesaba más del doble del peso estimado por Bramwell en sus cálculos. Utilizando sus cifras, el pterosaurio habría resultado ser muy inferior a los planeadores modernos. Bramwell y Whitfield atacaron posteriormente las estimaciones de Heptonstall.<<

[37] Short, G. H., 1914. «Wing adjustments of pterodactyls». *Aeronaut. J.*, 18, pág. 336-43.<<

[38] Comentario editorial a *ibid.* <<

[39] Bramwell y Whitfield, *op. cit.* (32).<<

[40] Heptonstall, *obr. cit.*. (35)<<

[41] Hankin y Watson, *op. cit.* (30).<<

[42] Bramwell, C., 1970. «Those flappers again». *Spectrum*, 72, página 7.<<

[43] Bramwell y Whitfield, *op. cit.* (32), sin embargo, sugieren que, al ser ultraligeros, los cuerpos de los pterosaurios posiblemente fueron arrastrados por el agua mar adentro.<<

[44] Heptonstall, *op. cit.* (35).<<

[45] Brown, *op. cit.* (34)<<

[46] Véase el comentario de Short, *obr. cit.* (37), pág. 340, sobre el artículo precedente de Hankin y Watson.<<

[47] Halstead, *op. cit.* (19), pág. 142.<<

[48] Lawson, D. A., 1975. «Pterosaur from the latest Cretaceous of West Texas: discovery of the largest flying creature». *Science*, 187, págs. 947-8. Quisiera dar las gracias al Sr. Lawson por mostrarme un borrador de este artículo antes de su publicación.

El nuevo pterosaurio de Texas no tiene un nombre oficial y aún no se ha excavado ningún fósil que se parezca al espécimen de Lawson. Aún existen muchos conceptos erróneos en tomo a estos planeadores que se hacen patentes por las afirmaciones que aparecen en la Prensa en relación con el hallazgo de Lawson. «El anuncio del descubrimiento —afirmó el *The Times*— seguramente volverá a reavivar el viejo debate entre los paleontólogos de si estos reptiles voladores batían sus alas sin plumas curtidas o si solamente se subían a ramas altas y saltaban hacia las corrientes de aire para encumbrarse como los planeadores». *The Times*, 13 de marzo de 1975, pág. 1. Es evidente que la idea de un pterosaurio peludo aún tiene que ser asimilada popularmente. Véanse mis comentarios en el *The Times*, 14 de marzo de 1975, pág. 16.<<

[49] Desmond, A. J., 1975. «The puzzle over the pterosaur: how did the world's biggest bird (!) ever manage to fly?». *The Times*, 12 de abril, pág. 12.<<

VIII. LA LLEGADA DE ARMAGEDÓN: ¿UN CATACLISMO CÓSMICO?

[¹] Reig, O. A., 1970. «The Proterosuchia and the early evolution of the archosaurs; an essay about the origin of a major taxon». *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard*, 139 (5), pág. 229-92. Véase la pág. 230.<<

[2] Simpson, G. G., 1953. *Major Features of Evolution*. Nueva York, pág. 291-3.<<

[3] Frecuentemente se observan cicatrices en la gola lo cual indica la inserción de músculos en vida. La gola también protegía la región del cuello que siempre era el lugar más vulnerable. Ostrom, J. H., 1964. «A functional analysis of jaw mechanics in the dinosaur *Triceratops*». *Postilla*, 88, págs. 1-35. Véanse las págs. 11-13.<<

[4] Russell, D. A., 1967. «A census of dinosaur specimens collected in Western Canada». *Nati. Mus. Can. Hist. Pap.*, 36, págs. 1-13.<<

[5] Newell, N. D., 1966. «Problems of geochronology». *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 118, págs. 63-89. Véase la pág. 74. Este «cambio revolucionario» en sólo un millón de años demuestra la rapidez con la cual se puede extinguir toda una comunidad si no existen sucesores.<<

[1] Swain, T., 1974. «Cold-blooded murder in the Cretaceous». *Spectrum*, 120, pág. 10-12.<<

[7] Colbert, E. H., 1965. *The Age of Reptiles*. Londres, págs. 16 y sigs.<<

[8] La tortuga es un reptil muy primitivo. Se cree que su origen, a pesar de que es bastante desconocido, se sitúa cerca de los reptiles más primitivos, poco después de su evolución a partir de los anfibios. Tanto los mamíferos como los dinosaurios tenían orígenes mucho más tardíos y están alejados por igual de la tortuga. Debido a que los mamíferos, y probablemente los dinosaurios, eran endotermos (un factor no tenido en cuenta por los dinosaurios) deberían ser incluidos en el grupo de los mamíferos y no en el de las tortugas de sangre fría en el estudio de Swain.<<

[9] El Museo Británico (Historia Natural) tiene una exposición de anomalías patológicas halladas en dinosaurios que incluye un esqueleto de dinosaurio bípedo flexionado. Sin embargo, en la exposición cercana del *Archaeopteryx*, los moldes del dinosaurio-ave jurásico presentan exactamente los mismos síntomas, sin que se hayan encontrado evidencias que demuestren que se tratara de especímenes patológicos. Existen demasiados esqueletos flexionados de modo que se puede descartar la hipótesis de que *todos* ellos fueran patológicos y, actualmente, la mayoría de las autoridades aceptan que este estado era el resultado de la desecación del cadáver.<<

[10] Rosenkrantz, A., y Brotzen, F., 1960. Congreso Geológico Internacional. *Report of the Twenty First Session, Norden*. Parte 5. «The Cretaceous Tertiary boundary».<<

[11] Hall, J. W., 1960. «The Cretaceous-Tertiary boundary in the Tampico Embayment, Mexico». *Ibid.* págs. 70-77.<<

[12] Hall, J. W., y Norton, N. J., 1967. «Palynological evidence of floristic change across the Cretaceous-Tertiary boundary in eastern Montana (U. S. A.)». *Palaeogeography, Palaeoclimatol, Palaeoecol*, 3, págs. 121-31. A finales del mesozoico, las coníferas representaban sólo el 12% de la flora, pero hacia comienzos del terciario habían aumentado esta cifra hasta el 30%. En cifras absolutas, los autores encontraron 11 especies de gimnospermas en la formación Hell Creek (finales del cretáceo) y 16 especies en la formación Tullock (comienzos del terciario). Las dicotiledóneas (plantas con flores) estaban representadas con 46 especies en Hell Creek pero sólo con 17 en Tullock. El número total de especies vegetales se redujo a la mitad en la frontera.<<

[13] Axelrod, D. I., y Bailey, H. P., 1968. «Cretaceous dinosaur extinction». *Evolution*, 22, págs. 595-611. Los *Metasequoia* y otros «fósiles vivos», como los ginkos o el cabello de Venus cultivados en los templos chinos y japoneses, han encontrado un refugio en nuestro mundo en algunas áreas montañosas de China donde están asociados con árboles de hoja perenne resistentes y árboles de hojas caducas. En altitudes más bajas dan paso a exuberantes bosques de robles, palmeras y laurel.<<

[14] Bramlette, M. N., 1965. «Massive extinctions in biota at the end of Mesozoic time». *Science*, 148, págs. 1696-9.<<

[15] Terry, K. D., y Tucker, W. H., 1968. «Biologic effects of supemovae». *Science*, 159, págs. 421-3. Estas y las siguientes cifras del texto han sido extraídas de esta fuente. Existe una medida de prueba independiente de que la radiación solar directa (pero de menor cantidad) puede provocar cambios en la fauna, al menos entre los organismos unicelulares. Cada millón de años, aproximadamente, el campo magnético de la Tierra cambia de dirección de forma que el polo Norte se convierte en el polo Sur y viceversa. Cuando está a punto de producirse la inversión, la intensidad del campo desciende a un 15%, el cambio se produce durante mil años y el campo vuelve a recuperar su potencia. Durante el cambio se colapsa el cinturón de Van Allen que protege la Tierra de la radiación cósmica y la Tierra es bañada en radiación solar. Hay un notable grado de correlación entre estos cambios magnéticos y las vicisitudes de las poblaciones de radiolarios. Cuando los polos cambian, los radiolarios —organismos unicelulares de aproximadamente 0,1 mm de tamaño y con una concha dura— cambian concomitantemente su tipo característico. Uffen, R. J., 1963. «Influence of the earth's core on the origin and evolution of life». *Nature*, 198, págs. 143-4. Véase también: Black, D. I., 1971. «Polarity reversal and faunal extinction». En Gass, I. G., Smith, P. J. y Wilson, R. C. L. (ed.), *Understanding the Earth*, Artemis, págs. 257-61.<<

[16] Laster, H., 1968. «Cosmic rags from nearby supernova: biologic effects». *Science*, 160, pág. 1138.<<

[17] Russell, D., y Tucker, W., 1971. «Supernovae and the extinction of the dinosaurs». *Nature*, 229, págs. 553-4.<<

[18] Russell, D., 1971. «The disappearance of the dinosaurs». *Canad. Geog. J.*, 83, págs. 204-15.<<

[19] Clemens, W. A., 1960. «Stratigraphy of the Type Lance formation». Rosenkrantz and Brotzen, *obr. cit.*. (10), págs. 7-13.<<

[20] Colbert, *op. cit.* (7), pág. 200.<<

[21] *Ibid.*, págs. 197-203. Véanse también las págs. 169-179.<<

[22] Entre el período cenománico (cretáceo superior) y período de Maastricht inferior, el número de familias de amonitas registradas descendió de 22 (conteniendo 78 géneros) a 11 (con 34 géneros). Durante el período Maastricht, sólo 11 de estos géneros pudieron sobrevivir hasta el final cuando fueron destruidos todos. También existe una notable contracción de la extensión de las amonitas; al comienzo del período de Maastricht, las amonitas se hallaban por todo el planeta, pero hacia el final ya habían desaparecido del Hemisferio Sur. Esencialmente, lo mismo es válido para las emparentadas belemnitas. Hancock, J. M., 1967. «Some Cretaceous-Tertiary marine faunal changes». Harland, W. B., y otros (ed), *The Fossil Record*. Sociedad Geológica, Londres, págs. 91-104.<<

[23] Cys, J. M., 1967. «On the inability of the dinosaurs to hibernate as a possible key factor in their extinction». *J. Paleontol.*, 41, pág. 226.<<

[24] Bakker, R. T., 1972. «Anatomical and ecological evidence of endothermy in dinosaurs». *Nature*, 238, págs. 81-5. Cys, *obr. cit.* (23), estimó que los dinosaurios más pequeños del cretáceo superior, es decir los *Leptoceratops*, *Stegoceras*, *Dromaeosaurus*, *Saurornithoides* y *Thescelosaurus* no medían menos de 1,5 a 3,6 metros de longitud.<<

[25] Bakker, R. T., 1971. «Dinosaur physiology and the origin of mammals». *Evolution* 25 (4), págs. 636-58. El tamaño de las crías es analizado en la pág. 651.<<

[26] Russell, L. S., 1965. «Body temperature of dinosaurs and its relationships to their extinction». *J. Paleontol.*, 39, pág. 497-501. En este artículo, Russell explora las consecuencias que habría habido si los dinosaurios hubiesen sido de sangre caliente. Concluyó que la endotermia era «posible» y, de hecho, «verosímil». La piel desnuda de los dinosaurios, especialmente si las bestias eran endotérmicas, habría provocado una cierta susceptibilidad al frío. El artículo de Russell, corto pero elemental, publicado en 1965, está lleno de ideas que fueron ampliadas y desarrolladas por otros autores. La piel desnuda también es tratada por Bakker, *obr. cit.*. (24), pág. 650.<<

[27] Bramwell, C. D., y Whitfield, G. R., 1974. «Biomechanics of *Pteranodon*». *Phil. Trans. Roy. Soc.*, Londres, 268 B, págs. 503-92.<<

[28] Russell, D. A., 1975. «Reptilian diversity and the Cretaceous-Tertiary transition in North America». Caldwell, W. G. E. (ed). «Colloquium on the Cretaceous System in the Western Interior of North America». *Geological Association of Canada, Special Paper* (en prensa).<<

[29] Descrito por Russell, D. A., 1973. «The environments of Canadian dinosaurs». *Canad. Geolog. J.*, 87 (1), págs. 4-11.<<

[30] Erben, H. K., 1972. «Ultrastrukturen und Dicke der Wand pathologischer Eischalen». *Abh. Akad. Wiss. Lit. math.-nat. Kl.*, 6, págs. 191-216. Véase también la tabla I, figuras 5 y 6.<<

[31] El profesor Erben me ha informado que el descenso del grosor de las cáscaras *no* fue repentino sino gradual. No obstante, el profesor opina que todo el proceso se desarrolló con *gran* rapidez. La prueba de Erben sugiere que la tensión sufrida por los dinosaurios no se produjo debido a la brusquedad de una «supernova», a pesar de que el tiempo implicado era rápido según estándares geológicos. Comen. pers. del 27 de febrero de 1975.<<

[1] Popper, K. R., 1972. *Conjetures and Refutations*. Londres.<<

[2] Freduccia, A., 1973. «Dinosaurs as reptiles». *Evolution*, 27, págs. 166-9. La Dra. Pamela Robinson sostiene una opinión (aunque extrema) similar con relación a la adquisición de la calidad de sangre caliente en los mamíferos. Arguye que la endotermia de los mamíferos, probablemente se desarrolló a finales del mesozoico o comienzos del terciario, concomitantemente con el agrandamiento del cerebro de los mamíferos. Robinson, P. L., 1971. «A problem of faunal replacement on Permo-Triassic continents». *Palaeontology*, 14, págs. 131-53

.<<

[3] Russell, D. A., 1969. «A new specimen of *Stenonychosaurus* from the Oldman Formation (Cretaceous) of Alberta». *Can. J. Earth. Sci.*, 6, págs. 595-612. Russell, D. A., 1972. «Ostrich dinosaurs from the late Cretaceous of Western Canada». *Ibid.*, 9, págs. 375-402.<<

[4] Feduccia, A., 1974. «Endothermy, dinosaurs and *Archaeopteryx*». *Evolution*, 28, págs. 503-4.<<

[5] Jerison, H. J., 1973. *Evolution of the Brain and Intelligence*. Nueva York y Londres, pág. 408.<<

[6] Bakker, R. T., 1971. «Dinosaur physiology and the origin of mammals». *Evolution*, 25, págs. 636-58.<<