

Dinosaurios con plumas

Marisol Montellano Ballesteros



Ilustraciones: Luis Rey

Microraptor, a la fecha el más pequeño dinosaurio adulto conocido y el más cercano a las aves.

Los fósiles recientemente descubiertos en China proporcionan una evidencia directa de que las plumas no son específicas de las aves y que estaban presentes en sus ancestros dinosaurianos.

EN EL AÑO de 1860, en la cantera de Solnhofen, Alemania, un yacimiento mundialmente conocido por la excelente conservación de fósiles de dinosaurios y de otros grupos de animales, se descubrió la impresión de una pluma fósil. Esta pluma sugería, por primera vez, que ya desde la época de los dinosaurios, en el Jurásico tardío de hace aproximadamente 150 millones de años, ya existían las aves.

En 1861, en la misma cantera, se recuperó un esqueleto del famoso fósil *Archaeopteryx lithographica*, considerado el “ave” más antigua. Se identificó como ave por la presencia de plumas en las alas y cola. Pero *Archaeopteryx* era un poco diferente de las aves que conocemos: tenía dientes y una cola más larga. ¿Un eslabón perdido entre los reptiles y las aves? A la

fecha se han recolectado siete esqueletos y una pluma aislada de *Archaeopteryx*.

Ancestros de las aves

Thomas H. Huxley, naturalista inglés seguidor de Darwin, demostró en 1868 que los dinosaurios y las aves compartían muchas características (de hecho, de las 35 similitudes que describió entonces, 17 han resultado válidas; la mayoría son características del esqueleto). Él proponía que las aves descendían de los dinosaurios. Su hipótesis fue más o menos aceptada durante finales del siglo XIX. Gerhard Heilmann, un ornitólogo danés, estudió el origen de las aves y en 1927 propuso que los dinosaurios eran anatómicamente los animales más cercanos a *Archaeopteryx* y a otras aves, pero que no eran sus ancestros directos sino sus “primos”.

En el siglo XX, en la década de los 70, el paleontólogo J. H. Ostrom, de la Universidad de Yale, comparó y describió con mucho detalle el esqueleto de *Deinonychus*, un terópodo (grupo diverso de dinosaurios bípedos y carnívoros, como los carnosaurios y los ovirraptores, entre otros) y de algunas especies de aves actuales. Llegó a la conclusión de que ambos grupos compartían un sinnúmero de características y que los dinosaurios terópodos debían ser los ancestros directos de las aves. La mayor parte de la comunidad científica aceptó la idea de que un ave era un dinosaurio que había evolucionado (véase recuadro). Pero, como era de esperarse, hubo una serie de contrapropuestas. Una de ellas sugería que las aves eran parientes cercanos de los cocodrilos, pues, entre otras cosas,



Archaeopteryx lithographica, el “ave” más antigua.

ambos grupos tienen cuatro cavidades en el corazón, comparten la estreptostilia (una forma de articulación entre la mandíbula y el cráneo) y los sacos aéreos en ciertos huesos del cráneo. Otra planteaba, siguiendo el pensamiento de Heilmann, que las aves venían de un grupo primitivo de reptiles denominados tecodontos, donde se incluía a los ancestros no sólo de las aves, sino también de cocodrilos, dinosaurios y reptiles voladores.

Hoy en día existe el consenso de que las aves evolucionaron de un dinosaurio terópodo de talla pequeña y de hábitos carnívoros, y que esto ocurrió en algún momento del Jurásico medio, hace más de 150 millones de años.

Tipos de plumas

Aunque la historia evolutiva de las aves empezaba a bosquejarse, faltaba explicar y entender el enigmático desarrollo de las plumas. Estas estructuras no se encuentran en los grupos animales en los que se originaron, ni tienen relación con las de parientes cercanos.

Las plumas, al igual que las uñas o las escamas, se forman por la proliferación de células de la epidermis (capa externa de la piel productora de proteínas de queratina). La pluma típica está constituida por un eje central llamado raquis. Unidas a éste se encuentran una serie de ramas, las barbas, que también están ramificadas en ramas más pequeñas, las bárbulas. En la base de la pluma, el raquis se expande para formar un eje tubular hueco,

el cálamo, que se inserta en el folículo de la piel. Las aves mudan periódicamente el plumaje y las nuevas plumas crecen a partir de los mismos folículos.

Existen dos tipos de plumas: una alargada en penacho llamada penácea y que consta de un raquis y barbas que forman el vano o vexilo; en ella las bárbulas están unidas por una serie de garfios. Este tipo de pluma cubre el cuerpo de las aves (parece ser que existen al menos cinco variaciones de este tipo de pluma en las aves actuales) y crea las superficies aerodinámicas de las alas y la cola. El otro tipo de pluma, llamada plumulácea o plumón, posee un raquis rudimentario y un mechón revuelto de barbas y bárbulas. Este tipo de pluma proporciona ligereza y propiedades térmicas maravillosas, como si se tratara de un

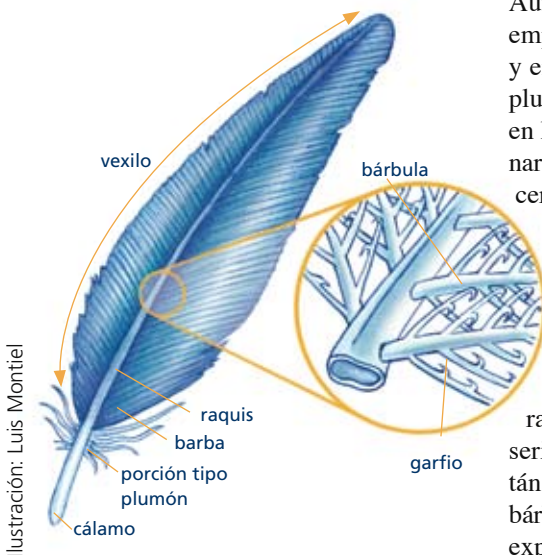


Ilustración: Luis Montiel

Las plumas y el vuelo

Se han postulado dos teorías de cómo se adquirió el vuelo. A la fecha, los paleontólogos no se han decidido en definitiva por ninguna de las dos.

Por un lado está la arbórea, que plantea que los ancestros de las aves eran dinosaurios cuadrúpedos que ya contaban con plumas, que trepaban o vivían en los árboles y desplazándose de uno a otro aprendieron a planear, aletear y volar.

La otra teoría, denominada cursorial, postula que los ancestros de las aves eran dinosaurios bípedos, carnívoros y con largos miembros anteriores con plumas, que intentaban atrapar a los insectos manoteando y dando brinquetes. Durante miles de años perfeccionaron la técnica de despegar del suelo hasta finalmente volar. De acuerdo con estas propuestas, ave, plumaje y vuelo están íntimamente relacionados y es lo que diferencia a las aves del resto de los vertebrados terrestres.

abrigo calentito, poco pesado y agradable al tacto.

Dinosaurios emplumados

En la actualidad sólo las aves tienen plumas, pero esto no fue siempre así, como lo confirma una serie de descubrimientos de fósiles en China.

En octubre de 1996, en la reunión anual de la Sociedad de Paleontólogos de Vertebrados (en la que participan investigadores de todo el mundo), el profesor Chen Pei-ji,

del Instituto de Geología y Paleontología de Nanjing, China, presentó un fósil de un dinosaurio terópodo de tipo coelurosaurio (grupo cercano a las aves) que tenía la cola y el lomo cubiertos por unas estructuras parecidas a plumas o pelo. Este ejemplar, que perteneció a un individuo joven, fue bautizado como *Sinosauropteryx prima*; era del tamaño de un gallo, con un cráneo grande, dientes afilados, brazos cortos, una cola muy larga y manos con tres dedos. Los escépticos sugirieron que las

estructuras parecidas a plumas eran fibras de colágeno deshilachadas, similares a las que tienen algunas serpientes acuáticas actuales.

Sinosauropteryx prima fue descubierto en el noreste de China, en la provincia de Liaoning, cerca de la población de Beipiao. Hace 120 millones de años esta zona estaba cubierta por un lago rodeado de volcanes y tenía un clima templado y húmedo que permitió que se desarrollaran una flora y fauna muy ricas y diversas; entre la fauna había invertebrados, aves, dinosaurios, reptiles voladores, mamíferos y peces que quedaron muy bien conservados. A los fósiles encontrados se les conoce como biota Jehol, nombre que significa literalmente agua caliente y que llevó hasta 1956 esta provincia.

Un año más tarde, en 1997, se encontró otro ejemplar adulto de la especie *Sinosauropteryx prima* que también estaba cubierto de plumas. Los restos de un mamífero y lagartijas en su estómago confirmaban sus hábitos carnívoros.

El siguiente año se descubrieron otros dos dinosaurios emplumados en la misma área. Uno fue nombrado *Caudipteryx zoui* y el otro *Protarchaeopteryx robusta*. *Caudipteryx* tiene brazos pequeños, un cráneo alto y corto, patas traseras largas y cola corta. Presenta gastrolitos (quijarros en el estómago que ayudan a moler el material vegetal) que indican que era de hábitos herbívoros. Además, tiene plumas en el dedo segundo de las patas delanteras (que es el más largo). *Protarchaeopteryx robusta* tiene dientes afilados y brazos largos, el cuerpo y parte de las patas traseras cubiertos de plumones y su cola tiene plumas verdaderas en las que se distingue un raquis y barbas.

Y siguieron los descubrimientos. En 1999, se encontraron otros dos dinosaurios emplumados en Liaoning. *Beipiaosaurus inexpectus* llama la atención por ser el dinosaurio terópodo más grande descubierto en esta área. Tiene más de dos metros de altura, cabeza y dientes pequeños, un cuerpo pesado, cola corta y largas garras, curvas y afiladas en las patas delanteras. Aunque sus dientes hacen pensar en un herbívoro, la presencia de esas garras sugiere un comedor de carne. El otro dinosaurio encontrado ese año, *Sinornithosaurus millenii* tiene dientes en forma de daga, patas delanteras largas y una cola rígida. Las plumas de estos dos géneros son más complejas y



Microaptor.

Un eslabón perdido que no lo fue

En noviembre de 1999, la revista *National Geographic* anunció el resultado de una investigación patrocinada por su Sociedad: se trataba de un fósil encontrado en la región noreste de China al que consideraron como el "verdadero eslabón perdido en la cadena evolutiva que conectaba dinosaurios y aves". Dos meses más tarde, resultó que el ejemplar había sido construido con partes de criaturas no relacionadas. Para Bill Allen, editor de la revista, el fraude se convirtió en un verdadero dolor de cabeza y en el número del mes de octubre de 2000, Lewis M. Simons, reportero de la revista y ganador del premio Pulitzer, publicó la "verdadera historia" de este fraude bajo el título de "La vereda fósil del *Archaeoraptor*". En sus palabras, es una historia de errores y confianzas mal depositadas, egocentrismos, buenos deseos, errores humanos, terquedad, manipulación, mentiras, corrupción y, ante todo, de mucha incomunicación entre todos los involucrados.

Todo empezó un día de julio de 1997, en la Provincia de Liaoning, en Xiasanjiazi. Un campesino, que como muchos de sus vecinos buscaba regularmente fósiles para vender a coleccionistas o comerciantes por unos pocos dólares, trabajaba en una pizarra, una roca sedimentaria formada por depósitos de barro o limo que, por el peso de depósitos posteriores y después de miles de años, acaban por convertirse en roca. Esta pizarra resultó ser una pieza extraordinaria: contenía huesos fosilizados de lo que parecía un ave porque tenía un aura de plumas y un pico con pequeños dientes. También encontró otra roca

con una cola rígida y un cráneo, un pie y partes de otro organismo. Como el campesino sabía que los fósiles más valiosos son los más completos, decidió pegarlos para venderlos mejor. Lo que resultó fue el cuerpo de un ave primitiva con dientes y la cola de un pequeño dinosaurio.

La pieza fue llevada a los Estados Unidos y vendida en una famosa feria de minerales y fósiles en Tucson, Arizona. El comprador fue Stephen A. Czerkas, director de un museo de dinosaurios en Utah. Czerkas se acercó al renombrado paleontólogo canadiense Philip Currie del Museo Real de Paleontología de Tyrrel, en Alberta, para que la describieran y publicaran juntos la descripción. Currie lo comentó con Christopher Sloan, editor de arte de la revista *National Geographic*, quien aceptó publicarla en esta revista. Czerkas también invitó a su colega chino Xu Xing a unirse a la investigación y publicar los resultados en la famosa revista *Nature*.

Durante el estudio del material, varios investigadores empezaron a darse cuenta que no todas las piezas encajaban como debían, entre ellos el mismo Currie, quien estaba tan ocupado con otros proyectos que no le prestó la debida atención a sus propias dudas. Así fue pasando el tiempo. El ejemplar fue llevado a Texas al Laboratorio de CT Rayos X de Alta Resolución, donde Tim Rowe es el responsable. El ejemplar fue fotografiado y se generaron numerosas imágenes que mostraban fracturas y pedazos. A algunos investigadores les pareció que las piezas habían sido manipuladas. Rowe lo comentó pero hubo discusiones con Czerkas acerca de la calidad de las imágenes. Y la historia siguió adelante.

El 13 de agosto enviaron el manuscrito del artículo científico a *Nature* bajo el título "Una nueva ave dentada con cola del tipo de los dromaeosaurios", Stephen Czerkas, Currie, Rowe y Xu eran los autores. Gee, el editor de *Nature*, mandó una carta a los autores diciendo que no había tiempo suficiente para arbitrarlo adecuadamente y publicarlo en noviembre. Entonces, los autores decidieron mandarlo a la revista *Science*, donde el artículo fue rechazado, pues el editor consideró que *Archaeoraptor*, nombre con el que se bautizó a este ejemplar, no tenía características de ave. Sin embargo, los autores aseguraron a la Sociedad de *National Geographic* que el artículo saldría publicado en alguna revista científica seria, condición que pide la Sociedad para aceptar publicar algún material con su aval.

En diciembre de ese año Xu Xing envió un mensaje a sus coautores donde les daba una noticia que seguramente les heló la sangre: encontró, en el mismo yacimiento, restos fósiles que correspondían a la parte anterior de la cola de *Archaeoraptor*. Esto implicaba que éste había sido pegado al cuerpo de un dinosaurio de una especie distinta, lo que aclaraba la procedencia del material y las dudas de algunos que habían participado en el descubrimiento. Para ese entonces Sloan ya había publicado en la revista *National Geographic* la descripción del falso fósil bajo el nombre de *Archaeoraptor liaoningensis*.

Ésta es una breve historia de un caso donde todos los involucrados por una u otra razón salieron lastimados y humillados. Pero como ha sucedido en otros fraudes, el error fue detectado y la información científica corregida.

ramificadas que las de las especies antes mencionadas.

En el año 2000 se registran la sexta y séptima especies de dinosaurios emplumados encontrados en el oeste de la provincia de Liaoning. Allí se reconoció una nueva especie de *Caudipteryx* a la que nombraron *C. dongi*, que ayudó a completar la descripción del género. El otro ejemplar es un diminuto dinosaurio, de menos de 40 cm de largo, *Microraptor zhaoianus*, que es el dinosaurio adulto más pequeño conocido hasta la fecha y el más cercano a las aves. Tiene un cráneo expandido como las aves, las patas delanteras son largas, cosa que le permitía aletear, y las traseras tienen adaptaciones para trepar árboles. Posee un halo de estructuras parecidas a plumas que rodea el esqueleto, algunas de ellas con un raquis central. Desgraciadamente, el estado de conservación no permite distinguir si este ejemplar tenía las plumas con barbas, pero los estudiosos sugieren que probablemente sí.

En 2002 aparecieron tres nuevos dinosaurios en la misma provincia de Liaoning y en Mongolia. En dos de ellos, *Sinovenator*

changii e *Incisivosaurus gauthieri*, no se observan plumas, pero los especialistas piensan que se debe al tipo de roca en la que se encontraron. *Sinovenator* medía menos de un metro y era carnívoro; en cambio, *Incisivosaurus* tenía dientes como para alimentarse de plantas. *Epidendrosaurus ningchengensis* es un pequeño dinosaurio recolectado en el sureste de Mongolia. Tiene un tercer dedo de la mano extremadamente largo, y se piensa que era de hábitos arbóreos.

En 2003, se descubrió un nuevo dinosaurio emplumado: *Microraptor gui*, al que se conoce coloquialmente como el dinosaurio con cuatro alas. Es un animal ligero de 77 cm de largo, con una cola larga. Tiene plumas penáceas no sólo en las patas delanteras y en la cola, sino también en las traseras. Las plumas son casi idénticas a las de las aves actuales y tienen la forma asimétrica asociada al vuelo y al planeo. Probablemente vivía en los árboles y fue un animal planeador ubicado en un estadio intermedio entre los dinosaurios no voladores y las aves voladoras.

En 2004 se dio a conocer el último dinosaurio con plumas proveniente de la provincia de Liaoning. Se trata de un tiranosaurio muy primitivo que conserva una cubierta de filamentos de queratina, lo que confirmó la idea de que este tipo de estructuras están presentes desde los primeros dinosaurios terópodos coelosaurios.

Lo útil de tener plumas

El descubrimiento de estos dinosaurios con plumas desafió la idea de que las plumas sólo sirven para volar y que eran específicas de las aves. Cuando se analiza la diversidad de plumas que presentan los fósiles chinos, se puede asegurar que estos organismos, a excepción de *Microraptor*, no volaban. Entonces ¿para qué servían las plumas o qué ventaja tenía poseerlas?

El hecho de que la mayoría de estos dinosaurios fueran de tamaño pequeño y que las primeras formas de plumas eran parecidas a los plumones, hace pensar que tener esta cubierta en el cuerpo podría haber ayudado a mantener la temperatura estable, ya sea en los recién nacidos o en los adultos pequeños.

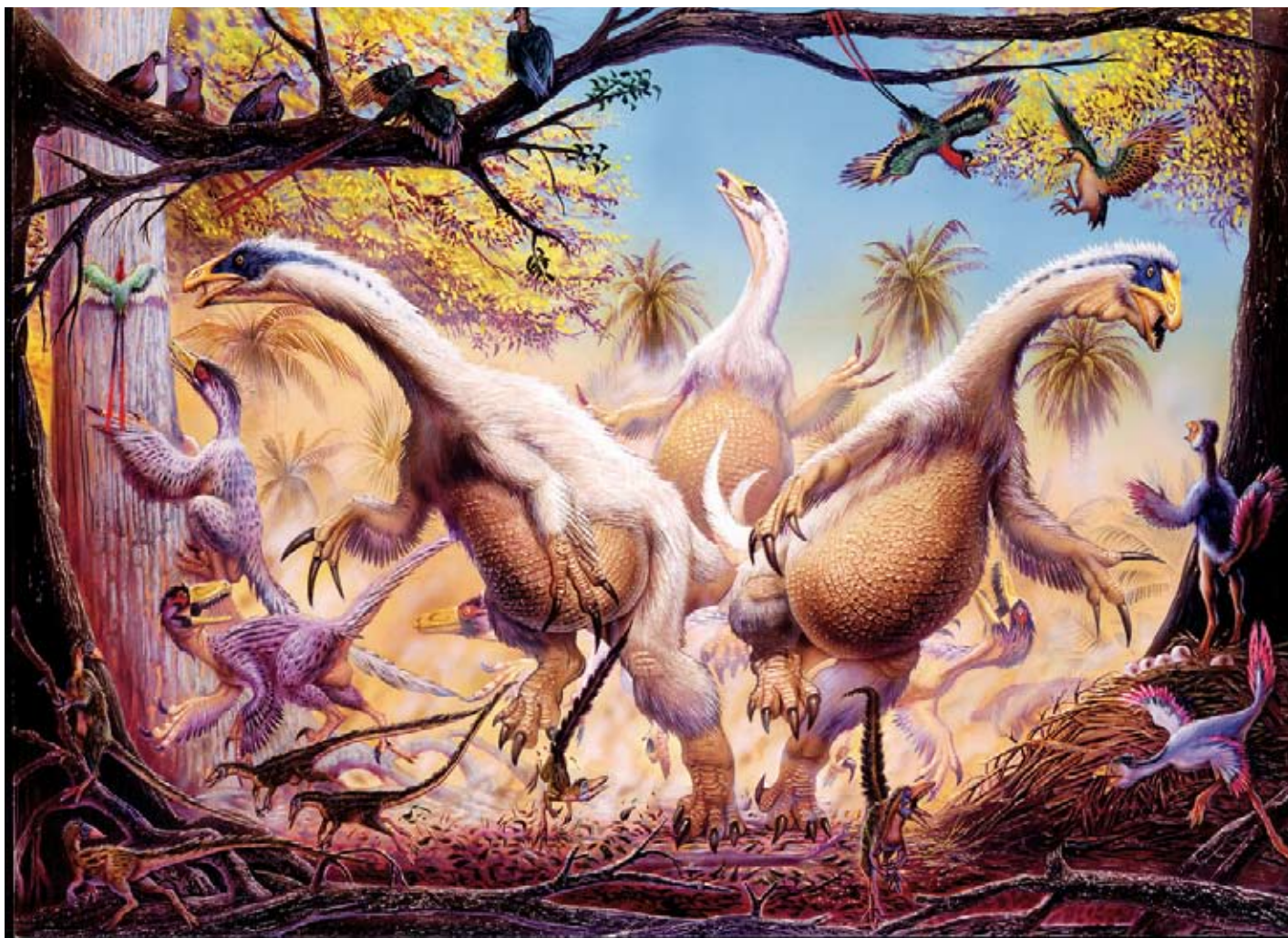
Por otro lado, se considera que los dinosaurios eran animales que se basaban en la vista para llevar a cabo una buena parte de sus actividades, y que por esa razón desarrollaron un sinnúmero de estructuras llamativas (cuernos, crestas, entre otras); útiles, entre otras cosas, para defenderse de sus depredadores. Las plumas alargadas en ciertas partes del cuerpo, por ejemplo en los dedos o en la cola, pueden haber servido para llamar la atención de las hembras du-

complejidad estructural las plumas son muy distintas de otras estructuras externas y su aparición abrupta en el registro fósil es llamativa. La evidencia fósil sugería en un principio que los dinosaurios eran animales con escamas, como se ha visto en las impresiones de piel fósil. La existencia de los dinosaurios emplumados es algo que algunos paleontólogos habían anticipado y algunos artistas (entre ellos el ilustrador y paleontólogo aficionado mexicano-es-

grupos del linaje de los coelosaurios, como los ágiles dromeosaurios, los gigantes tiranosaurios, los troodontidos con grandes cerebros y los therizinosaurios de garras largas, entre otros.

Evolución de las plumas

Los dinosaurios de China presentan una diversidad de plumas y proporcionan claves fundamentales sobre la estructura, función y evolución de éstas. Los fósiles chinos nos



Una bandada de *Beipiaosaurus*.

rante el cortejo. Y algunos estudios sugieren que también fueron útiles para proteger los huevos en los nidos, como repelente al agua y como camuflaje. Ya más tarde, las plumas fueron imprescindibles para volar, característica que separa a las aves del resto de los dinosaurios.

Antes de estos descubrimientos en Asia, había poca evidencia fósil para estudiar la evolución de las plumas. Por su

pañol Luis Rey) han representado a los dinosaurios cubiertos con plumas y más emparentados con las aves. El registro fósil asiático proporciona una evidencia directa de que las plumas no son específicas de las aves y que estaban presentes en sus ancestros dinosaurianos. Hay que destacar que la presencia de plumas no se dio en una única familia o linaje de dinosaurios, sino que se desarrolló en distintos

permiten concluir que las plumas aparecieron y se diversificaron en los dinosaurios terópodos, carnívoros y bípedos antes de que se desarrollara la habilidad y capacidad del vuelo.

La diversidad de las plumas observadas en estos dinosaurios suministra una prueba directa para la teoría evolutiva. En 2002, los ornitólogos Richard Prum, de la Universidad de Kansas, y Alan Brush, de la Uni-

Desarrollo de las plumas

Estadio 1

Estructura tubular hueca



Estadio 2

Penacho de barbas unidas al cálamo



Estadio 3

3A Pluma plana con barbas no ramificadas, unidas al raquis central



3B Pluma con barbas y bárbula, unidas al cálamo

3AB Pluma plana con barbas ramificadas y vexilo abierto



Estadio 4

Pluma plana con vexilo cerrado



Estadio 5

Pluma plana con vexilo cerrado asimétrico



Ilustración: Luis Montiel

versidad de Connecticut, propusieron una teoría del origen de las plumas basándose en el conocimiento de las etapas del desarrollo de las plumas actuales y plantearon un modelo con cinco estadios, que postula que los rasgos de las plumas evolucionaron a través de una serie de novedades evoluti-

vas que constituyó la base para la siguiente innovación.

Las plumas más simples conocidas están presentes en *Sinosauropteryx* y son estructuras tubulares que corresponderían al estadio 1. También *Sinosauropteryx* y algunos otros dinosaurios terópodos que no

volaban muestran estructuras sin raquis, en forma de plumón (estadio 2). *Beipiaosaurus* representa el estadio 3, donde la pluma es plana con barbas sin ramificar, pero ya fusionada a un raquis central. En el estadio 4, el vexilo es cerrado, los ganchillos de las bárbulas se unen a los canales de las bárbulas de las barbas adyacentes; esto se observa en *Protarcheopteryx*, en *Caudipteryx* y, probablemente, en *Sinornithosaurus*. En el estadio 5, el más desarrollado, la pluma es asimétrica con un vexilo cerrado; este tipo de pluma se presenta en las aves modernas y sirve para el vuelo. Este género de plumas se encuentra en *Microraptor*, que como vimos ya era capaz de planear.

Los fósiles recientemente descubiertos en China proporcionan evidencias para determinar en qué dinosaurios terópodos se presentan los diferentes estadios de plumas y aclarar así el origen evolutivo de las aves.

La próxima vez que encontremos un fósil cubierto por plumas tenemos que ser cuidadosos en determinar a qué animal corresponde, porque bien podría tratarse de un dinosaurio. 👁

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Marisol Montellano Ballesteros es bióloga y doctora en paleontología, investigadora del Instituto de Geología de la UNAM. Se interesa por los vertebrados terrestres, en especial los mamíferos de finales del Mesozoico y finales del Cenozoico.



Un *Caudipteryx* anida en tanto un *Sinosauropteryx* trata de llegar a los huevos.