

DE LO POCO CONOCIDO Y LO MUCHO POR CONOCER

EVOLUCIÓN DE LAS AVES MODERNAS

Claudia P. Tambussi^(*)

Recientes estudios realizados sobre el esqueleto parcial de un ave coleccionado en la Antártida, revelan que el origen y evolución de las aves modernas, habrían comenzado en el Mesozoico. Fechado en unos 71 millones de años de antigüedad (Cretácico tardío) y colocado como parte del linaje basal de los Anseriformes (patos y gansos), evidencia que al menos parte de la diversificación de las aves modernas habría ocurrido antes de la extinción de los dinosaurios no-avianos. Había una vez un pato caminando entre dinosaurios...

El origen y la evolución temprana de las aves están recibiendo cada vez más atención, y no solo científica, también han alcanzado los medios de difusión masiva. Las viejas disputas sobre el origen de las aves, del vuelo, del control de la regulación de la temperatura interna y de las plumas, se dirimen ferviente y acaloradamente en los escenarios de los congresos científicos de todo el mundo. Y aunque el estudio del origen de las aves tiene unos 150 años de antigüedad, la hipótesis de la existencia de un ancestro común cercano entre dinosaurios y aves está siendo, recién ahora, consensuada y convalidada entre los científicos. Es más, parafraseando al biólogo evolucionista Richard Prum de la Universidad de Kansas: "las aves son dinosaurios tanto como los humanos somos mamíferos" (el original en inglés).

Se han desenterrado y estudiado

más fósiles mesozoicos (el período geológico comprendido aproximadamente entre los 240 y 65 millones de años atrás) de aves en las dos últimas décadas, que la totalidad descubierta desde 1860 hasta entonces. Decenas de esqueletos de aves y dinosaurios, muy bien preservados, nos están proveyendo de información sin precedentes. Dinosaurios con plumas, terrestres y otros arborícolas, activan la discusión sobre un origen del vuelo "cursorial" (desde el suelo) o "arbóreo" (desde los árboles). Se está llegando al acuerdo de que las plumas se habrían originado antes que la capacidad del vuelo activo y que paralelamente por ende, las aves habrían adquirido un aislamiento térmico que les permitió mantener constante la temperatura corporal interna (homeotermia).

El registro fósil del Mesozoico, en particular del Cretácico, comprende aves pertenecientes a dos linajes prin-

cipales (Fig. 1). Uno de ellos y predominante, el de las Enantiornithes, incluyó aves de diversos tamaños, que ocuparon disímiles nichos ecológicos, desde comedoras de peces a semillas, y de variadas capacidades de vuelo, desde planeadoras a voladoras activas. Fueron descritas por primera vez en 1981 como un grupo especializado y extinto de aves de la Argentina, pero actualmente se sabe que fue el grupo más importante en términos de número de especies, diversificación ecológica y distribución global durante el Cretácico. Del segundo linaje representado en el Cretácico, el de las Ornithurine, y aunque mucho menos conocido, se sabe que es el único que sobrevive al evento de extinción masiva ocurrido entre el límite del Cretácico (K) y el período que le sigue, el Terciario (límite K/T). El registro paleontológico muestra además, que la mayor parte de los grupos de aves vivientes,

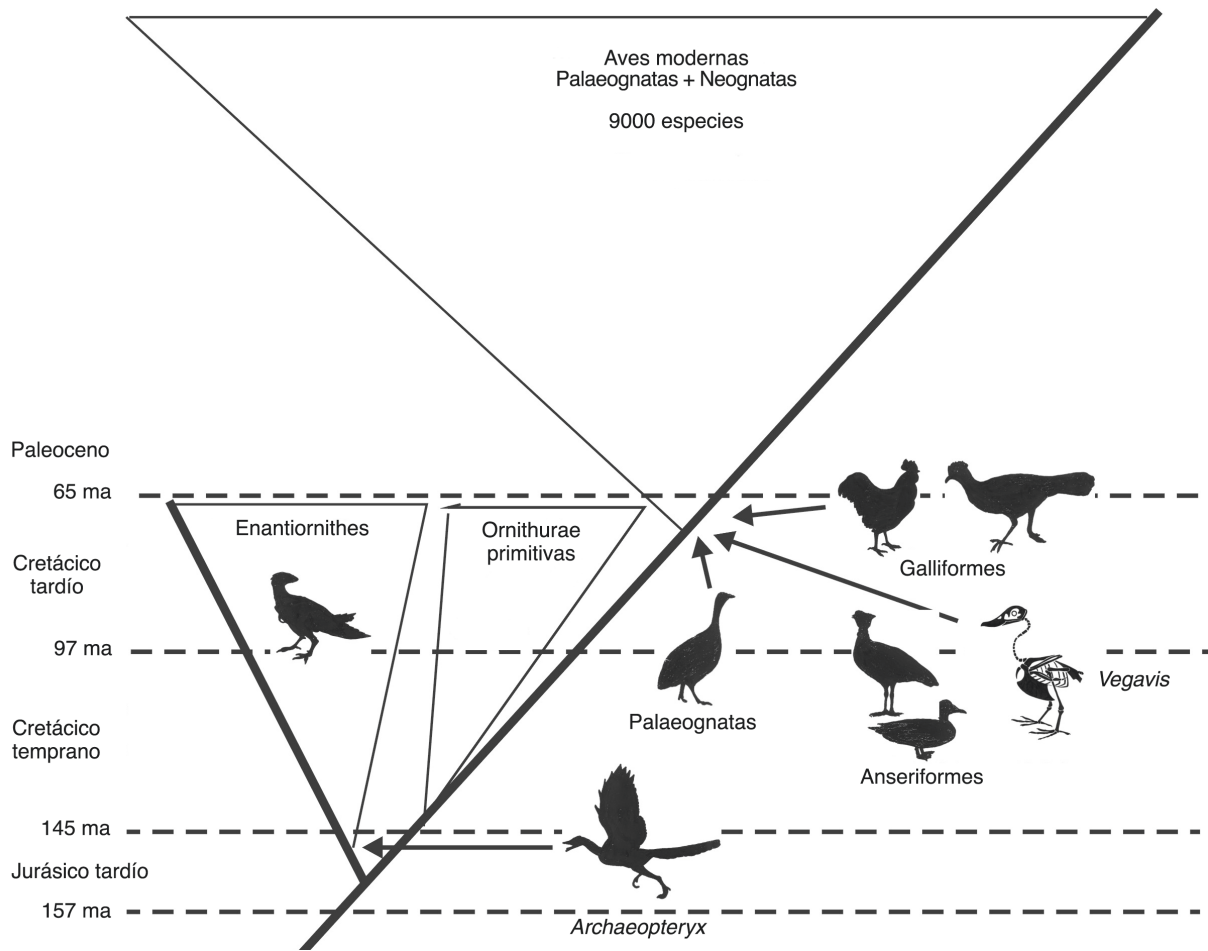


Fig. 1. Esquema muy simplificado mostrando los principales linajes de aves y el momento de su primer registro. Las siluetas corresponden a los grupos de aves modernas que ya estaban representadas en el Cretácico (modificado de Feduccia 1995, Explosive evolution in Tertiary birds and mammals. Science 267: 637-638).

aparecen por primera vez en el Paleoceno o Eoceno, unos 11 millones de años después que el K/T. Sobre el límite K/T puede leerse *in extenso* en el trabajo de Luis Spalletti, en este mismo número de la revista MUSEO. Este panorama desencadena otro gran debate científico, el del origen de las aves modernas. A este tema se dedica el presente artículo.

Dos hipótesis y un duelo de titanes

Dejando de lado el origen de las aves, no hay otro tópico tan controvertido en el campo de la paleornitología como el de la evolución de las aves modernas: las Neornithes. Los paleontólogos por un lado, "leyendo" la evidencia fósil y los biólogos moleculares por el otro, exhiben la profunda discordancia sobre el origen -el "timing"- de los grupos de aves vivientes. Como resultado, el

debate se fue polarizando ubicando a los paleontólogos y a los biólogos moleculares en lo que parecían dos posturas irreconciliables. Dos posturas basadas respectivamente, en dos hipótesis diferentes: la que supone un origen de las aves vivientes después de la extinción de los dinosaurios no-avianos en el límite Cretácico-Terciario (K/T) o la que sostiene que miembros de estos linajes, coexistieron con los dinosaurios no-avianos y sobrevivieron a este gran evento de extinción masiva.

La visión clásica sobre la evolución de las Neornithes apoya una evolución gradual desde los Ornithurine arcaicos a las aves modernas basales. Este modelo de evolución llamado braditético, implica un cambio morfológico gradual y lento a través del tiempo. Los trabajos pioneros en los que se establecían relaciones de

parentesco (filogenéticos) en aves, fueron efectuados por Joel Cracraft estudiando el origen de las ratites, el grupo que incluye los ñandúes, avestruces y aves corredoras relacionadas. Él propuso un origen en los continentes del hemisferio sur (Gondwana) para estas aves y afirmó que su distribución actual sería relictual, un remanente de una distribución mayor que habrían tenido en el pasado (lo que se conoce como modelo biogeográfico vicariante). En los prolíficos trabajos que le siguieron a estos, extiende su hipótesis a casi todas sino todas, las Neornithes, sosteniendo que habrían tenido un origen en el Cretácico en algún lugar de Gondwana. Esta idea implica la supervivencia de las Neornithes a través del evento de extinción del final del Mesozoico y es coincidente con la idea de una

evolución gradual.

Las ideas de Cracraft están sostenidas fundamentalmente por las investigaciones moleculares, específicamente las que establecen distancias genéticas y moleculares entre especies (ver cuadro: Reloj molecular). Los sistemáticos que utilizan este método han ubicado el origen en general de las Neornithes, en unos 120-110 millones de años atrás, sostienen su supervivencia a la extinción del K/T y que la fragmentación de Gondwana habría tenido un rol preponderante en la historia de estas aves.

Los paleontólogos por largo tiempo, han refutado esta hipótesis en tanto arguyen que el registro fósil contradice este modelo gradualista. En la década de 1990, Alan Feduccia formula una hipótesis alternativa: luego de la extinción K/T, se produjo en el Terciario, una diversificación explosiva de las aves a la que denominó "big bang". Esta hipótesis está sostenida por un lado, por los estudios paleontológicos que muestran que los grupos de aves actuales irrumpen súbitamente durante el Paleoceno-Eoceno y exhiben una diversificación explosiva, taquitética y por el otro, por lo que en paleontología se llama evidencia negativa, esto es, la falta de evidencias. Además, Feduccia considera que todas las aves actuales habrían surgido por la transformación de un grupo de aves vadeadoras ("transitional shorebirds") que habrían vivido en el Cretácico, subordinadas a las Enantiornithes dominantes.

Dos hipótesis y el duelo de dos titanes, establecido fundamentalmente por la forma distinta de hacer ciencia. En el trasfondo de esta disputa, queda encerrada otra, la de las diferentes formas de explicar la evolución: el gradualismo de la escuela evolucionista

clásica *versus* el saltacionismo (ver cuadro: Síntesis moderna y equilibrio puntuado). En verdad, y como se sostiene en todos los ambientes académicos, ambas son explicaciones complementarias y no necesariamente excluyentes. Y en el caso que exponemos ahora, también lo es.

Vegavis y el "timing" de la diversificación de las aves modernas

En enero de 2005, investigadores argentinos y norteamericanos, dimos a conocer la primera evidencia fósil que definitivamente ubica en el Cretácico a la radiación de las aves modernas. El enorme rompecabezas de la evolución de las aves modernas, tenía una nueva pieza...

Se trata de un esqueleto parcial perteneciente a una nueva especie llamada *Vegavis iaai* hallada en el Maastrichtiano (Cretácico tardío) de la Isla Vega, Antártida. Los análisis filogenéticos múltiples

practicados sobre el ejemplar, muestran una relación cercana entre *Vegavis* y los Anseriformes, el grupo que incluye a los patos y cisnes. El estudio de las partes conservadas del esqueleto indica que era un ave voladora, seguramente habría vivido asociada a cuerpos de agua y aparentemente habrían sido gregarias. El examen histológico de una pequeña esquirra de hueso, nos indica que se trata de un ejemplar adulto con un patrón celular similar al de las Neornithes actuales, de crecimiento continuo y no estacional como se ha observado en las Enantiornithes.

Vegavis iaai corresponde al espécimen Cretácico más completo que se haya identificado como parte de la radiación de las aves modernas (Fig. 2) y el primero que se incluye en un análisis cladístico. Fechado en unos 71 millones de años de antigüedad (Cretácico tardío) y colocado como parte del clado basal de los Anseriformes, proporciona el primer punto de

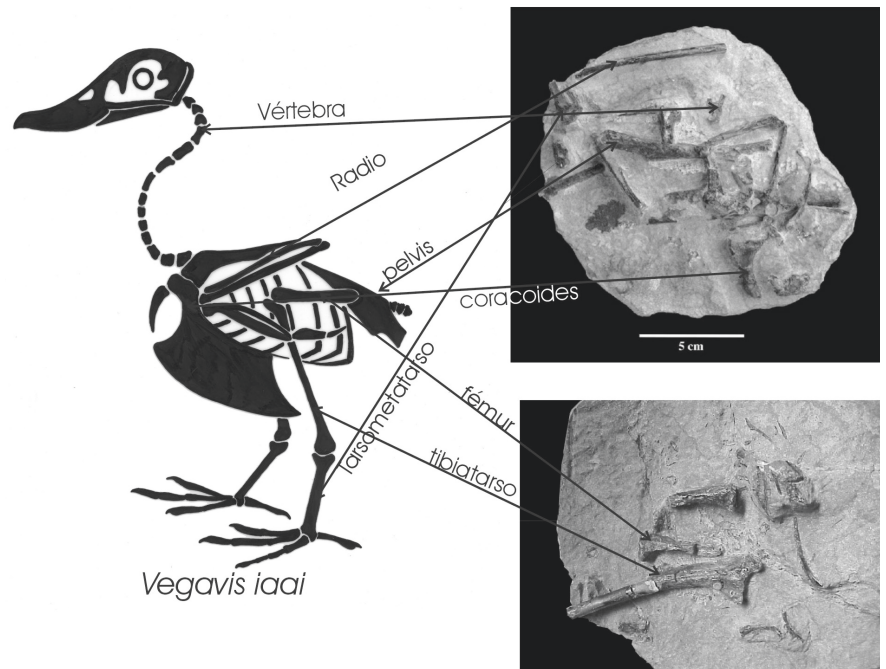


Fig. 2. *Vegavis iaai* (MLP 93-I-3-1). El fósil consiste en dos bloques. Sobre la superficie del bloque principal pueden verse restos de coracoides, pelvis, tarsometatarso y algunas vértebras.

Reloj molecular

El hecho de que todos los organismos compartan el mismo tipo de material genético, el ADN, apoya la idea de un origen común para todas las especies y brinda una herramienta para estimar el tiempo desde los orígenes de la vida hasta la actualidad. Se sabe que sobre la molécula de ADN, comúnmente ocurren cambios estables y heredables en la secuencia de un gen, conocidos como mutaciones. Existen mutaciones que introducen cambios estructurales en una proteína pero que no afectan la función de la misma o sea, no alteran las capacidades biológicas del individuo: son mutaciones neutras y que son simplemente indiferentes a la selección natural. El genetista Motoo Kimura hacia finales de la década de los sesenta, descubrió que las mutaciones neutras para un gen particular, ocurren con una frecuencia constante. De esta manera, puede tomarse el número de cambios neutros como una medida del tiempo transcurrido desde que dos especies se separaron evolutivamente o de otra manera, la antigüedad de su antepasado común. Es este,

un reloj molecular para medir el tiempo pasado.

¿Cómo se hace? Se trata de identificar una proteína cuya función se haya mantenido sin variaciones a lo largo de la evolución entre distintas especies y se compara la secuencia de aminoácidos (constituyentes principales de las proteínas) que la conforman. Así, se identifica la existencia de una relación lineal entre la cantidad de cambios de los aminoácidos entre las especies comparadas y el tiempo de separación desde el antepasado común de ambas.

De esta manera, comparando macromoléculas de dos células o especies vivientes cualesquiera, se puede estimar el momento en el que tuvieron un ancestro común.

Los fósiles son utilizados como puntos de anclaje –o de calibración externa– de los relojes moleculares: dan idea de los rangos temporales y a su vez, las moléculas permiten el ajuste interno de las transformaciones dentro del grupo analizado.

calibración cretácico confiable para los estudios moleculares referidos al origen de las aves.

A partir de este estudio podemos afirmar que al menos los linajes que incluyen a los actuales chajaes, a algunos gansos muy primitivos y a los patos verdaderos, así como a los parientes cercanos de las gallinas (Galliformes) y a las ratites (ñandúes y avestruces) coexistieron con los dinosaurios no-avianos.

Entonces...

Las últimas décadas quizás hayan sido las más excitantes en el estudio del origen y diversificación de las aves. Restos de aves extintas extremadamente interesantes han sido descubiertos en el Cretácico y nuestra comprensión en este tópico se ha incrementado notablemente. Y nunca como ahora, este tema

había sido tan popular. Muchas de las características que eran consideradas como exclusivas de las aves, plumas, clavículas unidas, procesos uncinados en las costillas, vértebras caudales fusionadas en pigostilo, han sido encontradas también en los que se consideran los ancestros más remotos de las aves. Pero aún existen viejas controversias sobre el origen de las aves modernas... La base de esta controversia radica en el aproximadamente medio centenar de restos de aves cretácicas, referidos alternativamente a Neornithes o no, o la supuesta existencia en estas aves de caracteres típicos de aves modernas. Pero tanto las evidencias fósiles, las embriológicas como las que provienen de la biología molecular, merecen igual atención y con esas muchas piezas, los científicos intentan resolver el enigma de la evolución de estas aves. Y las nuevas pruebas, como

Vegavis, lejos de calmar las aguas, las agitan.

Vegavis iaai no debe interpretarse como la prueba de una evolución gradual en desmedro del “big bang” terciario ni tampoco como la prueba de una supervivencia masiva al K/T; simplemente es una evidencia inequívoca de que, al menos el clado con mayor cantidad de especies vivientes –las Neognathae– ya estaba presente en el Mesozoico. También es la puerta a nuevas preguntas acerca de por qué la extinción masiva del final del Mesozoico, fue tan claramente selectiva. *Vegavis* es parte de lo poco conocido y la medida de lo mucho que queda por conocer.



Sellos de goma - Chapas para profesionales.

Casa marino

Calle 49 N° 559, Telefax: (0221) 483-5996

¡¡¡Extra-Extra!!!

- Los restos de *Vegavis iaai* provienen de la isla Vega, Antártida y fueron descubiertos en 1992. Después de una preparación preliminar fueron dados a conocer como una forma "transitoria" posiblemente cercana a los linajes actuales de aves. ¡¡¡Y se lo contamos en el número 1 de la Revista MUSEO de 1993!!! Por una década, fue debatida su posición sistemática exacta y su relación con los otros linajes de aves. Una nueva y más profunda preparación, tomografías computadas de alta resolución, recuperación de los moldes de látex del espécimen antes de la preparación original y análisis histológicos, revelaron numerosos huesos previamente desconocidos y proveyeron de detalles anatómicos antes desconocidos.

- El análisis histológico del radio usando microscopía polarizada y el de los extremos del húmero y del

fémur que se usaron para microscopía de disección, revelaron que se trataba de un ejemplar adulto con un juego de características histológicas que no son comunes en las aves mesozoicas basales como las *Enantiornithes*. Esto apoya la inclusión de *Vegavis* dentro de los *Ornithurae*, el clado que incluye a todos los linajes de aves modernos y se condice con los resultados de los análisis filogenéticos.

- Originalmente estos materiales habían sido dados a conocer como pertenecientes a un grupo extinguido de aves vadeadoras (un *Presbyornithidae* indeterminado), pero la nueva preparación y análisis demostró que *Vegavis* tiene proporciones diferentes y en cambio se parece más a una especie basal pero viviente de *Anseriformes*, como el "ganso overo" de Australia).

Síntesis moderna y equilibrio puntuado

Una idea alternativa a la más clásica síntesis moderna de la evolución, en la que confluyeron las ideas del naturalista Charles Darwin y las de la genética desarrollada en el s. XX, es la del equilibrio puntuado o saltacionismo. Esta teoría de la evolución fue enunciada para dar explicación al registro fósil, no continuo, en el que nuevas especies parecen aparecer abruptamente. Para sus sostenedores, la evolución ocurre rápidamente, entre períodos de muy poco cambio (estasis). El equilibrio puntuado fue propuesto por Niles Eldredge y Stephen Gould en la década del setenta y según sus propios autores, no refuta la idea darwinista de la evolución sino que añade las ideas de catástrofismo y estasis. En cambio, se contraponen a la idea de que el gradualismo es el único mecanismo de transformación posible.

Lecturas sugeridas

- Clarke, J., C. Tambussi, J. Noriega, P. Erikson & R. Ketcham. 2005. Definitive fossil evidence for the extant avian radiation in the Cretaceous. *Nature* 433: 305-308.
- Chiappe, L., M. Novell & J. Clark. 1995. *Mononykus* y el origen de las aves. *Ciencia Hoy* 5(29): 16-21.
- Pigozzi, M.I. & A. Solari. 2000. Los cromosomas sexuales y la evolución de las aves. *Ciencia Hoy* 10(56): 42-50.
- Tambussi, C. P. & Noriega J. I. 1993. El padre de los patos. *MUSEO* (Fundación Museo de La Plata "Francisco P. Moreno") 1: 30-34.

**División Paleontología Vertebrados, Museo de La Plata, Paseo del Bosque, 1900 La Plata, Argentina; investigadora del CONICET.*



Marroquinería
JORGE

CARTERAS - BOLSOS - VALIJAS

8 N° 687 (45 y 46)
1900 La Plata

Tel. (0221) 425-9479
Argentina