

**Título del proyecto**

Estudio aerodinámico de las aves basales del Mesozoico y sus implicaciones en la evolución del vuelo dentro del Clado Aviano.

**Período y duración del proyecto**

Inicio: fecha de la firma del Documento de Aceptación, Julio de 2015; Fin: Julio de 2016

12 meses

**Instituciones participantes**

Los Angeles County Museum of Natural History Foundation (LACMNHF)

Fundación Sierra Elvira (FSE)

Universidad de Málaga (UMA)

Universidad Autónoma de Madrid (UAM)

**Investigadores del proyecto**

Investigador principal - Dr. Luis María Chiappe (LACMNHF)

Investigador colaborador - Dr. Carlos Paul Palmqvist Barrena (UMA)

Investigador colaborador - Dr. José Luis Sanz García (UAM)

Investigador postdoctoral (beca ofertada a través de la Fundación Sierra Elvira de Atarfe, Granada)

**Justificación del proyecto**

En la última década se ha incrementado considerablemente el número de hallazgos de fósiles pertenecientes a aves basales de la era Mesozoica [1]. Esto ha ido acompañado de la publicación de un importante número de estudios paleontológicos que han abordado diferentes cuestiones relativas a la taxonomía, las relaciones filogenéticas y la evolución morfológica de estos organismos. En cambio, los estudios centrados en explicar el modo de vuelo de las aves basales son mucho más escasos, y los existentes se enfocan abrumadoramente al análisis del vuelo de un taxón, *Archaeopteryx* [vg., 2-6], aunque recientemente el Dr. Luis M. Chiappe publicó un artículo donde se estudiaban las características aerodinámicas de otra ave basal, en este caso, *Hongshanornis* [7]. En gran medida, la escasez de este tipo de estudios se puede deber a la dificultad de obtener estimaciones fiables de las variables aerodinámicas básicas (esto es, masa corporal, envergadura y superficie de sustentación) para aves no neognatas. El reciente desarrollo de una metodología que permite obtener estimaciones fiables y robustas de tales variables básicas [8-10] permite calcular una serie de parámetros aerodinámicos relevantes, conocidos para la función del vuelo en las aves modernas (vg., carga alar, alargamiento y frecuencia de aleteo). Continuando con la línea iniciada por el Dr. Chiappe [7], la estimación de estos parámetros permite la correcta caracterización aerodinámica de un gran número de aves basales y, por tanto, conocer mejor cómo volaban estas primeras aves.

Por otra parte, los trabajos centrados en analizar la morfología de los huesos alares de las aves basales solo han empleado, hasta la fecha, medidas longitudinales de los huesos [vg., 11-13]. Tales análisis no recogen la información que aportan medidas como las anchuras de las

epífisis y diáfisis, o las dimensiones de las zonas de origen e inserción muscular, que son de gran relevancia funcional [9, 14]. Por tanto, en este proyecto se pretende también profundizar en el análisis morfofuncional de los elementos esqueléticos del aparato volador para, por un lado, conocer las adaptaciones específicas y la transición morfológica del aparato volador, y por otro, tomando como base las teorías de vigas y de palancas, complementar los resultados obtenidos a partir de los parámetros aerodinámicos mencionados anteriormente.

En resumen, se trata de un estudio aerodinámico comparado, sin precedentes, entre aves basales y modernas, que aportará información novedosa sobre el modo de vuelo concreto de las aves basales y ayudará a comprender la evolución morfológica del aparato volador asociada a la presión de selección sobre este tipo de locomoción.

### **Objetivos generales**

- 1) Caracterizar el modo de vuelo de cada uno de los taxones basales de aves estudiados.
- 2) Explorar la variación morfológica existente en el aparato volador de las aves, identificando los efectos del tamaño, de la filogenia y de la adaptación.
- 3) Identificar patrones macroevolutivos relacionados con las fases tempranas del vuelo.

### **Material y Métodos**

Se trabajará con medidas lineales del esqueleto postcranial de las aves, así como con medidas y/o estimaciones de su masa corporal y dimensiones alares, según se trate de aves modernas o extintas.

La base de datos de aves basales partirá de 49 ejemplares de fósiles del Mesozoico, pertenecientes a los principales taxa. Por su parte, la base de datos de aves modernas incluye unos 500 ejemplares, pertenecientes a 164 especies de neognatas voladoras. Se pretende ampliar ambas bases de datos en la fase inicial del proyecto.

Para el procesamiento de los datos se llevarán a cabo técnicas de análisis multivariante, como regresiones múltiples y análisis de componentes principales. Además, con objeto de tener en cuenta las relaciones de parentesco entre las especies y de situar los análisis que se realicen en un contexto filogenético, se usarán técnicas del método comparado, como el contraste filogenéticamente independiente, la reconstrucción de nodos por parsimonia y la obtención de filomorfoespacios.

### **Cronograma**

- Julio de 2015 - Inicio del proyecto investigador postdoctoral.
- Julio/Agosto 2015 - Estancia del investigador postdoctoral en *Natural History Museum of Los Angeles* (USA). Definición de estrategia a seguir a partir de los resultados previos. Aumentar la base de datos de aves basales y modernas.
- 7-10 Octubre 2015 - 31º Congreso de la Sociedad Española de Paleontología (SEP). Baeza, Jaén (España). Presentación de resultados.

- 14-17 Octubre 2015 - 75º Congreso Internacional de la *Society of Vertebrate Paleontology* (SVP). Dallas, Texas (USA). Presentación de resultados.
- Enero/Febrero 2016 - Estancia del investigador postdoctoral en *Natural History Museum of Los Angeles* (USA). Definición de estrategia a seguir en la segunda mitad del proyecto, a partir de los resultados obtenidos.
- Julio de 2016 - Fin del proyecto investigador postdoctoral.
- 1-5 Agosto 2016 - 9º Congreso Internacional de la *Society of Avian Paleontology and Evolution* (SAPE), Diamante (Argentina). Presentación de resultados.

## Presupuesto

Salario bruto investigador postdoctoral (LACMNHF): 30000 US \$

Retención fiscal (IRPF, Ministerio de Economía y Hacienda, Gobierno de España): según las circunstancias personales y económicas del beneficiario de la beca.

También se detraerá de dicha cantidad los demás gastos de carácter administrativo (cambio moneda, asesoría jurídica, etc.).

Gastos derivados de la investigación y desplazamientos del investigador postdoctoral: Cubiertos por proyectos de la UMA y la UAM.

## Bibliografía

- [1] Brockelhurst N, Upchurch P, Mannion P, Brockelhurst, O'Connor J. 2012. The completeness of the Fossil Record of Mesozoic Birds: Implications for Early Avian Evolution. *Plos One* 7: e39056.
- [2] Yalden DW. 1971. The flying ability of *Archaeopteryx*. *Ibis* 113(3): 349-356.
- [3] Burgers P, Chiappe LM. 1999. The wing of *Archaeopteryx* as a primary thrust generator. *Nature* 399(6731): 60-62.
- [4] Chatterjee S, Templin RJ. 2003. The flight of *Archaeopteryx*. *Naturwissenschaften* 90(1): 27-32.
- [5] Longrich N. 2006. Structure and function of hindlimb feathers in *Archaeopteryx lithographica*. *Paleobiology* 32: 417-431.
- [6] Meseguer J, Chiappe LM, Sanz JL, Ortega F, Andrés AS, Pérez-Grande I, Franchini S. 2012. Lift devices in the flight of *Archaeopteryx*. *Revista española de Paleontología* 27(2): 125-130.
- [7] Chiappe LM, Zhao B, O'Connor JK, Chunling G, Wang X, Habib M, Cheng X. 2014. A new specimen of the Early Cretaceous bird *Hongshanornis longicresta*: insights into the aerodynamics and diet of a basal ornithuromorph. *PeerJ*, 2, e234.
- [8] Serrano FJ, Palmqvist P, Sanz JL. 2015. Multivariate analysis of neognath skeletal measurements: implications for body mass estimation in Mesozoic birds. *Zoological Journal of the Linnean Society* *in press*.
- [9] Serrano FJ. 2015. Ecomorfología y evolución del aparato volador aviano: Implicaciones aerodinámicas en el vuelo de las aves basales. PhD Thesis. Universidad de Málaga.
- [10] Serrano FJ, Palmqvist P, Chiappe LM, Sanz JL. *In prep*. Multivariate functions for obtaining aerodynamic parameters in Mesozoic stem birds.
- [11] Dyke GJ, Nudds RL. 2009. The fossil record and limb disparity of enantiornithines, the dominant flying birds of the Cretaceous. *Lethaia*, 42(2): 248-254.
- [12] Bell A, Chiappe L. 2011. Statistical approach for inferring ecology of Mesozoic birds. *Journal of Systematic Palaeontology* 9: 119-133.
- [13] Nudds RL, Atterholt J, Wang X, You HL, Dyke GJ. 2013. Locomotory abilities and habitat of the Cretaceous bird *Gansus yumenensis* inferred from limb length proportions. *Journal of evolutionary biology*, 26(1): 150-154.
- [14] Habib MB, Ruff C. 2008. The effects of locomotion on the structural characteristics of avian limb bones. *Zoological Journal of the Linnean Society* 153: 601-624.