

Dinosaurios en la actualidad:

la relación evolutiva DINOSAURIOS-AVES

Francisco J.
Jiménez Moreno

Los dinosaurios no son una reliquia del pasado, por mucho tiempo se tuvo la creencia de que estos formidables organismos se extinguieron a finales del Cretácico. Sin embargo, un número creciente de fósiles que llenan los huecos del registro fósil con nuevas evidencias, ahora nos sugieren que siguen entre nosotros en forma de aves, y estas están representadas, como lo explicó Perrins en el año 2006, por más de 9,845 especies que tienen una distribución mundial.

El análisis de los esqueletos encontrados y la comparación con las estructuras óseas de diversos grupos de reptiles han llevado a proponer varios linajes como los posibles antecesores de las aves; entre ellos tortugas (anápsidos), lagartos y cocodrilomorfos (*Pseudosuchia* y *Sphenosuchidae*), diversos arcosaurios y arcosauro-morfos basales, los pterosaurios o reptiles voladores del Mesozoico y los dinosaurios *Ornithopoda*, pero la balanza se inclina a la evidencia fósil aportada por los dinosaurios Theropodos.



© Luz María Genis.

El paleontólogo Alan Charig (Gran Bretaña) fue uno de los primeros investigadores en explicar el hecho en su formidable libro *A new look at the dinosaurs*: “la mayoría de las personas cree que los dinosaurios tienen escaso parecido con las aves, también es cierto que un dinosaurio avestruz (*Struthiomimus*) tiene cierta similitud con un avestruz (*Struthio camelus*), diversos nombres asignados a diferentes taxones de dinosaurios hacen alusión a una característica aviar como *Ornithomimus* (cadera de ave), *Ornithomimus* (pata de ave), *Ornithomimus* (imitador de las aves), *Avimimus* entre muchos mas. Tanto aves como dinosaurios depositan huevos en nidadas, estas coincidencias antes mencionadas no son prueba irrefutable de una relación filogenética. También es cierto que géneros de dinosaurios como *Caenagnathus* y *Avimimus* fueron confundidos con aves. La morfología es tal que las primeras icnitas de dinosaurios encontrada por Pliny Moody, (Massachusetts Estados Unidos) fueron asignadas a aves gigantes; 60 años después, Edward Drinker Cope las asignó a Theropodos. El paleontólogo canadiense Phil Currie indica qué

existen más de 120 características que solo se encuentran en los dinosaurios terópodos y las aves. Recientemente Chiappe argumenta a favor de esta relación y nos dice que las pruebas que vinculan a las aves con los dinosaurios, se basan en evidencias, osteológicas, oológicas (estudio de los huevos), tegumentarias y etológicas.

UN ICONO EN LA HISTORIA DE LA EVOLUCIÓN

Uno de los fósiles mas importantes en la historia de la evolución sin duda es *Archaeopteryx*, este organismo causó controversia en el siglo XIX, al mostrar la evidencia de ave más antigua conocida, el primer indicio de esta especie fue en 1860 con la aparición de una pequeña pluma de seis centímetros de longitud, poco después Hermann Von Meyer, informó de la aparición de un esqueleto, el cual carecía de cabeza, fue el paleontólogo inglés Richard Owen quien se encargó de hacer la meticulosa descripción del fósil y lo nombró: *Archaeopteryx lithographica*, en 1877 apareció otro esqueleto pero este tenía cabeza y presentaba dientes colocados en alveolos. A partir de entonces han aparecido otros, los cuales son llamados coloquialmente los *Archaeopteryx* de Londres, Berlín, Maxberg, Teyler, Eichstatt y recientemente el de Termopolis, con este último suman ya diez esqueletos hasta ahora reportados, cada uno de estos fósiles fueron descubiertos en las calizas de grano fino de las ciudades de Eichstatt y Solnhofen al sur de Alemania en yacimientos propios de Jurasico superior. En 1992 apareció una nueva especie *A. bavarica*, Currie menciona que son tan pocas las características que distinguen a los terópodos de *Archaeopteryx*, que dos esqueletos, los cuales no presentaban plumas fueron confundidos como pertenecientes al dinosaurio sauriquio terópodo *Compsognathus longipes*, refiriéndose en concreto a los especímenes de Eichstatt (1951) y el de Solhofen (1987).

EL NACIMIENTO DE UNA TEORÍA

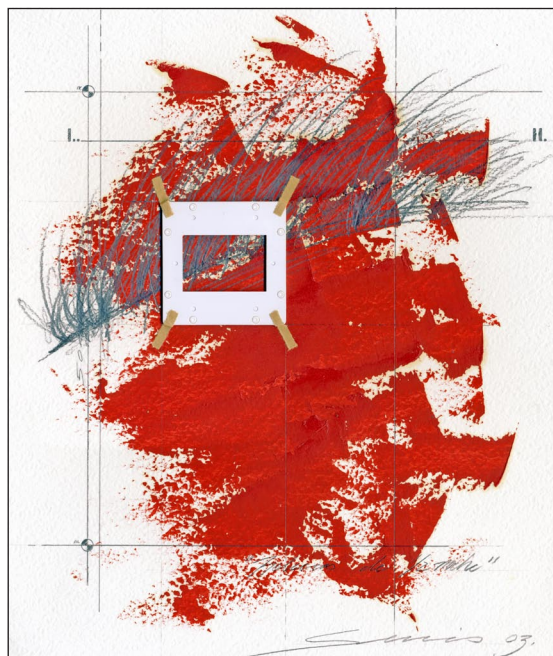
Durante el siglo XIX, Thomas Henry Huxley (1825-1895), defensor de Darwin y la teoría de la evolución, fue el primero en denotar una relación entre los dinosaurios y las aves. A partir de 1868, Huxley reiteró su punto de vista en varios trabajos publicados como “On the

animals which are most nearly intermediate between the dinosaurian reptiles and birds” y “Further evidence of the affinity between the dinosaurian reptiles and birds”. Basándose en patrones paleosteológicos similares entre *Megalosaurus* y *Archaeopteryx*, en esta obra dio una detallada descripción de su anatomía, enfatizando sus aspectos transaccionales y convirtiéndolos en un buen ejemplo de la teoría de la evolución; sus meticolosas investigaciones revelaron que *Archaeopteryx* era notablemente semejante a un dinosaurio. En 1869 Huxley propuso a la sociedad geológica en Londres, eliminar el término dinosaurio (lagartos terribles) propuesto por Richard Owen en 1842, y cambiarlo por el de ornitoscélidos (piernas de aves); su propuesta, sin embargo, fue rechazada. Los hallazgos de Huxley lo hicieron proponer a los dinosaurios como antecesores de las aves, y esta propuesta causó un gran debate pues aunque encontró apoyo en Marhs y Samuel Williston y otros paleontólogos famosos de su época como Harry Govier Seeley (creador de los órdenes *Saurisquia* y *Ornistisquia*) se argumentaba que las semejanzas se debían a una mera convergencia evolutiva, por tanto esta idea revolucionaria fue abandonada en su momento y por los siguientes 50 años.

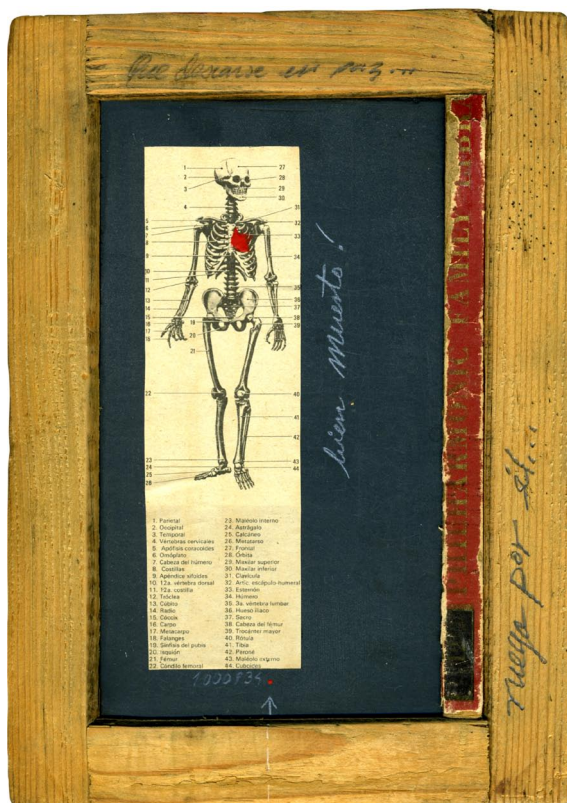
EL DEBATE

A principios del siglo XX el paleontólogo danés Gerhard Heilmann (1859-1946), en su libro publicado en 1916 *Vor Nuvaerende Viden om Fuglenes Afstamning*, traducido al inglés en 1926 como *The origin of birds*, denota el extraordinario parecido entre los dinosaurios terópodos y las aves. El libro abordó varios temas: anatomía, embriología, músculos, pterylosis y otros tantos aparatos. A pesar de ello, y como firme seguidor de la Ley de Dollo que plantea que la evolución no es reversible, Heilmann explica entonces: los dinosaurios-coelurosaurios al carecer de la fúrcula simplemente no podrían ser antecesores de estos vertebrados voladores, no importando las repetidas similitudes, dando a entender que el parecido se debe a mera convergencia evolutiva. Propone entonces otro grupo de arcosaurios como antecesores de las aves, los tecodontos pseudosuquianos, y propuso al género *Ornithosuchus* o *Euparkeria* del Triásico superior como el organismo idóneo; dicha teoría no era nueva

y se responsabiliza de ella al paleontólogo sudafricano Robert Broom, quien en 1913, descubrió en los ricos depósitos de África del sur a *Euparkeria capensis*, organismo que vivió hace aproximadamente 245 millones de años en el piso Anisiano del Triásico inferior; según él, no solo dio origen a las aves sino también a reptiles ulteriores. Este paradigma apoyado por Heilmann se mantuvo hasta la segunda mitad de la década de los sesentas. En la actualidad la evidencia osteológica en dinosaurios ha demostrado la presencia de fúrcula; esta estructura ha sido hallada en diversos dinosaurios terópodos, como el reportado por Charles Lewis Camp en *Segisaurus* (*Coelophysidae*) en 1936 y por Henry Fairfield Osborn en *Oviraptor* (*Oviraptoridae*) en 1924 como lo reporta Ostrom en 1973. Un fósil hallado en Mongolia, asignado a *Velociraptor mongolensis*, (*Dromaeosauridae*) presentado y estudiado por Mark Norell tiene una clara fúrcula fusionada. Con estas pruebas óseas se da por terminado el debate de que los dinosaurios no podían ser antecesores de las aves porque no tenían fúrcula; por ello, con estos fósiles, se hace más estrecha la relación dinosaurios-aves. Actualmente se sabe que la presencia de la fúrcula es un carácter compartido derivado (sinapomorfia) de un grupo de dinosaurios denominados tetanuros (cola rígida) que incluye desde géneros



© Luz María Genis.



© Luz María Genis.

como *Allosaurus*, *Velociraptor*, *Archaeopteryx*, hasta las aves neornithes.

EL RENACIMIENTO DE LOS DINOSAURIOS

En 1964 John Ostrom, profesor de la Universidad de Yale, descubrió al dinosaurio terópodo dromeosaurido *Deinonychus antirropus* en los depósitos de Montana; basándose en el esqueleto formuló la teoría de que los dinosaurios eran organismos ágiles, rápidos e inteligentes, y por si fuera poco hace notar la posible endotermia de los dinosaurios. Tal idea tuvo un fuerte impacto en los círculos académicos y posteriormente en la idea popular sobre los dinosaurios, que llevaron a lo que se ha denominado como “renacimiento de los dinosaurios”. El abandono de los prejuicios y la avalancha de descubrimientos que le continuaron hicieron cambiar el método de estudio de los dinosaurios para siempre.

En 1970, Peter Galton sugirió que los parientes más cercanos a las aves eran los dinosaurios ornitisquios (cadera de ave), idea propuesta originalmente por Heil-

mann; sin embargo, la forma de la cadera no tiene una relación ancestro–descendiente como lo dijo Norman en 1985. Pero a pesar de las evidencias, el origen tecodonto de las aves seguía vigente debido a la poca evidencia fosilífera.

EL DESPERTAR DE UNA TEORÍA

En 1972 el doctor Alick Walker (1925-1999), de Newcastle, propuso la idea de que las aves modernas tienen varias características en común con *Sphenosuchus*, un arcosaurio del Triásico parecido al cocodrilo; Walker proponía que las aves habían evolucionado a partir de un grupo de arcosaurios primitivos de complexión ligera, los cuales se habían vuelto arborícolas, mientras otros se hicieron anfibios dando origen a los cocodrilos. La propuesta de Walker tuvo una respuesta inmediata: En 1973, John Ostrom respondió un artículo publicado en la revista *Nature* bajo el nombre “The ancestry of birds”, indicando pruebas osteológicas de la relación dinosaurios-aves; Ostrom escribe: “el esqueleto de *Archaeopteryx*, es extremadamente semejante al de un dinosaurio coelurosaurio, nada parecido a un cocodriliano y tampoco a un tecodonto” de igual forma enumera por lo menos 20 características morfológicas presentes en aves y dinosaurios; su trabajo causó gran controversia reviviendo la idea original de Huxley. Ostrom enumeró las siguientes características: columna vertebral, vértebras torácicas con pleurocelos, diez vértebras cervicales y doce o quince torácicas, dígitos de la extremidad anterior presentados por los dedos I, II y III, carpo en forma de media luna, forma del húmero, presencia de escápula, coracoides subrectangular fusionado con la escápula, extremidades posteriores con cuatro dedos, el quinto dedo reducido, hallux reversible, forma del fémur, forma del ilium, forma del pubis, cavidad acetabular abierta.

A pesar de su detallado trabajo, Ostrom no especifica el taxón o grupo de dinosaurios con el que las aves están directamente emparentadas, y los trabajos de análisis cladísticos aparecerían hasta la década de los ochenta. Apoyando esta teoría, pero de forma independiente, Robert Bakker y Peter Galton publican en 1974, en la revista *Nature*, un artículo titulado “Dinosaur monophyly and a new class of vertebrates” en el que proponen

la creación de la clase Dinosauria la cual tendría a las subclases saurisquios, aves y ornitisquios; según los autores, esta nueva clasificación denotaría mejor la filogenia de los grupos, ya que los reptiles ectotérmicos estarían separados de los grupos endotérmicos: mamíferos y dinosaurios (incluidas las aves). Desde ese momento hasta el día de hoy cada vez es mayor el número de científicos que incluyen a las aves dentro de los dinosaurios; no por ello la propuesta es aceptada por todos, pero con el tiempo el registro fósil ha demostrado los vínculos cercanos de estos grupos. Chiappe, en su excelente artículo del 2003 “Emplumando dinosaurios: la transición evolutiva de terópodos a aves” señala otras características que vinculan a estos organismos, por ejemplo, la presencia de recesos timpánicos rostrales, dorsales y caudales (áreas neumatizadas contenidas dentro de los huesos que rodean la cavidad ótica), miembros anteriores cuya longitud es superior a la mitad de la longitud de los miembros posteriores, hueso carpal en forma de media luna, un fémur con solo un débil cuarto trocánter (el punto de inserción de la musculatura caudo-femoral).

UNA NUEVA ERA

La evidencia no solo se basa en las características óseas; la etología (estudio del comportamiento animal) ha revelado importantes pruebas como la encontrada en los fósiles de dinosaurios oviraptoridos como *Citipati osmolskae*, descrito por Norell y Clark (2001); este dinosaurio fue encontrado en posición de “empollamiento”: el organismo se encontraba sobre la nidada con los brazos extendidos dando evidencia indirecta de que los brazos se encontraban emplumados; dicha posición solo es conocida en aves actuales. En 1997 David Varrichio y colaboradores describen en *Nature* los restos de un terópodo americano (*Troodon formosus*) sobre un nido con cinco huevos; por si fuera poco, el paleontólogo chino Xing Xu, describe el esqueleto de un pequeño troodontido de la formación Yixian. En China dicho fósil se denomina Mei long (dragón dormido); el cuerpo descansa sobre las patas traseras mientras las patas anteriores se hayan plegadas, el cuello se pliega sobre la espalda como en posición de descanso de una ave actual. La evidencia oológica que sustenta la rela-



© Luz María Genis.

ción dinosaurios-aves es la presencia de una cáscara estratificada en el cascarón de ambos grupos; las aves en sus huevos presentan tres capas de conformación, los dinosaurios dos y los reptiles, en general, tan solo una, por tanto, estos últimos están menos relacionados con las aves.

Las evidencias tegumentarias también aportan fuertes argumentos para entender la relación dinosaurios-aves. En la actualidad solo las aves tienen plumas, pero esto no fue siempre de esta manera, ya que desde 1996 se ha encontrado un número creciente de dinosaurios emplumados. Si bien con anterioridad ya se intuía la presencia de plumas, fue hasta ese año cuando se tuvo la evidencia fósil la cual fue hallada principalmente en la provincia de Liaoning, China: en octubre de 1996, el profesor Chen Pei-ji, del Instituto de Geología y Paleontología de Naijing, presentó en la Reunión Anual de la Sociedad de Paleontólogos de Vertebrados, un fósil de dinosaurio terópodo de tipo coelurosaurio, el cual tenía el lomo y la cola cubiertos por estructuras semejantes a plumas filamentosas; el fósil y nombrado en

1997 *Sinosauropteryx prima*. En 1998 se dan a conocer otros dos dinosaurios bípedos, terópodos maniraptores emplumados, descubiertos en China: *Protarchaeopteryx robusta* y *Caudipteryx zoui*. Un año después aparecieron otros dinosaurios emplumados en la misma provincia, el primero fue descrito por Xu, Tang y Wang y fue nombrado *Beipiosaurus inexpectus*; además de las estructuras tegumentarias, es relevante el hecho de que este espécimen es el dinosaurio terópodo therizinosaurio más grande encontrado en esta área, como lo denotan Xu y colaboradores (1999); el segundo fue el *Sinornithosaurus millenii*, que medía aproximadamente 1.3 metros de longitud; sus brazos y manos eran proporcionalmente muy largos; tenía dientes en forma de daga y una cola rígida, y la capa tegumentaria (protoplumas) que cubría su piel constaba de dos tipos de estructuras: fibras simples organizadas en haces, y plumas con un eje central y barbas, pero sin las bárbulas de las plumas más evolucionadas. Para el año 2000, otra vez Xu describe un dinosaurio dromeosáurido singular al que denomina *Microraptor zhaoianus*. Este organismo, según el autor, es tan pequeño como *Archaeopteryx*, apoya la teoría de que los dinosaurios redujeron su tamaño para poder volar. Hasta ese momento los dinosaurios emplumados eran más grandes que las aves voladoras, pero este dinosaurio emplumado de apenas 77 centímetros de longitud, fue sorprendente debido a que presenta dos pares de alas con plumas asimétricas por lo que se considera que podía volar. Según varios autores, la función de estas plumas en dinosaurios emplumados era actuar como aislante térmico. Actualmente se discute si presentaban una patrón de coloración; en algunos dinosaurios se observan grandes plumas a manera de penachos en la cabeza, o abanicos en la cola como en *Caudipteryx*; por si fuera poco quizás denotarían dimorfismo sexual. Otros dinosaurios emplumados son *Epidendrosaurus ningchengensis*, *Cryptovolans*, *Scansoriopteryx*, *Sinovenator changui*, *Incisivosaurus gauthieri* (2002), *Microraptor gui*, *Yixiannosaurus* (2003), *Dilong* (2004), *Pedopenna* y *Jinfengopteryx* (2005), entre otros. También el famoso *Velociraptor* tenía plumas, como lo demuestra el hallazgo realizado en 2007 por Turner y colaboradores

en *Velociraptor mongolensis*, un dromeosaurio común del Campaniano encontrado en la formación Djadokhta, Mongolia. En este ejemplar se encontraron en el antebrazo 18 papilas plumosas de inserción.

En el año 2000, Russell y Fisher realizaron análisis de tomografía computarizada, y revelaron una compresión de ferrosa en la región del pecho de un dinosaurio ornitischio (*Thecosaurus neglectus*), así como la presencia de un corazón tetracavitario. Debemos señalar que los dinosaurios, aves y cocodrilos pertenecen al grupo arcosauria (reptiles predominantes), y esta característica nos puede indicar una alta tasa metabólica como ocurre en mamíferos y aves. En 2005, la investigadora norteamericana Mary H. Schweitzer de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, encontró evidencia de hueso medular en un fémur de *T. rex*; dicho descubrimiento apoya más la teoría, pues solo las aves presentan este tipo de hueso al momento de colocar su nidada; además, se pudo determinar el sexo del *T. rex*, pues las hembras producen este tipo de hueso.

Con base en estudios de fósiles, Peter L. Larson propone la presencia de forámenes neumáticos, en *Archaeopteryx*, terópodos y saurópodos. Patrick O'Connor plantea que los grandes terópodos poseían un sistema



© Luz María Genis.

de sacos aéreos similar al que se encuentra en las aves modernas. Por su parte, Paul Sereno menciona la presencia de estas estructuras en *Aerosteon riocoloradensis*, dinosaurio therópodo reportado en 2008 y encontrado en rocas del Cretácico Superior en Argentina.

Los nuevos estudios basados no solo en caracteres morfológicos, sino oológicos, tegumentarios e inclusive etológicos refuerzan la teoría de que existe una clara relación evolutiva entre los dinosaurios y las aves.

La sistemática cladista aplicada a la relación dinosaurios-aves en la década del ochenta por Padian, Gauthier, Benton, Sereno, entre muchos más, ha propuesto a la familia Dromeosauridae (*Deynonychus*, *Velociraptor*, *Dromeosaurus*, *Sinornithosaurus*, etcétera) como grupo hermano de las aves, y por tanto se considera que las aves son dinosaurios-saurisquios-terópodos, y en conjunto las aves y los dromeosáuridos forman el clado maniraptora. El cladismo apoya este vínculo de la siguiente manera: de acuerdo a la adquisición de las características avianas, el análisis refleja los nodos *Theropoda-Tetanurae-Coelurosauria-Maniraptora* y aves, definiendo el clado *Theropoda* por la presencia de tres dedos en los pies funcionales; tetanuros por la presencia de clavículas fusionadas formando una fúrcula, y las extremidades anteriores con tres dedos. Este grupo de dinosaurios carnívoros está representado por géneros como *Cryolophosaurus*, *Allosaurus*, entre otros, que caminaban sobre los tres dedos de los pies y su progresión es de tipo mesaxónica (de los dedos II, III y IV, el tercero es el principal en la locomoción) con organismos cursoriales y subcursoriales. El clado *Maniraptora* se define por la presencia del carpal en forma semilunar y, además, por características particulares en la escápula y el coracoides, y por el hecho de que el esternón se osifica formando una placa rígida. Finalmente, el clado aves se define por la presencia del primer dedo del pie invertido y seis vértebras caudales, dando claras pistas de la relación filogenética de los mismos.

El paradigma de que los dinosaurios se extinguieron en el límite Cretácico-Terciario está siendo cuestionado, pues se considera que los dinosaurios avianos nos acompañan en la actualidad y les denominamos aves. Nuevas pruebas fósiles en futuro nos ayudarán a entender mejor la relación evolutiva entre los dinosaurios y las aves.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹ Feduccia. *The Origin and Evolution of Birds*. Second edition, Yale University press, USA. (1999).
- ² Chiappe LM; Vargas A. *Emplumando dinosaurios, la transición evolutiva de terópodos a aves*. Punto de vista; Ideas, Opinión, Revisión, Hornero (2003) 18 (1):1-11.
- ³ Chiappe LM. The closest relatives of birds. *The neotropical ornithological society-suppl.* (2004) 15.
- ⁴ Charig A. *La verdadera historia de los dinosaurios*. Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, España. (1985)
- ⁵ Fisher PE, Russell DA, Stoskopf MK, Barrick RE, Hammer M, Kuznitz AA. "Cardiovascular evidence for an inter-mediate or Higher metabolic rate in an ornithischian Dinosaur" *Science* Vol. 288 (2000) 503.
- ⁶ Montellano Ballesteros M. "Dinosaurios con plumas". *Revista de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Autónoma de México (¿cómo se mueve?)* (2005) 10-15.
- ⁷ Ostrom JH. "The ancestry of birds". *Nature* Vol. 242, (1973) 136.
- ⁸ Ostrom JH. "Archaeopteryx and the origin of birds". *Morphology and biology of reptiles*. Linnean Society of London. Dorset. Great Britain (1976).
- ⁹ Perrins C, *La gran enciclopedia de las aves*. Editorial Diana (2006).
- ¹⁰ Quiang J, Currie PJ, Norell MA, Chu-An J. "Two feathered dinosaurs from northeastern China". *Nature*. (1998) 753.
- ¹¹ Sankar Ch. *The Rise of Birds; 225 million years of evolution*, The John Hopkins Press, USA. (1997)
- ¹² Sanz JL. "Historia evolutiva temprana de las aves". *Evolución: La base de la Biología*, en: Soler, M. (ed), Proyecto Sur (2002) 509-526
- ¹³ Ricqlès A. "Los animales a la conquista del cielo". *Mundo científico* (1999) 76-81.
- ¹⁴ Sereno PC, Martínez RN, Wilson JA, Varricchio DJ, Alcobar OA and Larsson HCE. Evidence for Avian Intrathoracic Air Sacs in a New Predatory Dinosaur from Argentina. *Plos One* Vol. 3 (2008)
- ¹⁵ Sanz JL. *Cazadores de dragones; historia del descubrimiento e investigación de los dinosaurios*. Ariel (edit.), España (2007) 421.
- ¹⁶ Shipman P. *Archaeopteryx and the evolution of bird flight; Taking wing*. Touchstone, USA. (1999)
- ¹⁷ Turner AH, Makovicky PJ, Norell MA. "Feather quill knobs in the dinosaur Velociraptor". *Science* (2007) 1721.
- ¹⁸ Varricchio DJ, Jackson F, Borkowski JJ, Horner JR. "Nido de huevo y las garras de dinosaurio *Troodon formosus* y la evolución de la gripe aviar rasgos reproductivos". *Nature* Vol. 385: 247-250.
- ¹⁹ Wilford JN. *El enigma de los dinosaurios* RBA (edit.) 1993.
- ²⁰ Xing X, Tang ZL, y Wang XL. "A therizinosauroid dinosaur with integumentary structures from China". *Nature* (1999) 399: 350-354.
- ²¹ Xing X, Wang XL y Wu XC. "A dromaeosaurid dinosaur with a filamentous integument from the Yixian Formation of China". *Nature* (1999) 401: 262-266.
- ²² Xing X, Zhou Z y Wang X, "The smallest known non-avian theropod dinosaur". *Nature* (2000) 408: 705-708.

Francisco Javier Jiménez Moreno.
Escuela de Biología, BUAP.
e-mail: pacorex4@hotmail.com