

Este texto fue presentado como trabajo de curso en la asignatura "Paleontología de Vertebrados" de la licenciatura de Geología de la Universidad Complutense de Madrid (2006-2007). Fue calificado con Sobresaliente por la Catedrática en Paleontología Nieves López Martínez

## **Tendones Osificados en dinosaurios: Análisis de varios factores ecomorfológicos**

Alberto Rodríguez Rodríguez  
alsable@hotmail.com

### **Resumen**

Los tendones osificados están presentes en muchos grupos de dinosaurios aunque su aparición y funcionalidad no está del todo clara. En el presente estudio se analizan las posibles relaciones entre la aparición de tendones osificados y algunos factores ecomorfológicos como son la talla, el modo de locomoción y la presencia de otro tejido óseo de origen dérmico, los gastrales. Los análisis llevados a cabo con el estadístico  $\chi^2$  y el programa informático Mcclade muestran una tendencia a no presentar osificación en los dinosaurios de mayor tamaño, mientras en los demás las tendencias no están del todo claras. Los tendones de tipo epaxial se dan preferentemente en grupos con locomoción bípeda. Parece existir del mismo modo una relación inversa entre la presencia de tendones osificados y gastralía. Se requiere un estudio exhaustivo para conocer los motivos por los que se produce la osificación en los grupos que se presentan como excepciones.

**Palabras clave:** *tendones osificados, dinosaurios, talla, locomoción, gastralía*

### **Introducción**

Los tendones osificados están presentes en numerosos clados de dinosaurios. A parte de los ornitiscios donde su presencia es una de las características descriptivas del grupo (Serenó 1997), este carácter se muestra también en grupos de ornitiscios que normalmente no presentan osificación intratendinosa.

A partir de los primeros trabajos de Lee (1928) a modo descriptivo, solo recientemente Adams (2005) y fundamentalmente Organ (2005) han realizado estudios histológicos minuciosos así como referentes a cuestiones biomecánicas en algunos grupos de Ornithischia. No obstante, estos estudios no aclaran cuestiones acerca de

la aparición de este carácter en los diversos grupos así como su funcionalidad y relación con diferentes aspectos ecomorfológicos que podrían influir en la osificación intratendinosa.

Los tendones osificados se pueden clasificar en dos tipos distintos según su posición anatómica. De esta clasificación estaría excluido el clado Aves que presenta una mayor variedad de posiciones anatómicas y carece de la osificación típica de los dinosaurios. Así pues, tendríamos dos tipos de tendones osificados: caudales, presentes en grupos como anquilosaurios e hipsilofodóntidos y dorsales o epaxiales, típicos de hadrosaurios y ceratópsidos entre otros.

En este trabajo se realiza un análisis de la relación entre talla y osificación. Factores que, a priori, parecen no estar vinculados (Véase el caso de los hipsilofodóntidos y hadrosaurios en la figura 1 ambos de muy distinto tamaño y con el mismo tipo de tendones osificados). También se comparará el modo de locomoción con la presencia del carácter para comprobar si se cumple la teoría de Organ (2006), quién postula que los hadrosaurios “incrementan la capacidad de la columna vertebral para resistir el peso del cuerpo” y que podrían actuar como “almacén de energía elástica durante la locomoción”.

Por último debido a que hay grupos de dinosaurios que desarrollan otro tipo de estructuras de origen dérmico, los gastralia, se examinará la posible relación entre ambos tipos de tejidos.

### Material y métodos

En la realización de este trabajo se han tomado datos de diversas fuentes bibliográficas, estas son: Adams & Organ (2005), Organ (2005, 2006), Enciclopedia de los dinosaurios y la vida prehistórica. (2004), Holmes & Organ (2007), Marshall & Organ (2001) Norman & Sibbick, Organ & Adams (2005), Sereno et al (2003), Susannah et al (2006), Weishampel et al (1990).

Para confeccionar las tablas referentes a la talla y modo de locomoción se han empleado fundamentalmente los datos contenidos en las siguientes paginas web: Natural History

museum,(2007), Enchanted learning, (2007), North Carolina State University (2007), Dinobase in University of Bristol (2007), Dinodata (2007), dinodata (2007).

Estos datos una vez adquiridos han sido tabulados en una matriz (tabla 1). En el caso de la talla, los datos se representaron en un diagrama de distribución (ver gráfico 1) para transformar dicha variable continua en una discreta, quedando divididas las tallas en: talla pequeña, menores de 3 m; talla mediana, 3-12 m; talla grande mayores de 3m.

En el caso de la locomoción se ha establecido como medio de locomoción aquel que presentan los individuos adultos de forma mayoritaria.

Se ha tomado también como positiva para cada familia la aparición de tendones osificados ya sean epaxiales o caudales en algún miembro de dicha familia. No teniéndose en cuenta un posible origen patológico de estos.

Para realizar el análisis de estos datos se han utilizado dos métodos. Por una parte, se ha realizado un análisis  $\chi^2$  con las diversas tallas y la existencia o ausencia de los dos tipos de tendones, a fin de identificar tendencias a la aparición de los tendones según el tamaño. El otro método consiste en la utilización del Test de Cambios Concentrados con una filogenia preestablecida (Benton, 2005) y los diversos caracteres: talla, modo de locomoción,

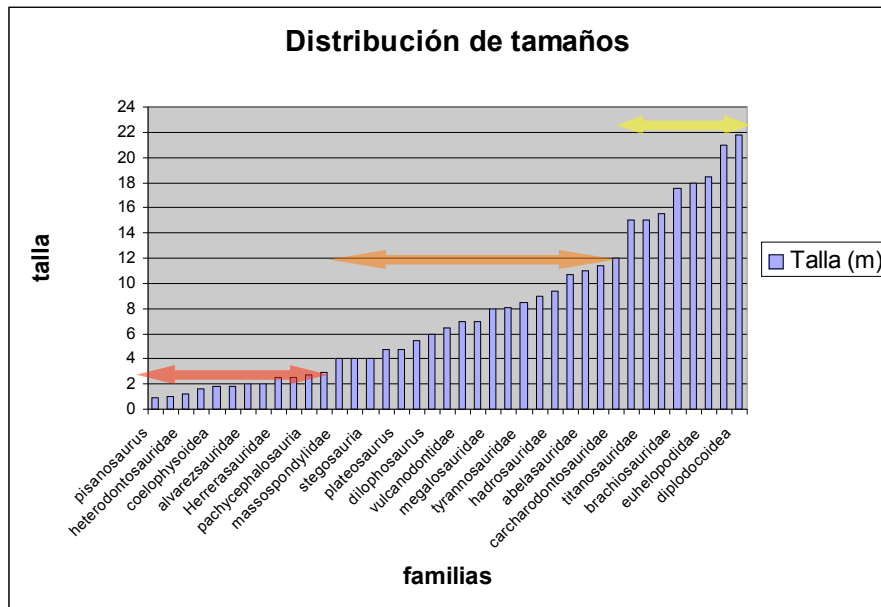


Gráfico 1: Distribución de las familias por tamaños usada en este trabajo.

	T. CAUDAL	T. DORSAL	TALLA PEQUEÑA(0-3M)	TALLA MEDIANA(3-12M)	TALLA GRANDE(>12M)	TALLA (M)	BIPEDISMO	GASTRALIA
Herrerasauridae	0	0	1	0	0	2.5	1	0
Coelophysoidea	0	0	1	0	0	1.8	1	1
Dilophosaurus	0	0	0	1	0	6	1	1
Ceratosauridae	0	1	0	1	0	4.75	1	1
Abelasauridae	0	0	0	1	0	11	1	1
Megalosauridae	0	0	0	1	0	8	1	1
Spinosauridae	0	0	0	0	1	15	1	1
Allosauridae	0	1	0	1	0	11.4	1	1
Carcharodontosauridae	0	0	0	1	0	12	1	1
Coeluridae	0	0	1	0	0	1.8	1	1
Tyrannosauridae	0	0	0	1	0	8.5	1	1
Ornithomimidae	0	0	0	0	1	15.5	1	1
Alvarezsauridae	0	0	1	0	0	2	1	1
Therizinosauridae	0	0	0	1	0	10.7	1	1
Troodontia	0	0	1	0	0	2	1	1
Dromaeosauridae	0	0	1	0	0	2.9	1	1
Aves	-	-	-	-	-	-	-	-
Thecodontosaurus	0	0	1	0	0	2.5	1	1
Plateosaurus	0	0	0	1	0	4.75	1	1
Riojasaurus	0	0	0	1	0	9	1	1
Massospondylidae	0	0	0	1	0	4	0	1
Vulcanodontidae	0	0	0	1	0	7	0	1
Euhelopodidae	0	0	0	0	1	18.5	0	?
Cetiosauridae	0	0	0	0	1	18	0	0
Diplodocoidea	0	0	0	0	1	21.75	0	0
Camarasauridae	0	1	0	0	1	21	0	0
Brachiosauridae	0	0	0	0	1	17.5	0	0
Titanosauridae	0	0	0	0	1	15	1	0
Pisanosaurus	1	1	1	0	0	0.9	1	0
Fabrosauridae	0	0	1	0	0	1	1	0
Scelidosaurus	0	0	0	1	0	4	1	0
Stegosauria	0	1	0	1	0	4	0	0
Ankilosauria	1	0	0	1	0	8.1	0	0
Pachycephalosauria	1	1	1	0	0	2.75	1	0
Ceratopsia	0	1	0	1	0	5.4	0	0
Heterodontosauridae	0	1	1	0	0	1.2	1	0
Hypsilophodontiae	1	1	1	0	0	1.65	1	0
Iguanodon	0	1	0	1	0	6.5	1	0
Ouranosaurus	0	1	0	1	0	7	1	0
Hadrosauridae	0	1	0	1	0	9.35	1	0

**Tabla 1.** Matriz de datos, con tallas tomadas para cada grupo, utilizada en este trabajo.

tendones osificados y gastralía. Este análisis nos permite observar en su conjunto la distribución de los caracteres en el filograma y establecer comparaciones entre ellos.

En el caso de los caracteres referentes a las aves, aunque presentes en las tablas y la filogenia no se han tenido en cuenta, esto se ha hecho debido a la enorme variabilidad de formas de los caracteres usados en este clado.

		talla pequeña(0-3m)		Total
		0	1	
Tendón	0	25	9	34
Caudal	1	2	3	5
Total		27	12	39
		P<0.001		$\chi^2=93.46$

		Talla mediana(3-12m)		Total
		0	1	
Tendón	0	15	13	28
	1	5	6	11
Total		20	19	39
		P>0.001		$\chi^2=86.69$

		Talla mediana(3-12m)		Total
		0	1	
Tendón	0	17	17	34
Caudal	1	3	2	5
Total		20	19	39
		P<0.001		$\chi^2=90.18$

		talla grande(>12m)		Total
		0	1	
Tendón	0	21	7	28
Dorsal	1	10	1	11
Total		31	8	39
		P<0.001		$\chi^2=90.18$

		talla grande(>12m)		Total
		0	1	
Tendón	0	26	8	34
Caudal	1	5	0	5
Total		31	8	39
		P<0.001		$\chi^2=94.64$

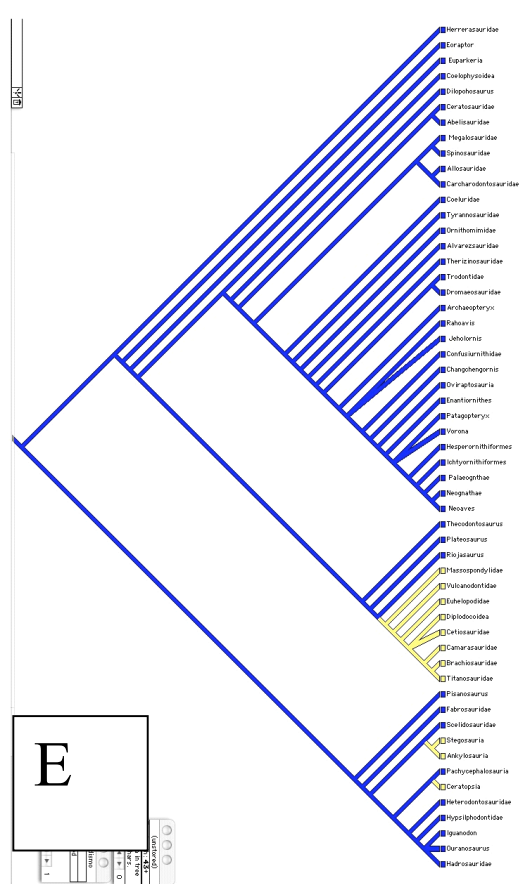
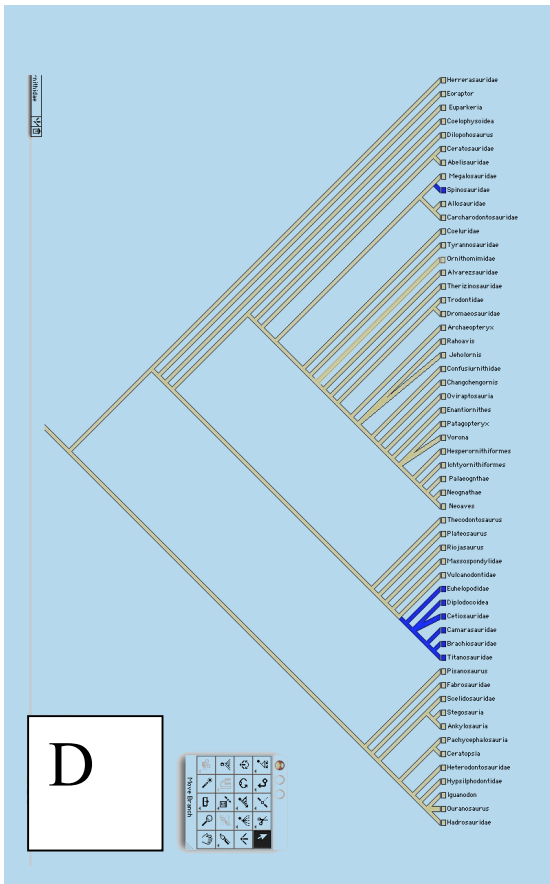
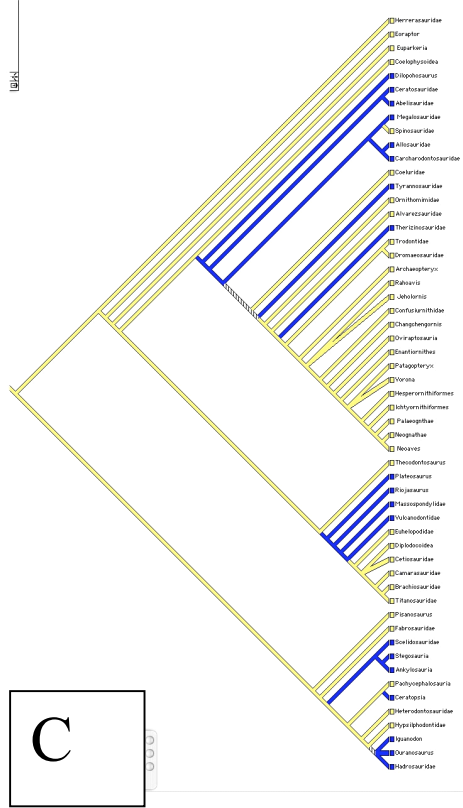
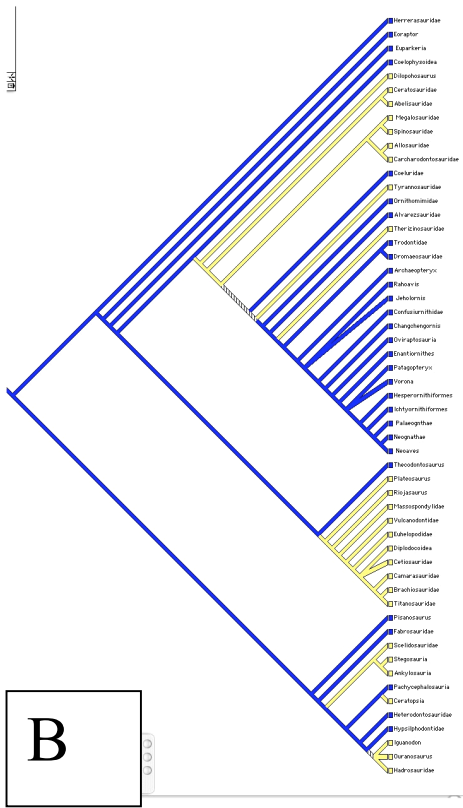
		Bipedismo		Total
		0	1	
Tendón	0	7	21	28
Dorsal	1	3	8	11
Total		10	29	39
		P<0.001		$\chi^2=89.46$

		talla pequeña(0-3m)		Total
		0	1	
Tendón	0	20	8	28
Dorsal	1	7	4	11
Total		27	12	39
		P>0.001		$\chi^2=88.59$

		Gastralia		Total
		0	1	
Tendón	0	8	19	27
Dorsal	1	11	1	12
Total		19	20	39
		P<0.001		$\chi^2=89.05$

Tabla 2 :Resultados del análisis  $\chi^2$







La comparación entre presencia de tendones osificados y gastralia nos muestra una distribución divergente, siendo salvo excepciones puntuales, un carácter exclusivo de la aparición del otro. Las excepciones a esta tendencia las constituyen grupos que generalmente no desarrollan osificación intratendinosa (Allosauridae, Ceratosauridae) y que han sido tomados en este estudio como característicos aunque solo estuvieran presentes en algún ejemplar. De nuevo convendría una revisión de estos ejemplares problemáticos para poder conocer las características exactas de su aparición así como las posibles causas.

Los tendones caudales se sitúan muy próximos en la filogenia (ver figura 1F), y su comparación con el resto de caracteres no permite distinguir ningún tipo de relación.

### **Bibliografía:**

- Adams, J. S. y Organ, C. L. 2005. Histologic determination of ontogenetic patterns and processes in hadrosaurian ossified tendons. *Journal of Vertebrate Paleontology*
- Benton, M. J. 2005. *Vertebrate Palaeontology*. Blackwell Publishing. 2005.
- Benton, M. J. 2005. *Enciclopedia de los dinosaurios y la vida prehistórica* Ed. Espasa.
- Holmes R. y Organ C. 2007. An ossified tendon trellis in *Chasmosaurus* (Ornithomimidae: ceratopsidae) *Journal of Paleontology*.
- Marshall C. L. y Organ C. L. 2001. Re-examination of ossified tendons in ornithomimids. *Journal of Vertebrate Paleontology*.
- Norman D. y Sibbick J. *Atlas ilustrado de los dinosaurios*. Ed Susaeta. Madrid
- Organ C.L. 2006. Biomechanics of ossified tendons in ornithomimid dinosaurs. *Paleobiology*,
- Organ C. L. y Adams J. 2005. The histology of ossified tendon in dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*.
- Organ, C. L. y Adams, J. S. 2005. The histology of ossified tendon in dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*.
- Moodie, R. L. 1928. The histological nature of ossified tendons found in dinosaurs. *American Museum Novitates*.

### **Agradecimientos**

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a Nieves López y Manuel Fernández por sus consejos y tutorías, imprescindibles para realizar este trabajo. A José Ignacio Canudo y a José Luis Sanz por facilitarme la búsqueda bibliográfica. También a Michael Organ por su ayuda desinteresada y por permitirme el acceso a sus trabajos. Finalmente cabe mencionar al resto de mis compañeros de curso, especialmente a Edouardo Segnoura por su contagioso entusiasmo al desarrollar algunos aspectos de este trabajo, así como por su ayuda con el material informático.

Sereno P. C., Wilson J. A. y Conrad J. L. 2003. New dinosaur link southern landmasses in the Mid-Cretaceous.

Sereno, P. C. 1997 The origin and evolution of dinosaurs *Annual. Reviews Earth Planetary Sciences*.

Susannah C. R., Wei G. y Norman D. B. 2006. Re-description of the postcranial skeleton of the Middle Jurassic stegosaur *Huayangosaurus taibaii*. *Journal of Vertebrate Paleontology*

Weishampel D.B., Dodson P., Osmólska H, eds. 1990. *The Dinosauria*. Berkeley: Univ. California Press.

### **Internet:**

- Natural History museum, 2007: <http://www.nhm.ac.uk/>
- Enchanted learning, 2007  
:<http://www.enchantedlearning.com/subjects/dinosaurs/anatomy/Size.shtml>
- North Carolina State University, 2007:  
[http://www4.ncsu.edu/~rjpatchu/paleobiology/Dino\\_Osteology/lect3.html](http://www4.ncsu.edu/~rjpatchu/paleobiology/Dino_Osteology/lect3.html)
- Dinobase in University of Bristol, 2007  
<http://palaeo.gly.bris.ac.uk/dinobase/dinomen u.html>
- Dinodata 2007. <http://www.dinodata.net>