

# Clase

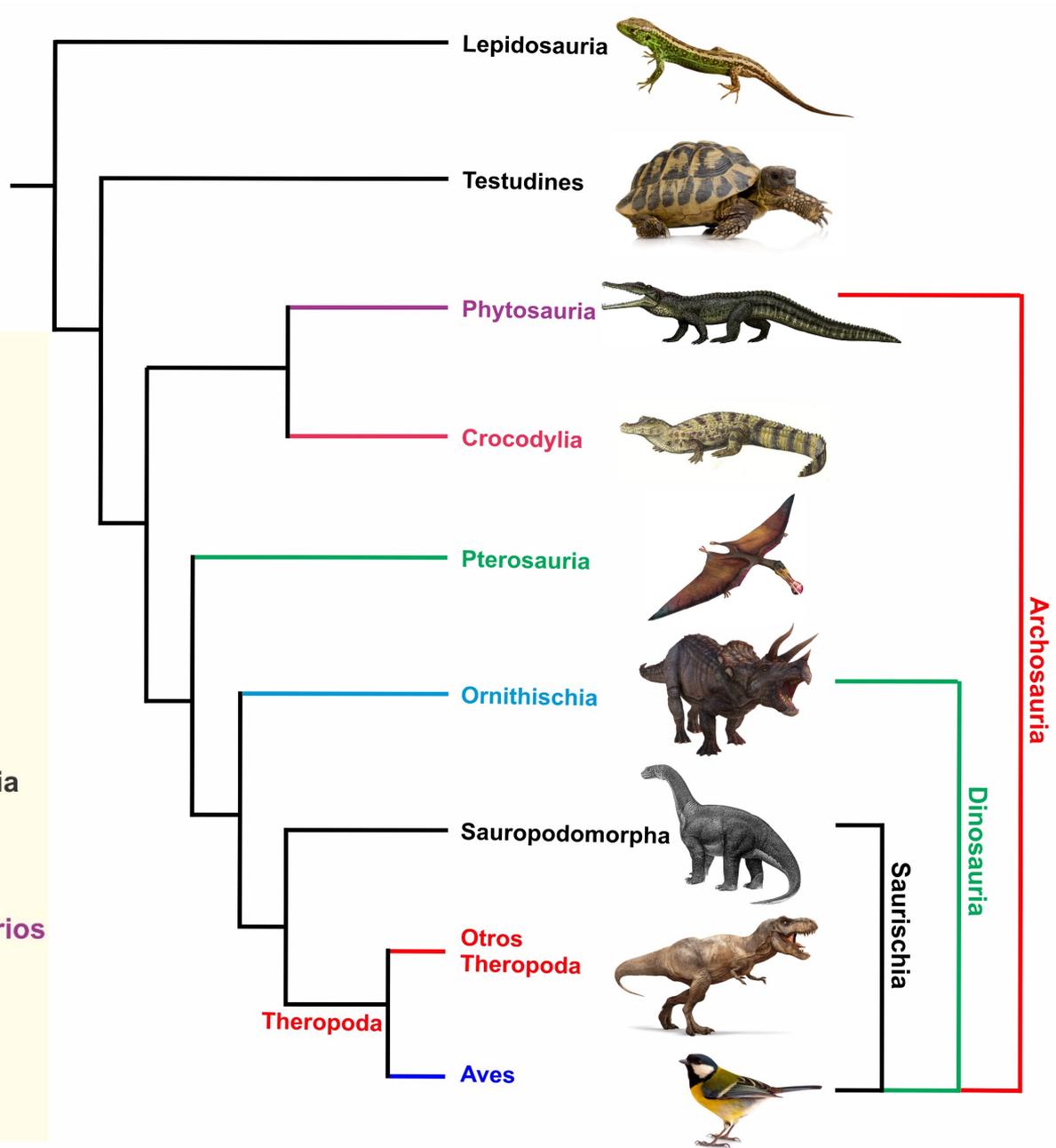
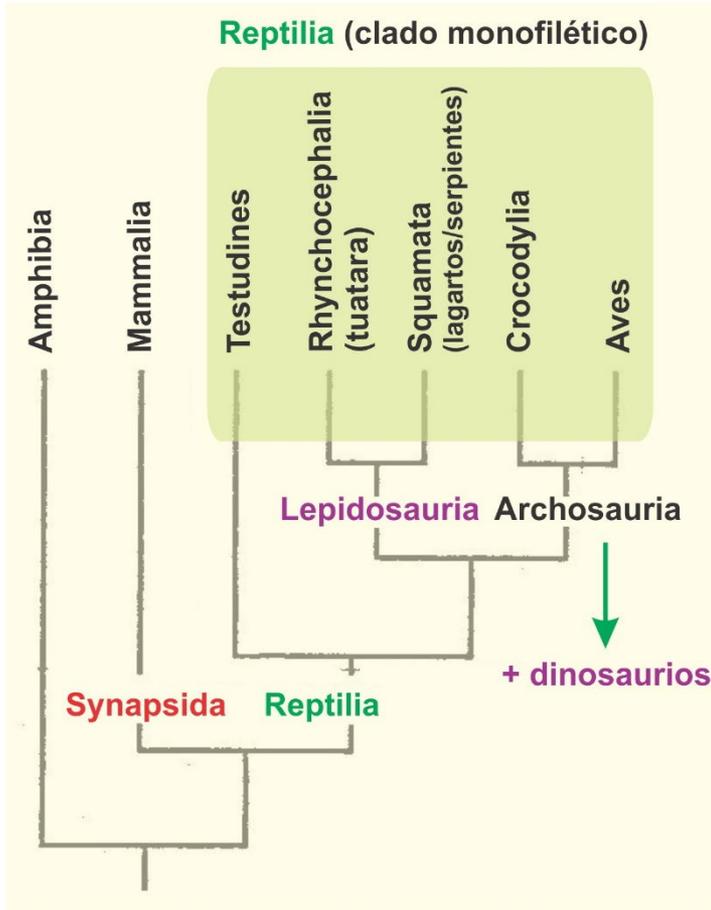


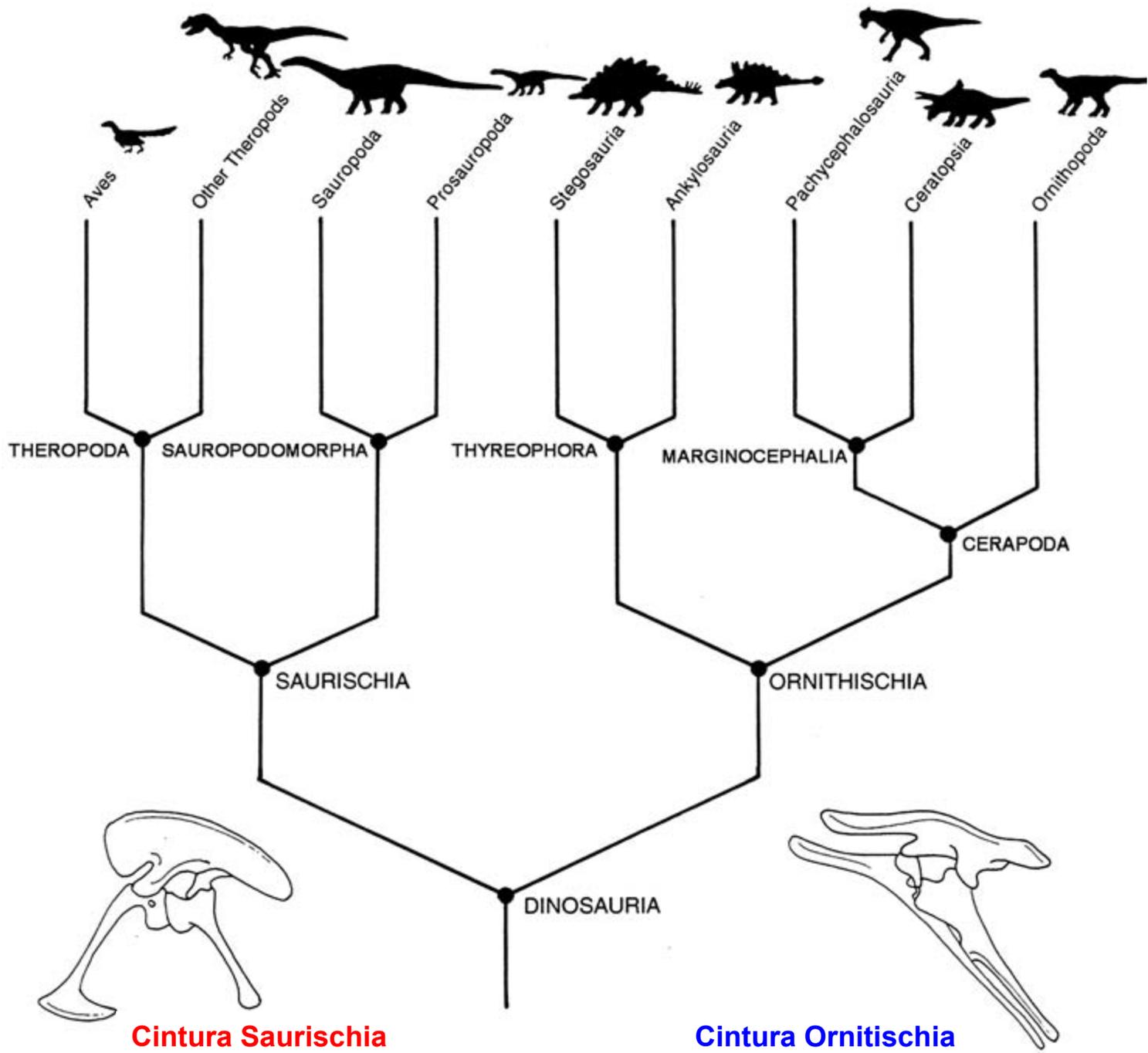
# Aves

Tema 5.9

*Bernardo Lopez*

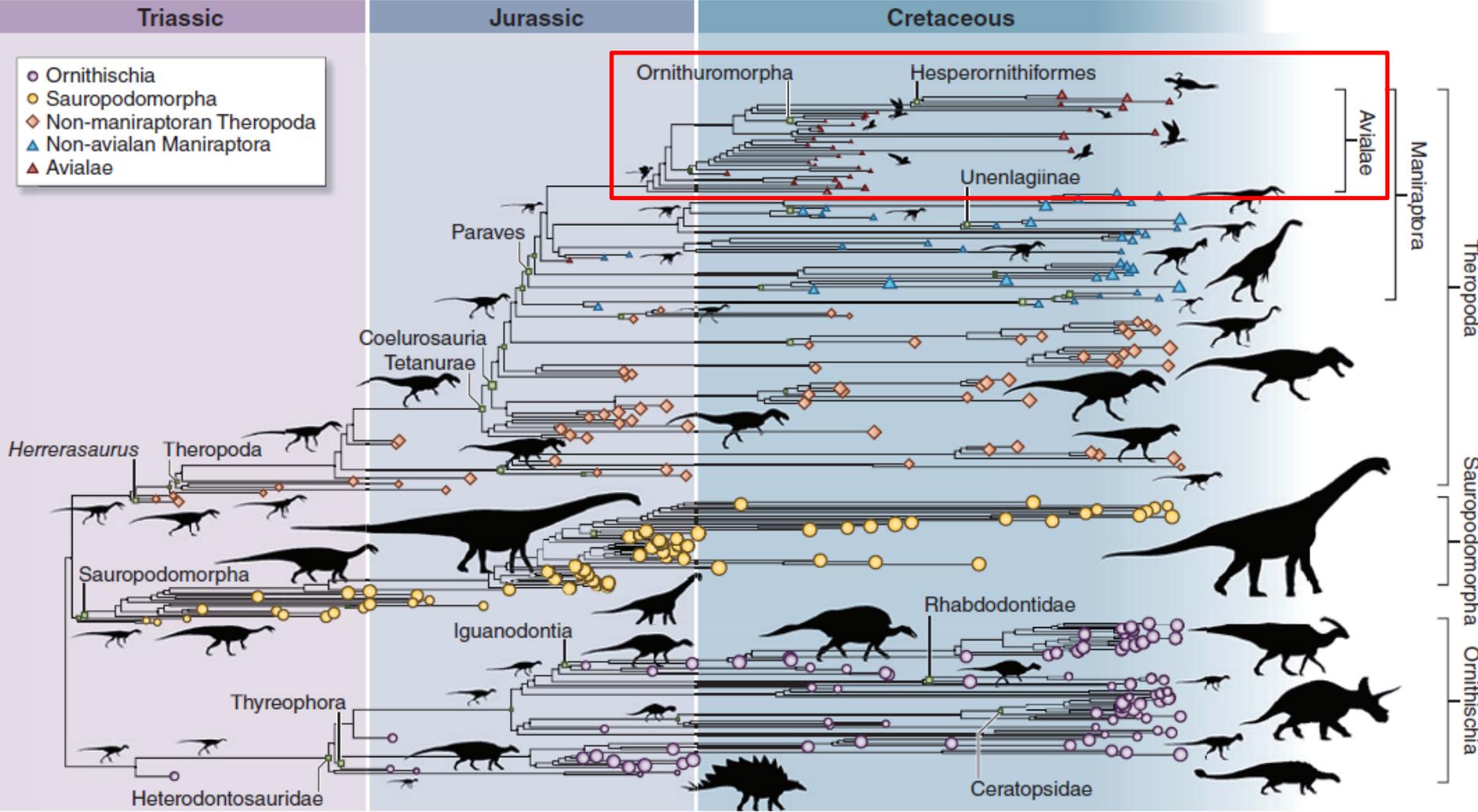
# Aves en el contexto histórico





**Cintura Saurischia**

**Cintura Ornitischia**



Benson et al. (2014), Rates of dinosaur body mass evolution indicate 170 million years of sustained ecological innovation on the avian stem lineage. *PLoS Biology* 12:e1001896

# Evidencias de Theropoda (Dinosauria: Saurischia) como ancestros de aves

1. Similitudes comportamentales
2. Similitudes osteológicas
3. Filogenia
4. Registro fósil: dinosaurios emplumados del Jurásico

# 1. Comportamiento

- 2. Osteología
- 3. Filogenia
- 4. Evidencia de plumas en el registro fósil

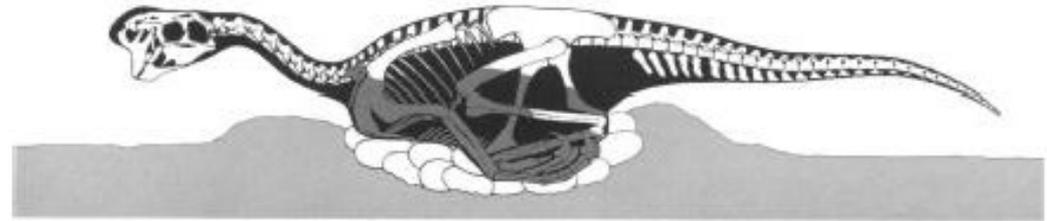
**Oviraptosaurios (Theropoda) con comportamientos similares a los de las aves:** complejo comportamiento de anidación y cuidado parental



*Beibeilong sinensis*

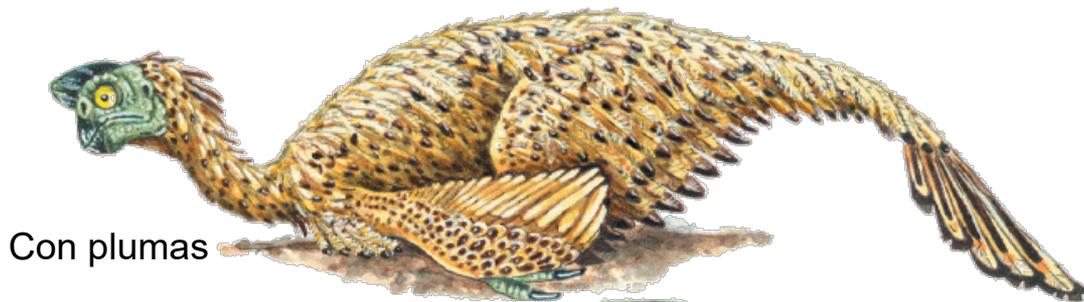
Avestruz anidando



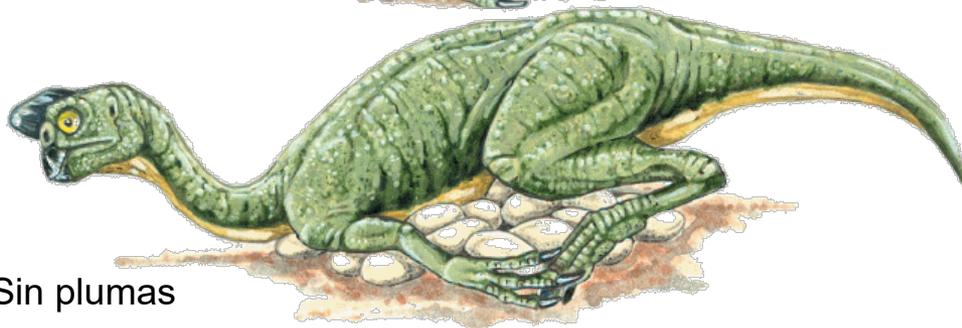


*Oviraptor* (Theropoda) muerto mientras estaba “empollando”

Norell et al. 1995. A nesting dinosaur. Nature 378: 774-776



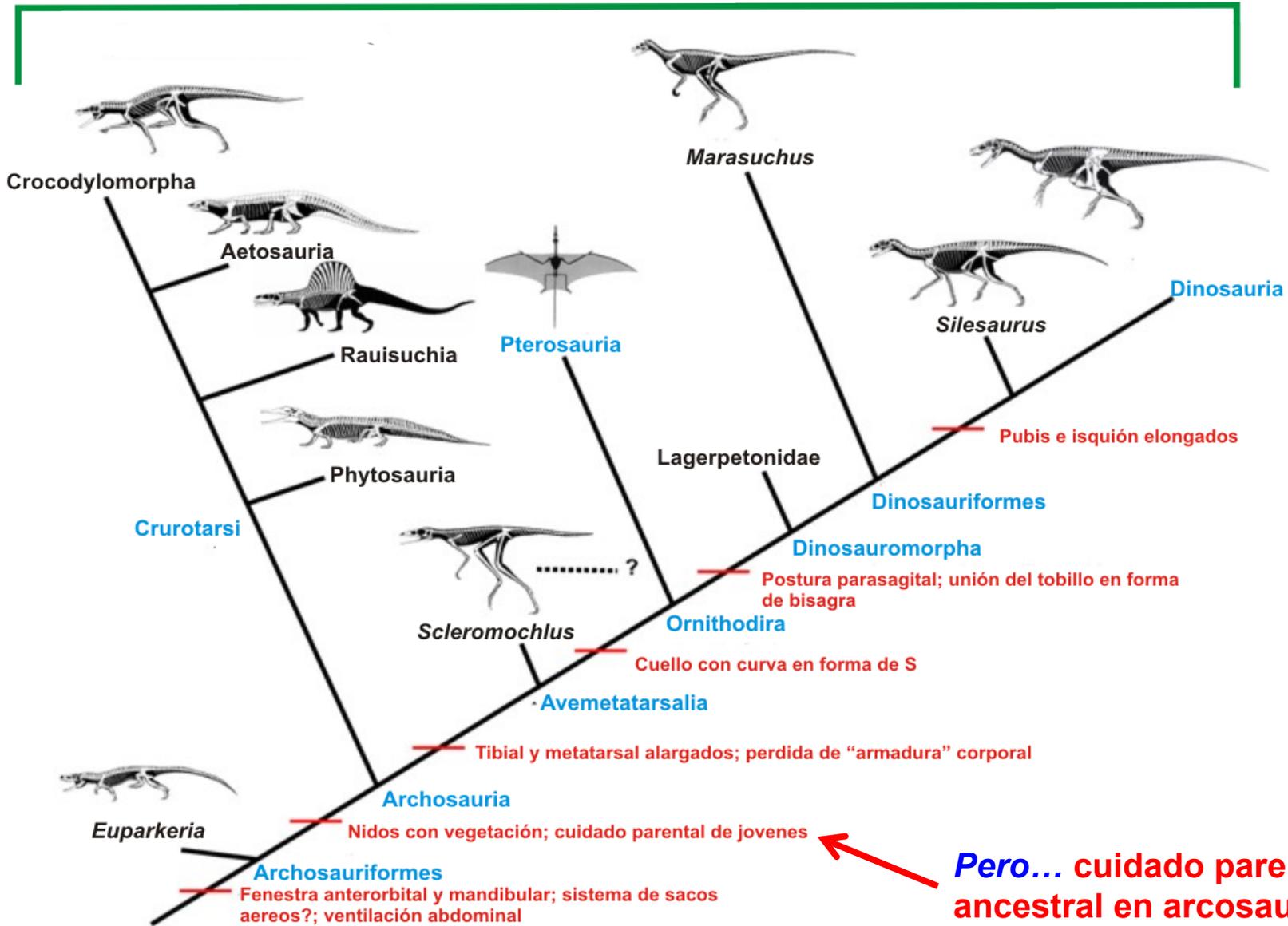
Con plumas



Sin plumas

*Nomingia gobiensis*  
(Oviraptosauria; Caenagnathidae)  
“empollando”

# Archosauria



**Pero... cuidado parental es ancestral en archosaurios**

## Tres terópodos candidatos

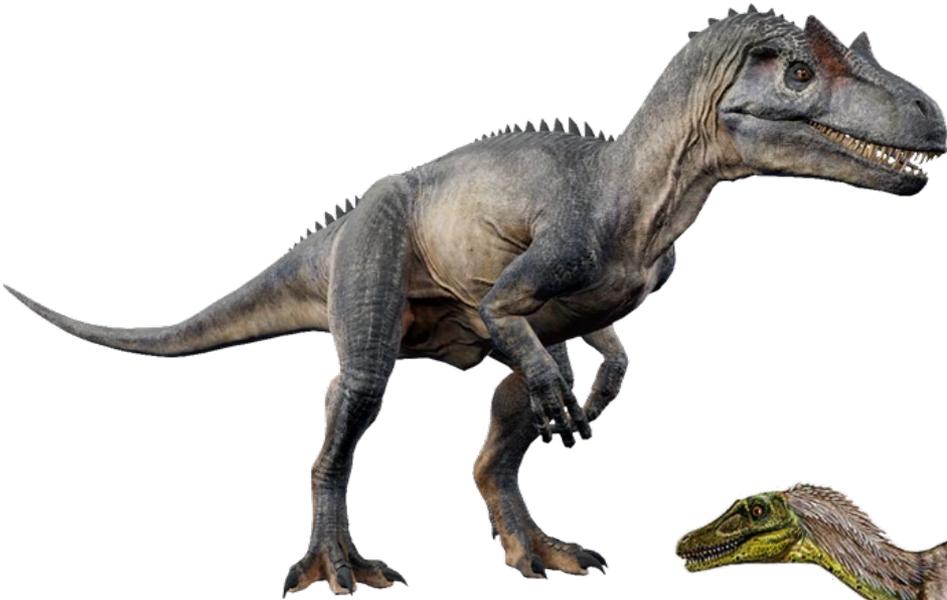
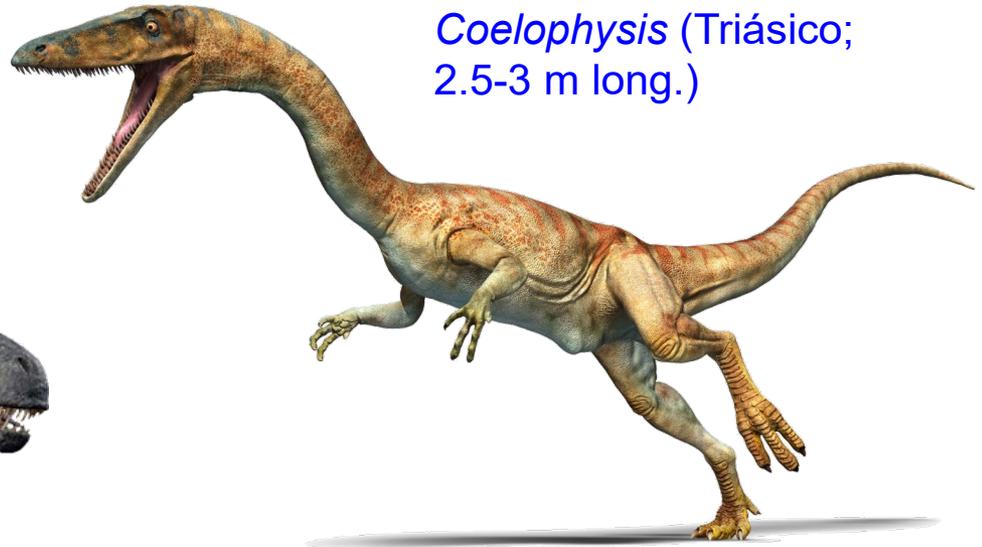
1. Comportamiento

**2. Osteología**

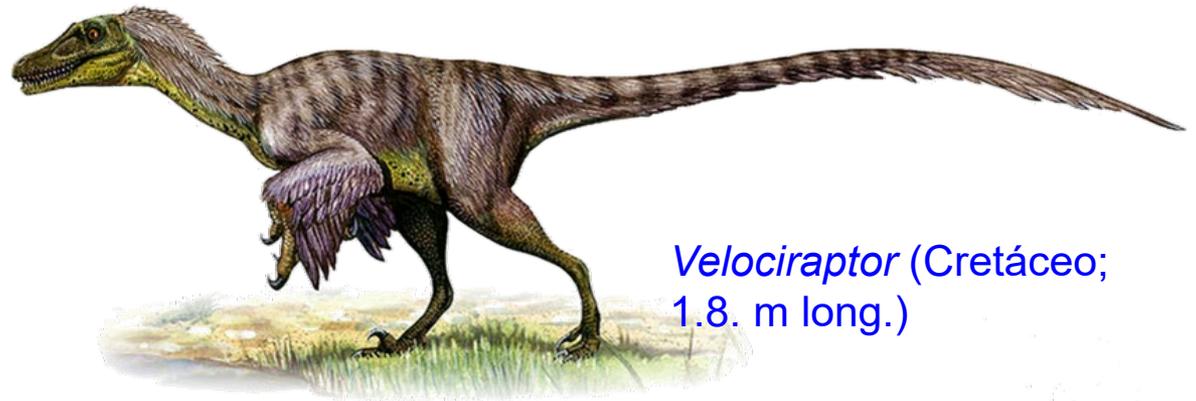
3. Filogenia

4. Evidencia de plumas en el registro fósil

*Coelophysis* (Triásico;  
2.5-3 m long.)

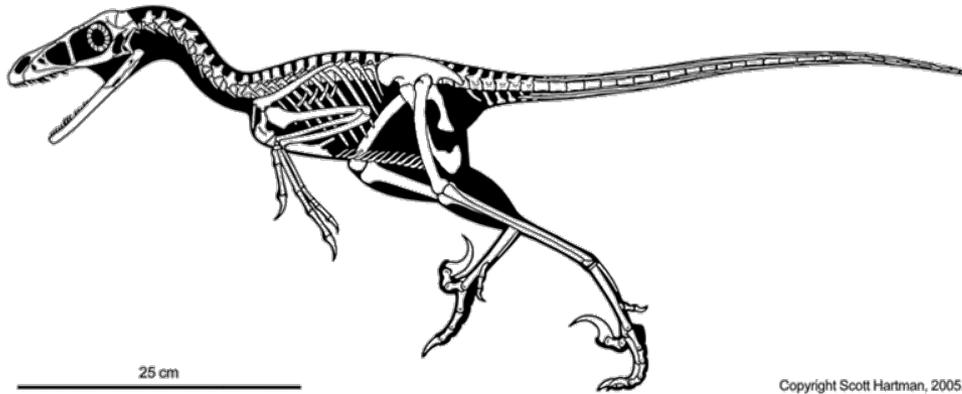


*Allosaurus* (Jurásico;  
8-13 m long.)



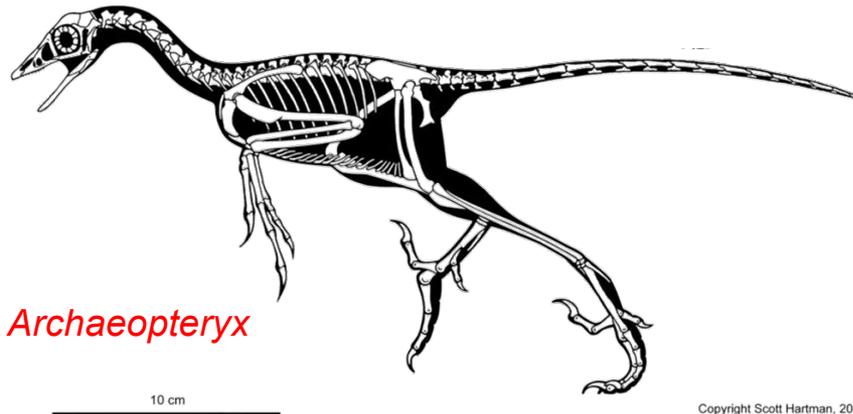
*Velociraptor* (Cretáceo;  
1.8. m long.)

# Osteológicamente, ¿qué es un ave frente a los “dinosaurios”?



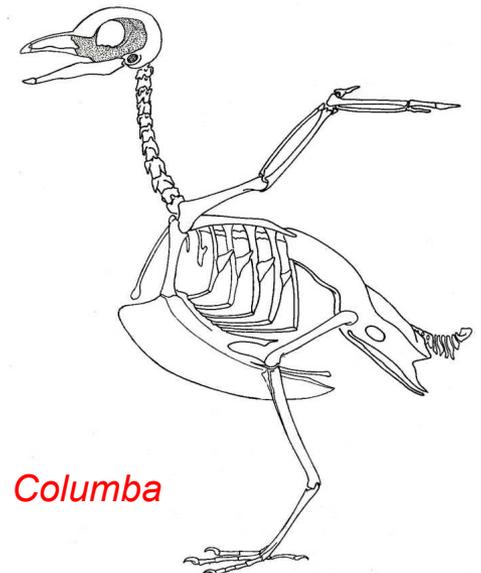
Copyright Scott Hartman, 2005.

*Bambiraptor*



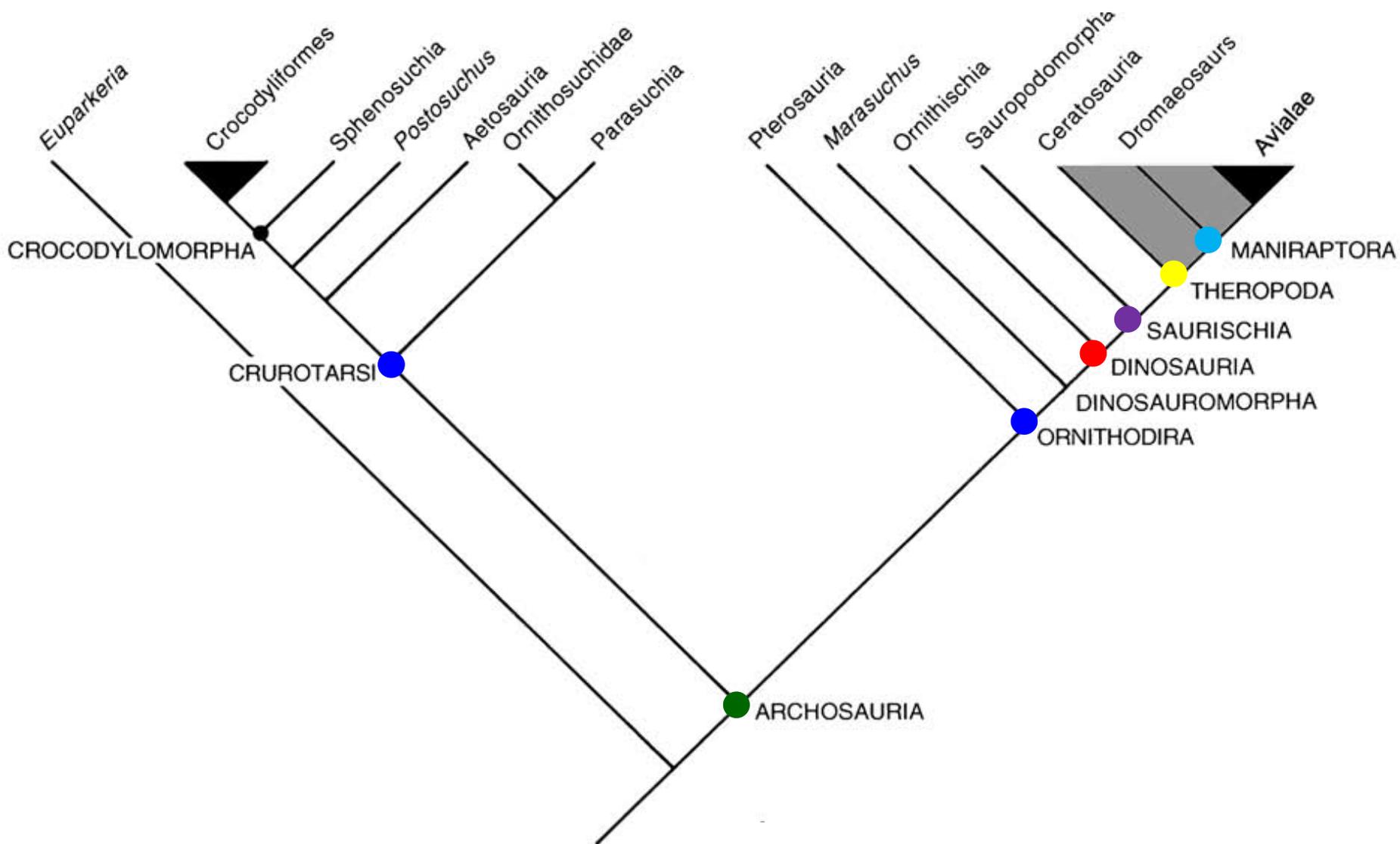
*Archaeopteryx*

Copyright Scott Hartman, 2006.



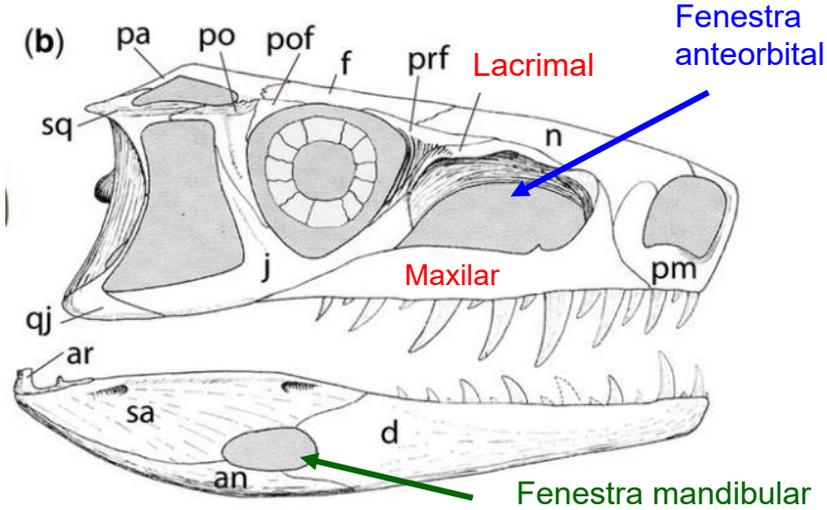
*Columba*

# Sistemática de Archosauria

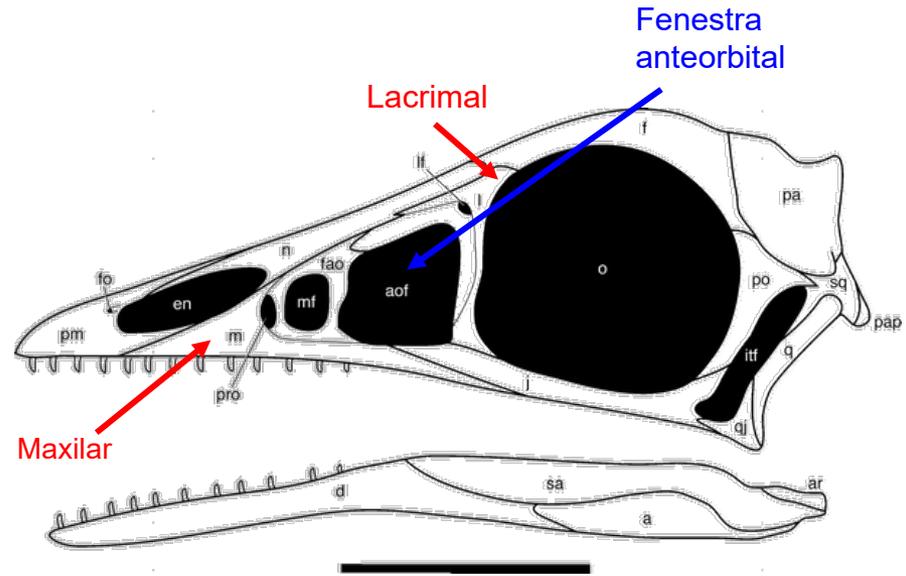


Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

# Relación Archosauria – Aves

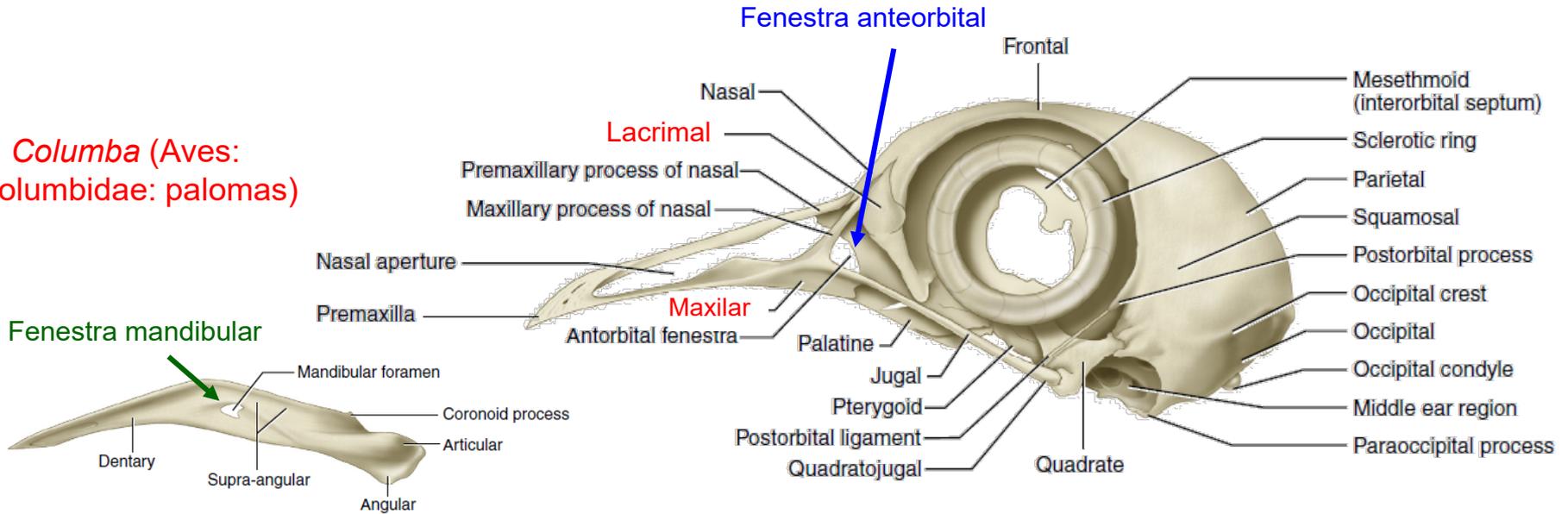


1. *Euparkeria* (Archosauria no-dinosaurio)



2. *Archaeopteryx* (Archosauria Avialae: Aves)

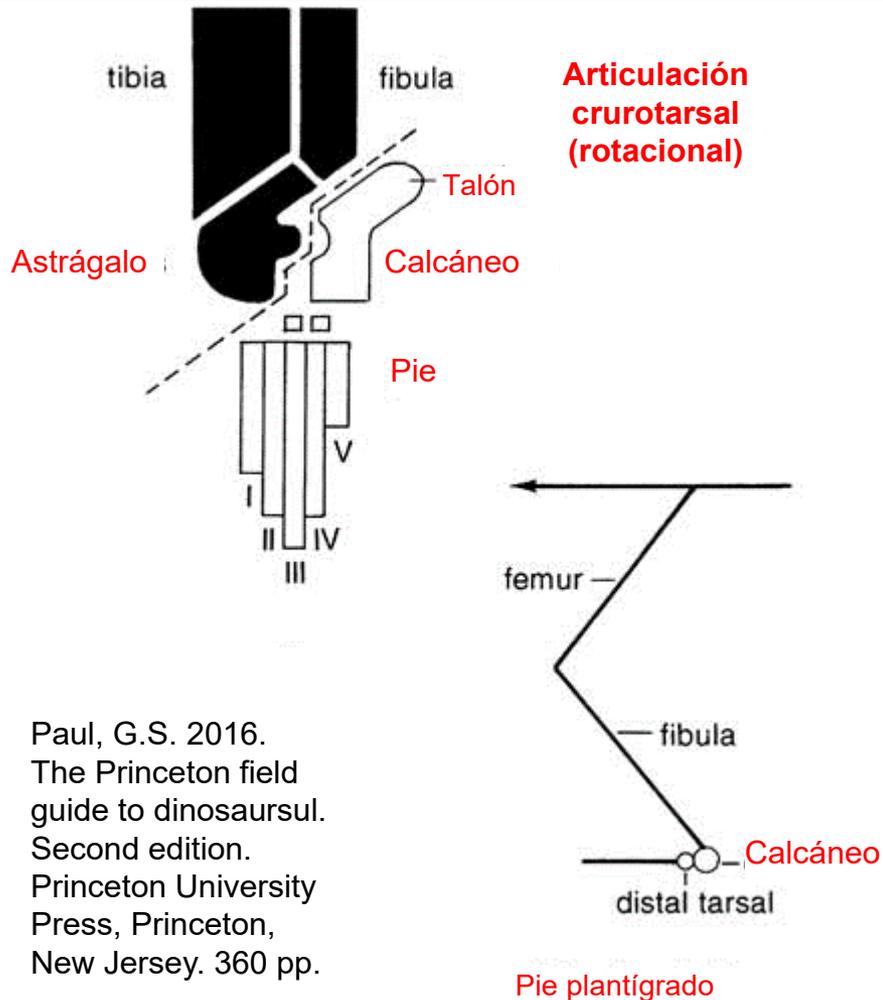
3. *Columba* (Aves: Columbidae: palomas)



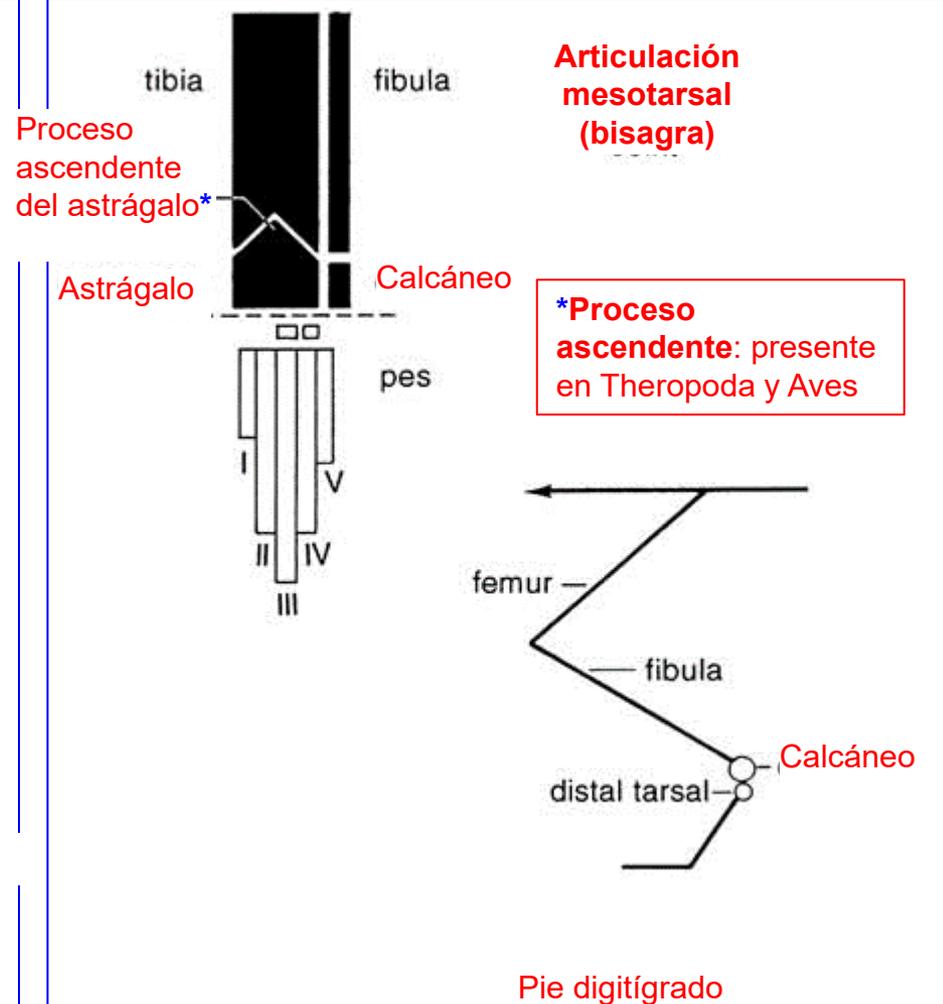
# Relación Ornithodira – Dinosauria – Aves

## Diferencias en la articulación del tobillo con el pie

### 1. Archosauria: **Crurotarsi** (crocodilias y parientes)



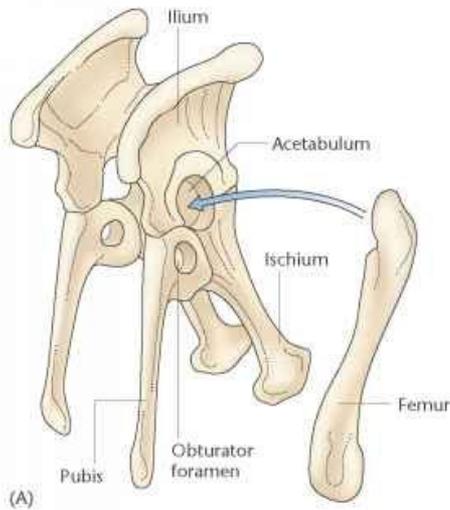
### 2. Archosauria: **Ornithodira** (pterosaurios, dinosaurios, aves)



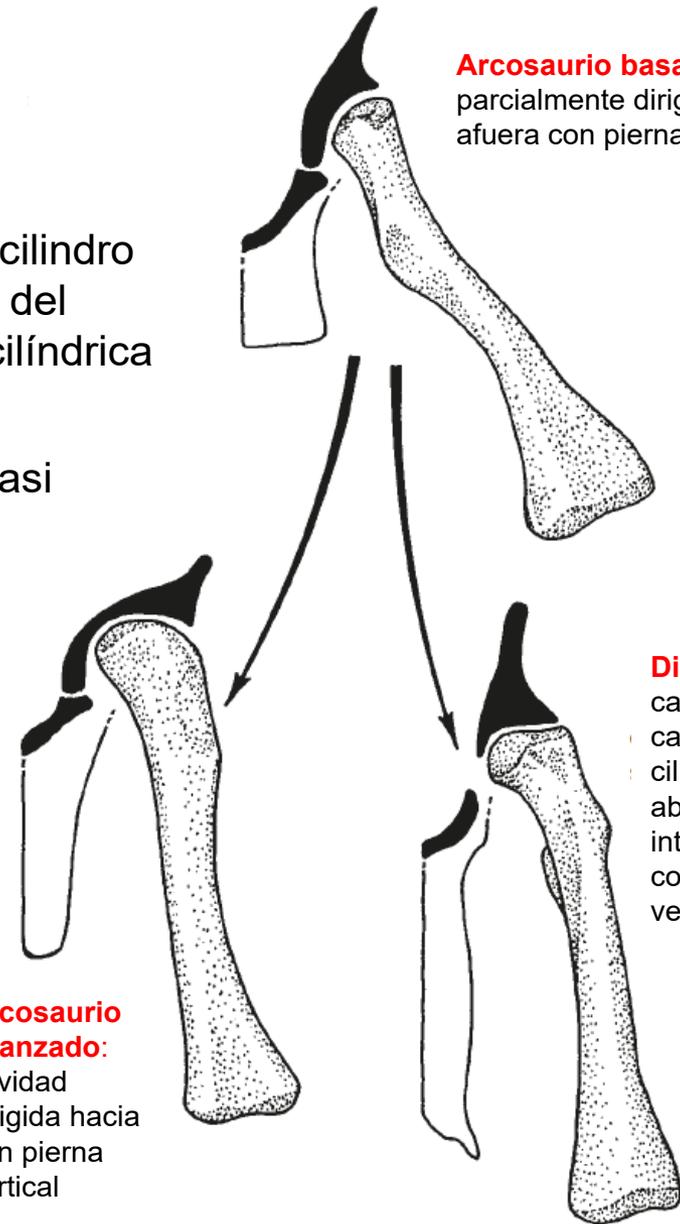
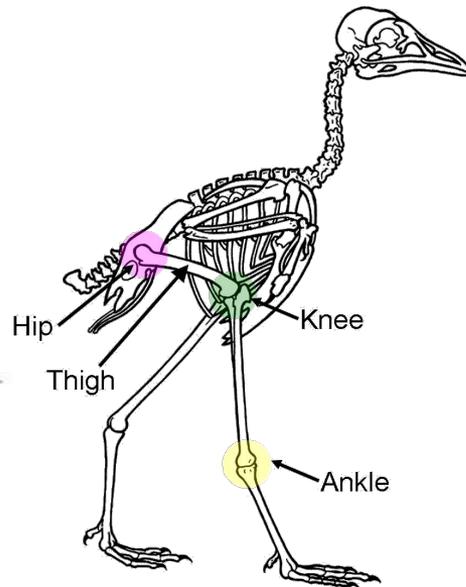
# Relación Dinosauria – Aves

## Característica principal Dinosauria

- **Cavidad de la cadera:** cabeza del fémur es un cilindro girado en ángulo recto con respecto a la diáfisis del fémur que encaja en una cavidad de la cadera cilíndrica internamente abierta
- ✓ Permite que las piernas operen en el plano casi vertical característico del grupo, con los pies directamente debajo del cuerpo



**Cintura pélvica Saurischia**  
(pubis hacia adelante)

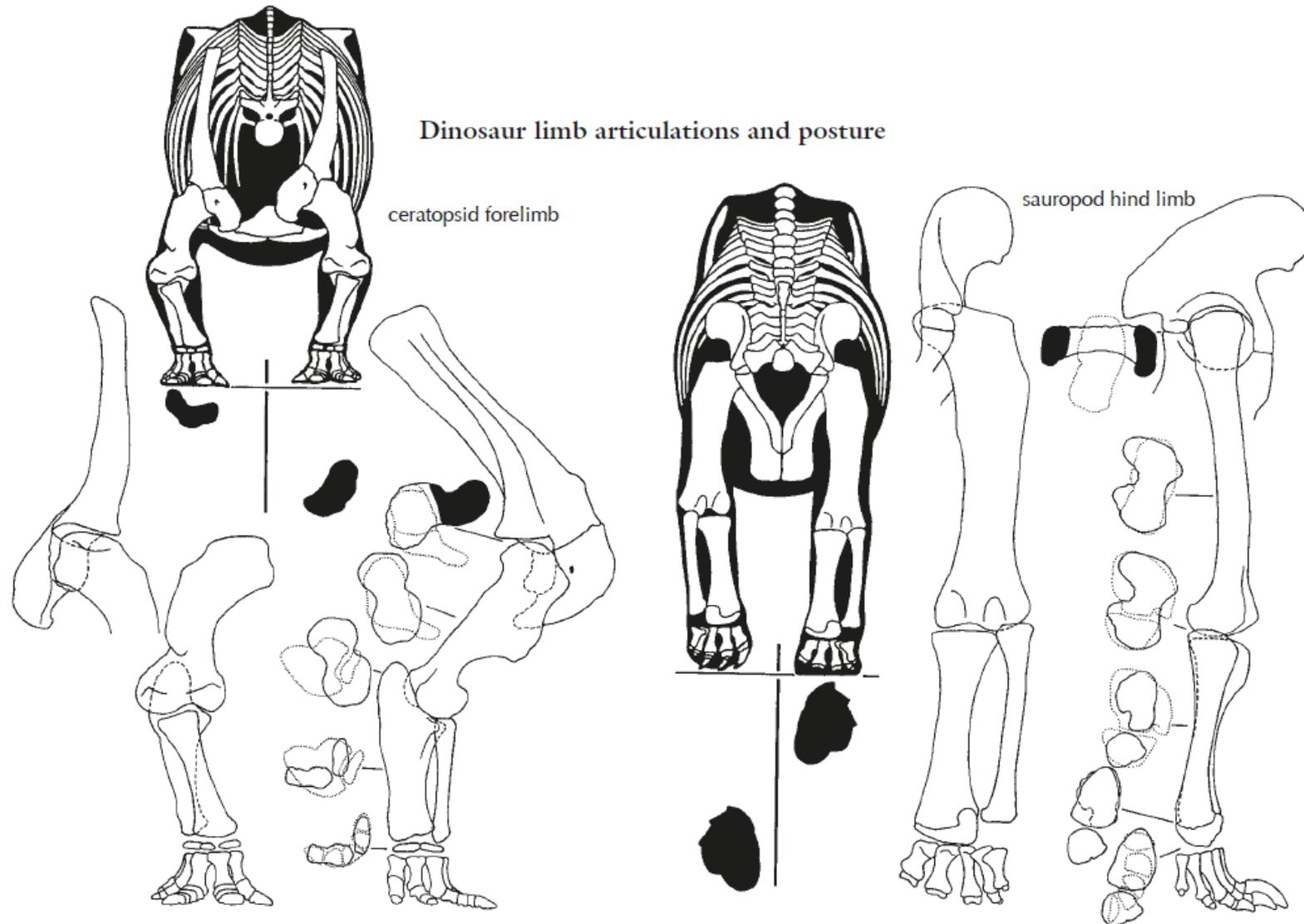


**Arcosaurio basal:** cavidad parcialmente dirigida hacia afuera con pierna semierecta

**Dinosaurio:** cavidad de la cadera cilíndrica y abierta internamente con pierna vertical

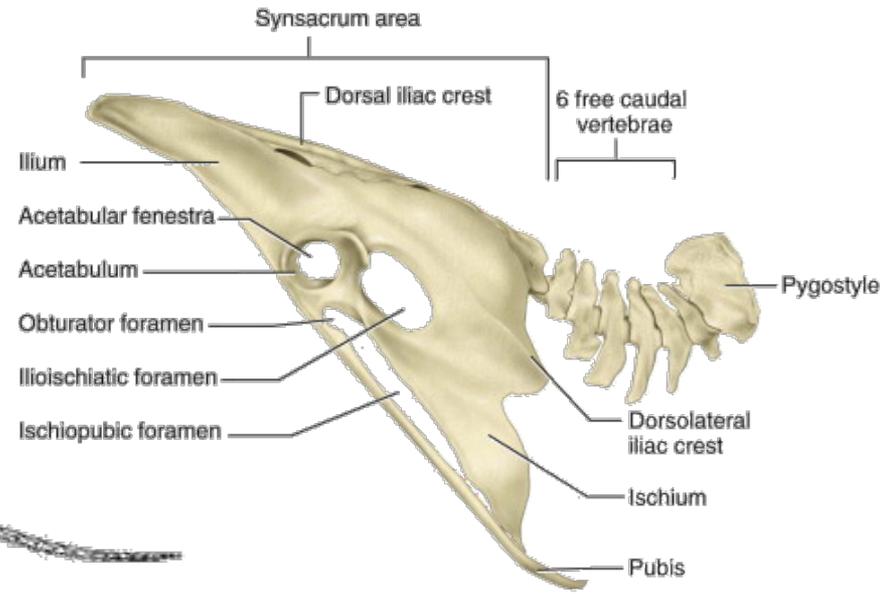
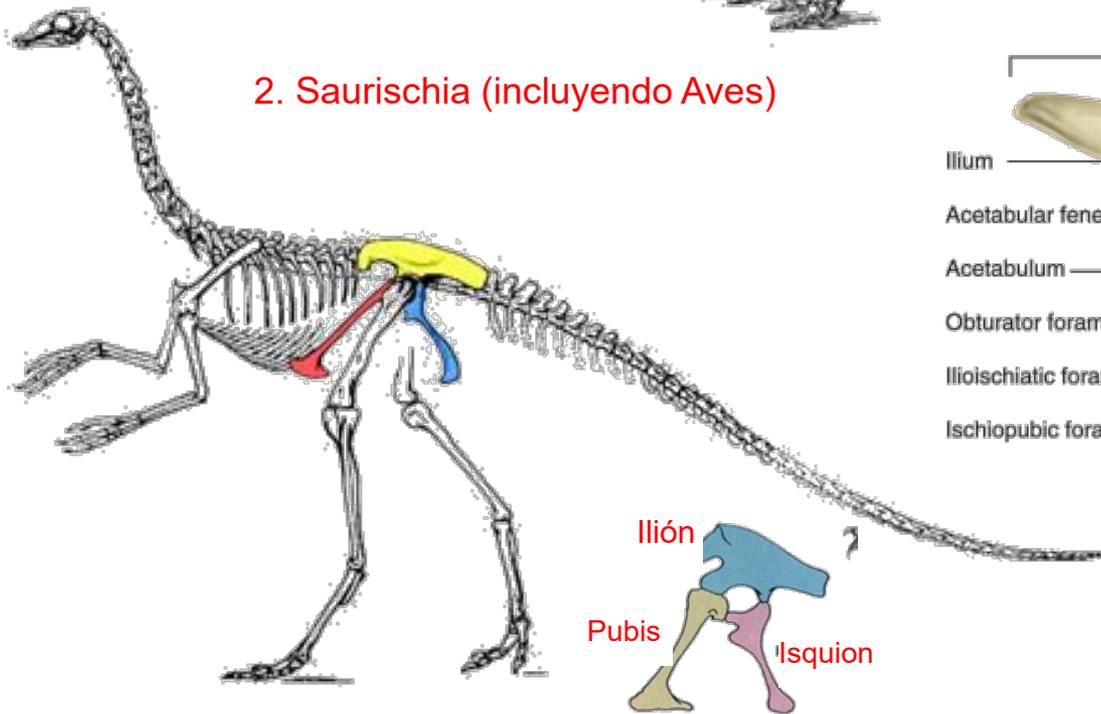
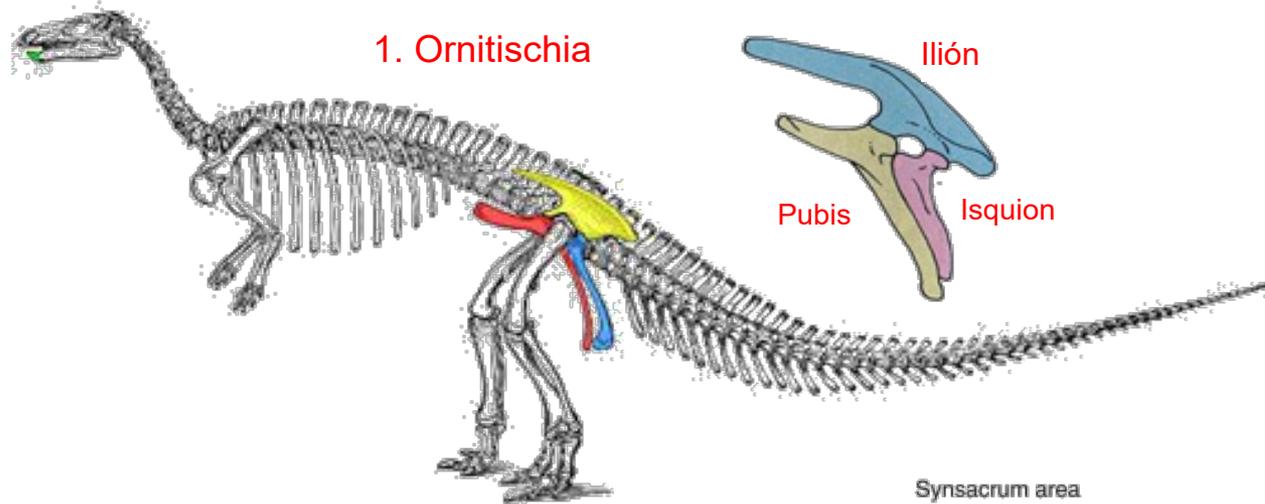
**Arcosaurio avanzado:** cavidad dirigida hacia con pierna vertical

# Dinosauria: posición vertical extremidades y debajo del cuerpo; pies digitígrados



# Relación Saurischia (Dinosauria) – Aves

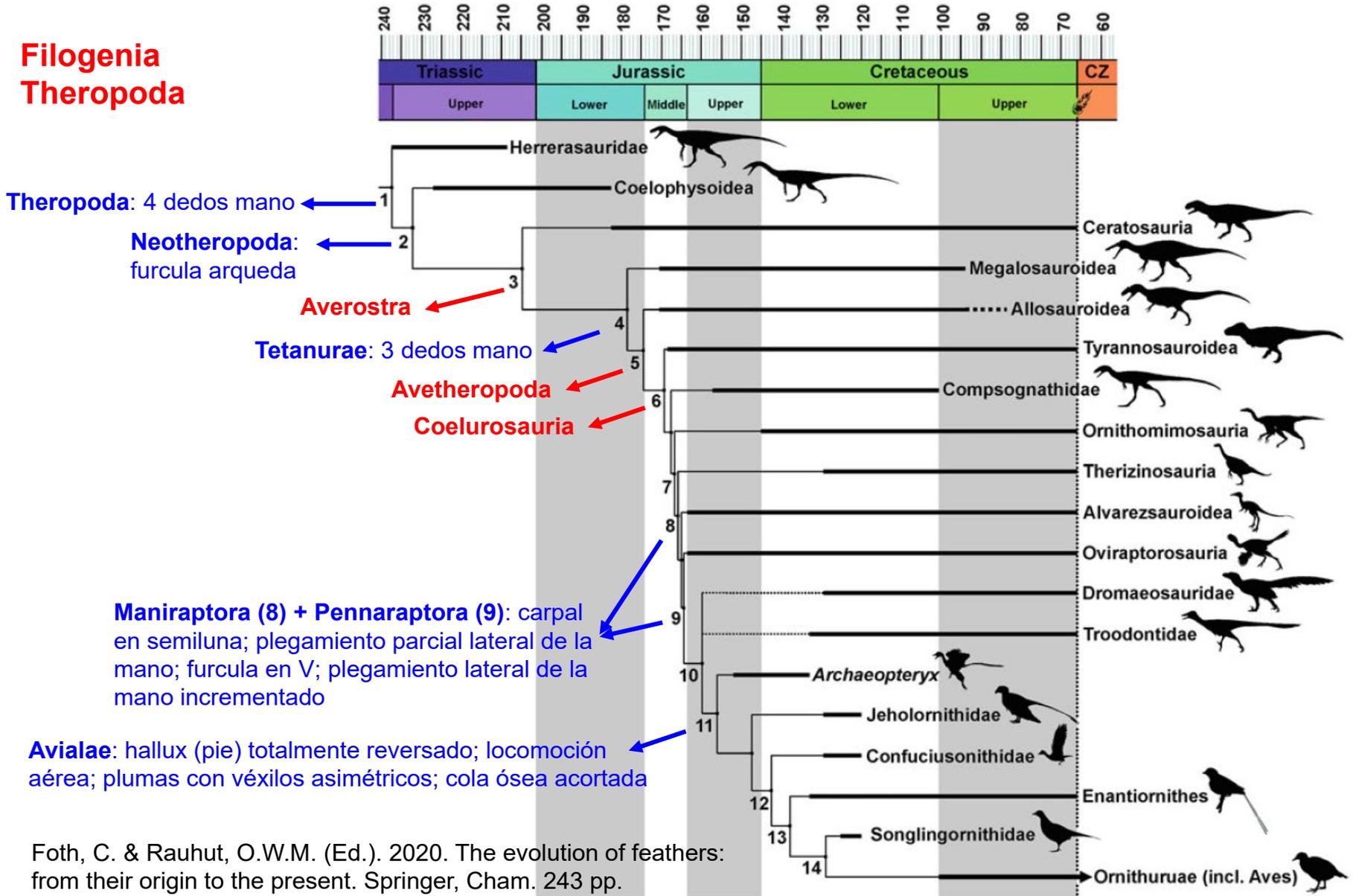
Tipo de cintura pélvica



Aves

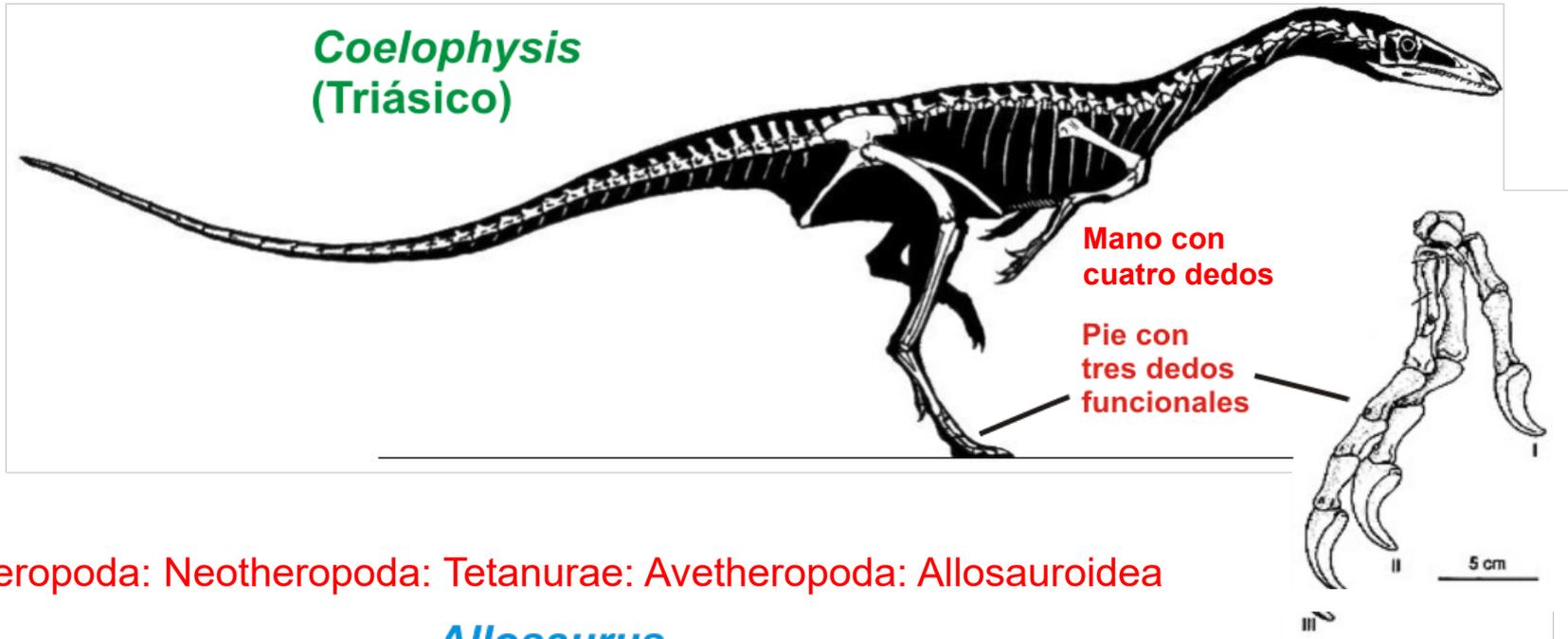
# Relación Theropoda (Saurischia: Dinosauria) – Aves

## Filogenia Theropoda

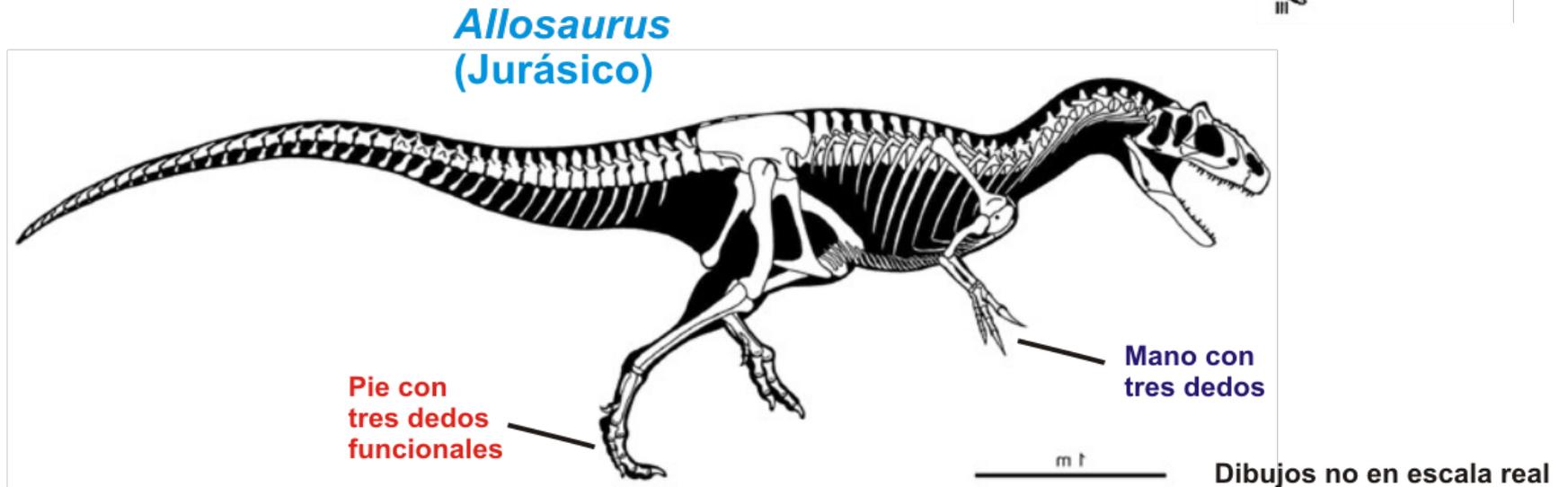


Foth, C. & Rauhut, O.W.M. (Ed.). 2020. The evolution of feathers: from their origin to the present. Springer, Cham. 243 pp.

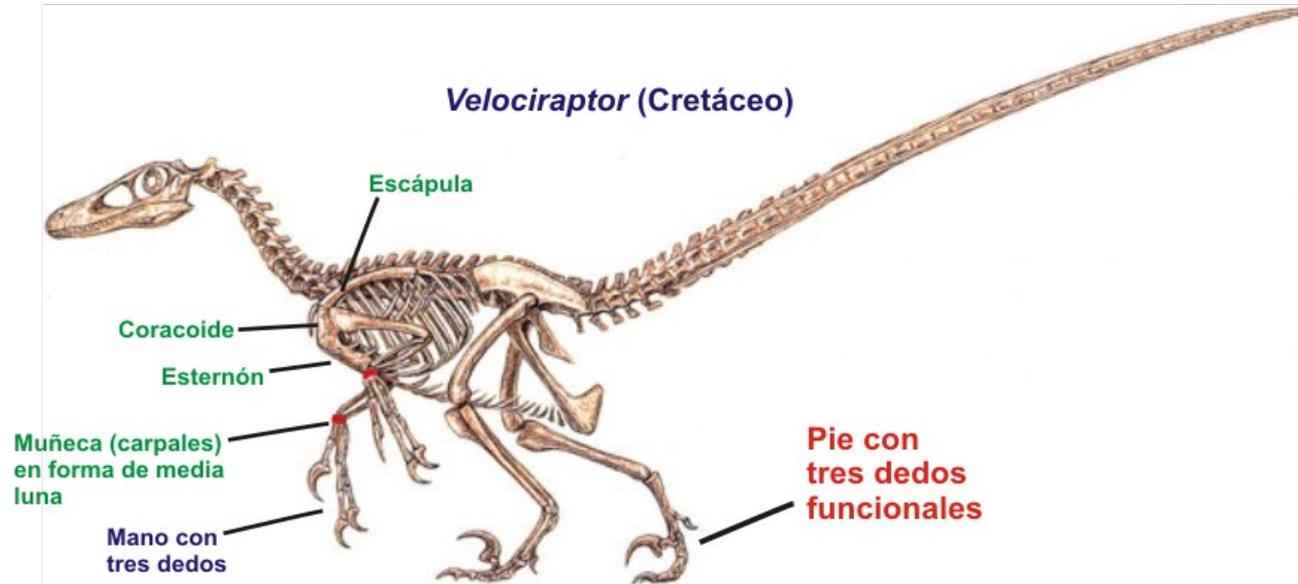
Theropoda: Neotheropoda: Coelophysoidea



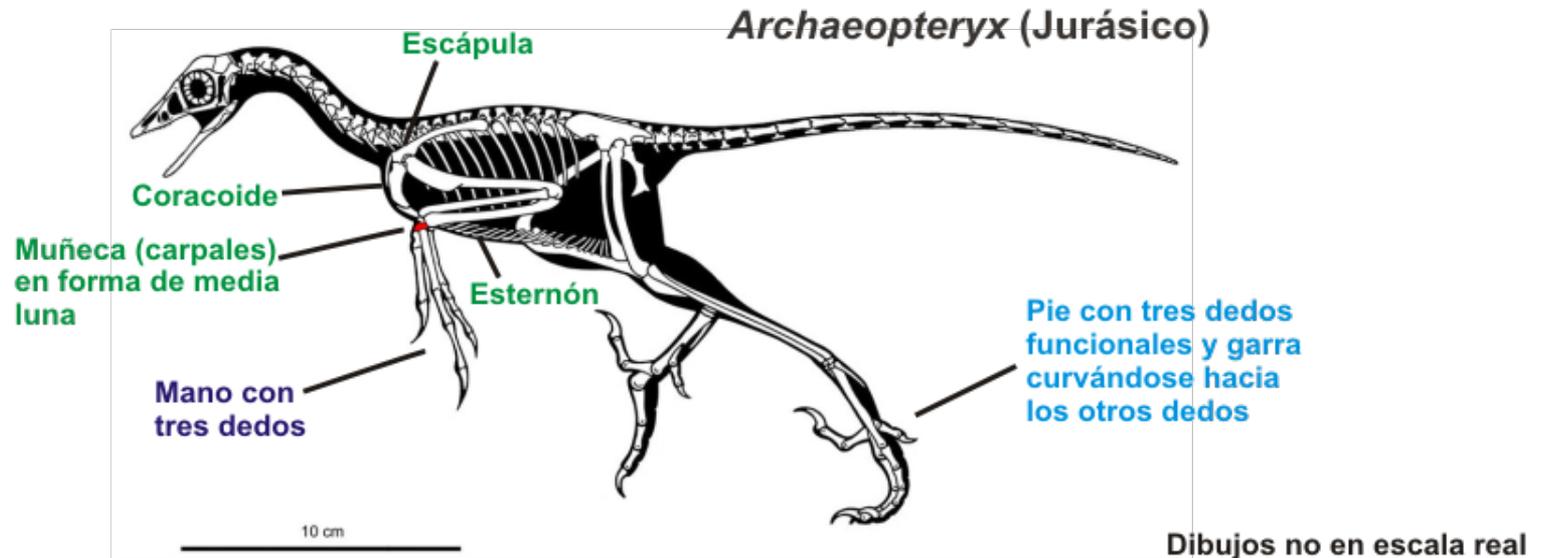
Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Allosauroidea



Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Coelurosauria: Maniraptora

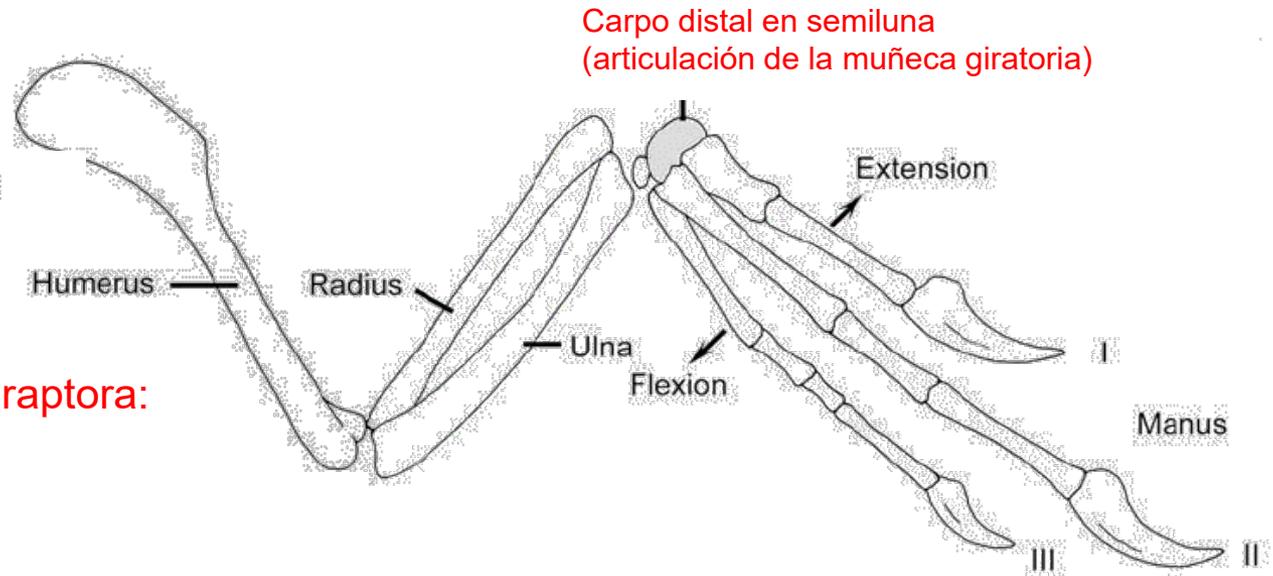


Theropoda: Neotheropoda: Tetanurae: Avetheropoda: Coelurosauria: Maniraptora: Avialae



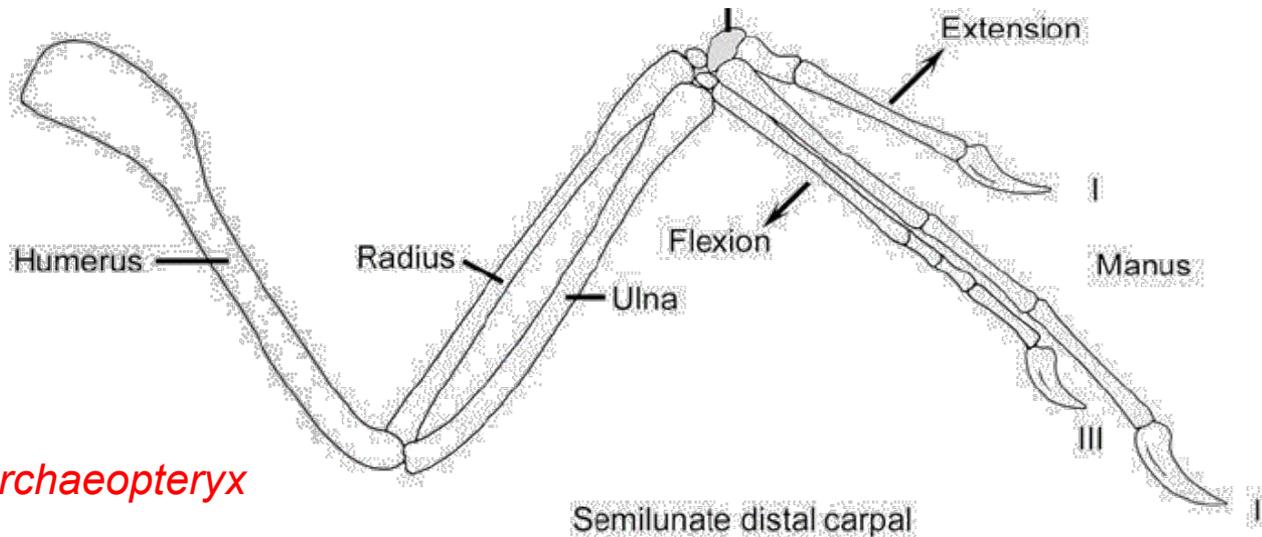
## Muñeca giratoria (carpo distal semilunar)

*Deinonychus* (Maniraptora:  
Dromaeosauridae)



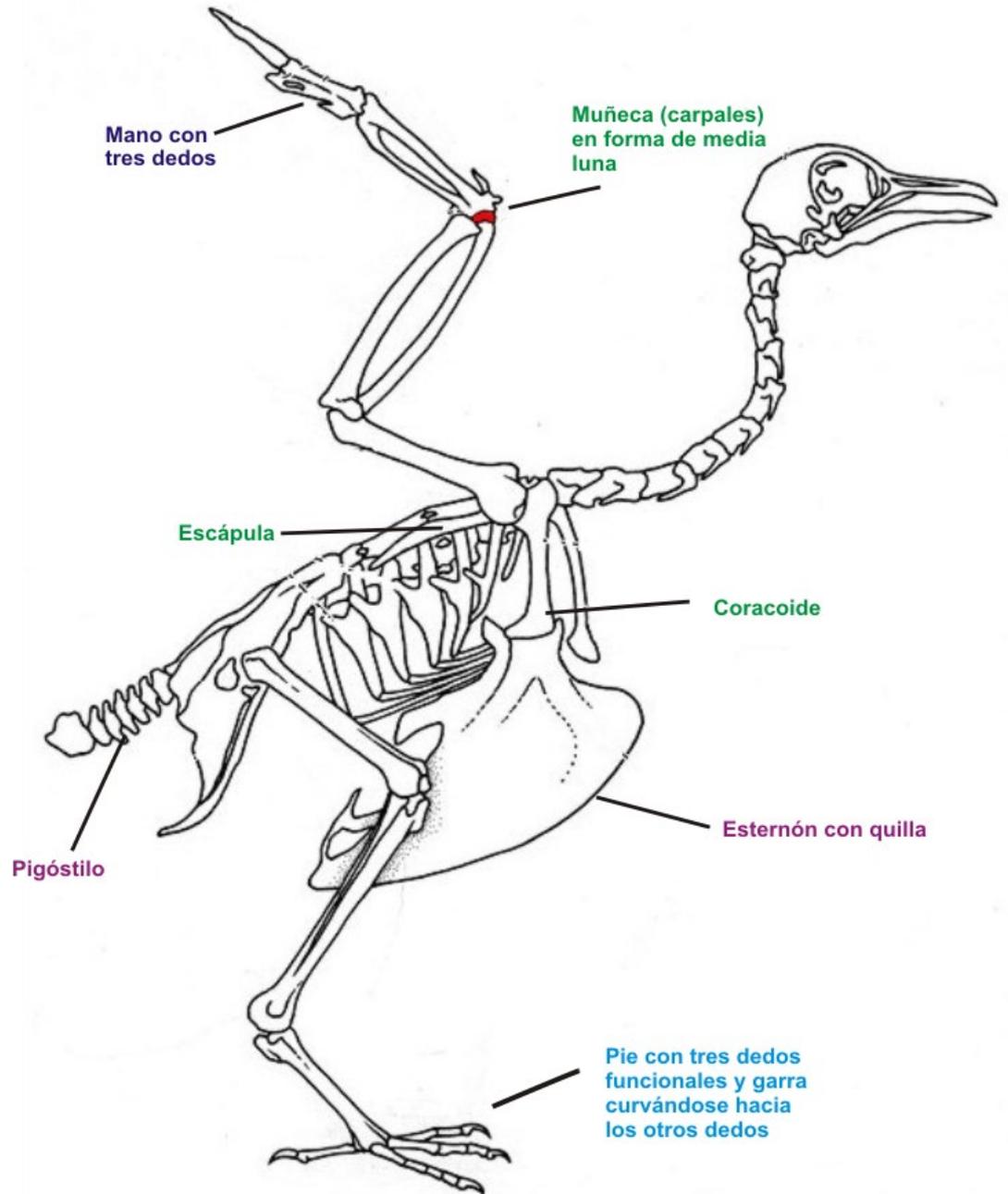
Carpo distal en semiluna  
(articulación de la muñeca giratoria)

*Archaeopteryx*

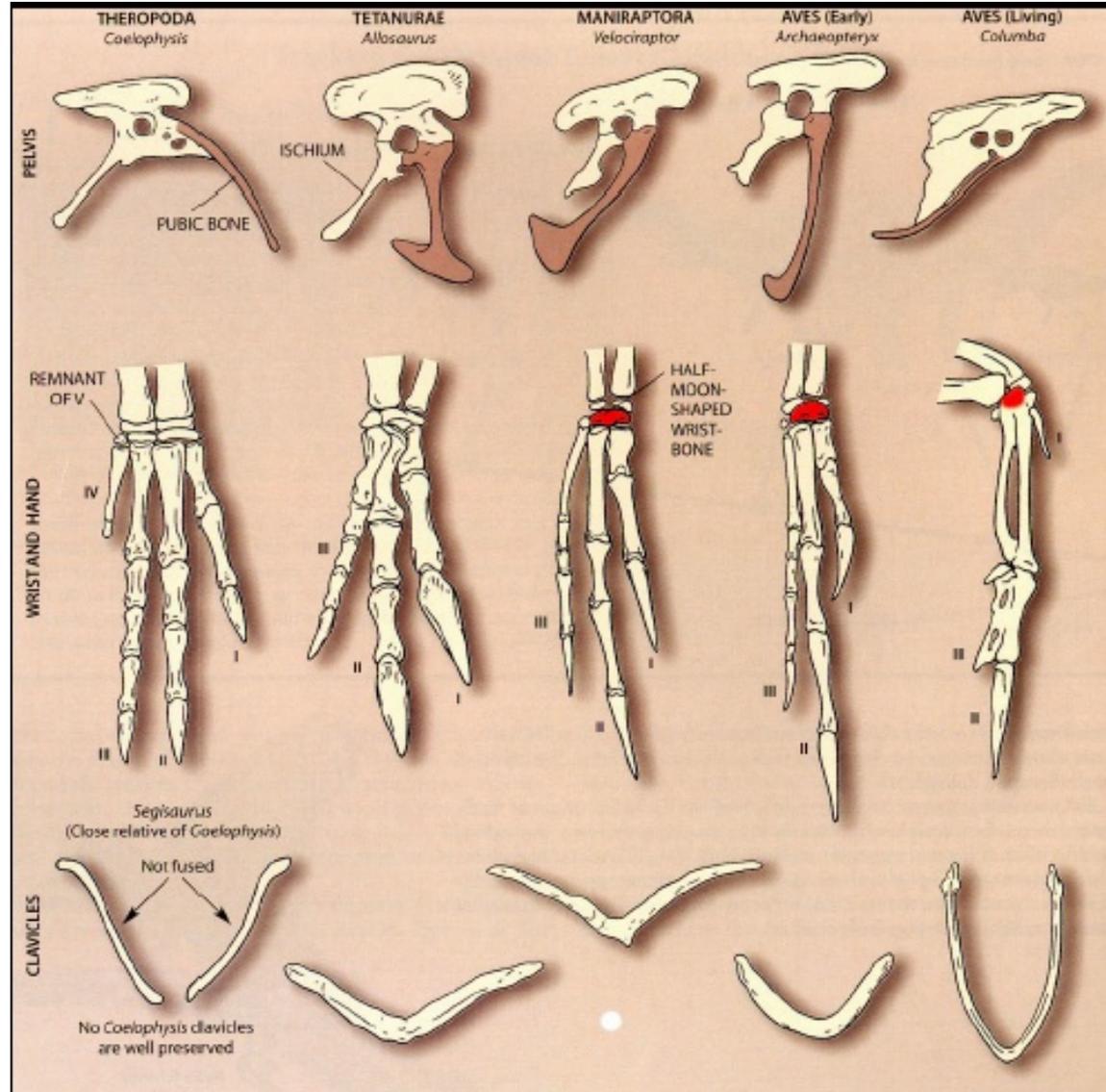
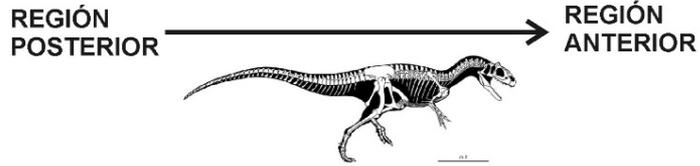
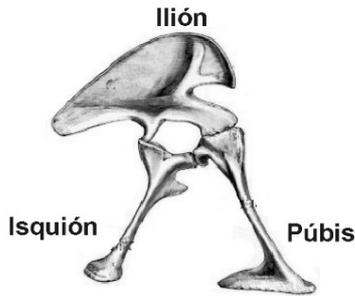


Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

# Finalmente, el AVE moderna



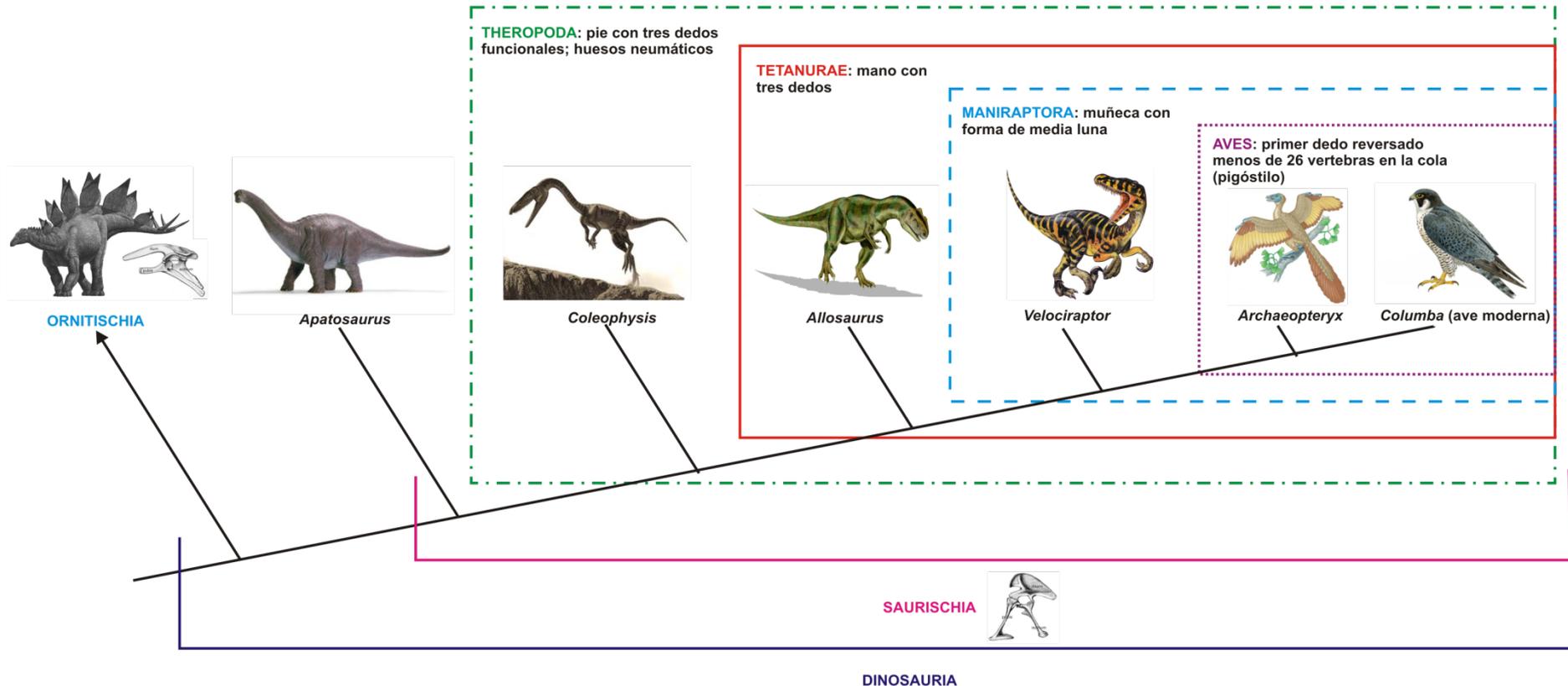
**Resumen:** características osteológicas que apoyan la evolución de las aves a partir de los dinosaurios terópodos



Padian, K. & Chiappe, L.M.  
1998. The origin of birds and  
their flight. *Sci. Am.* 278: 38-47

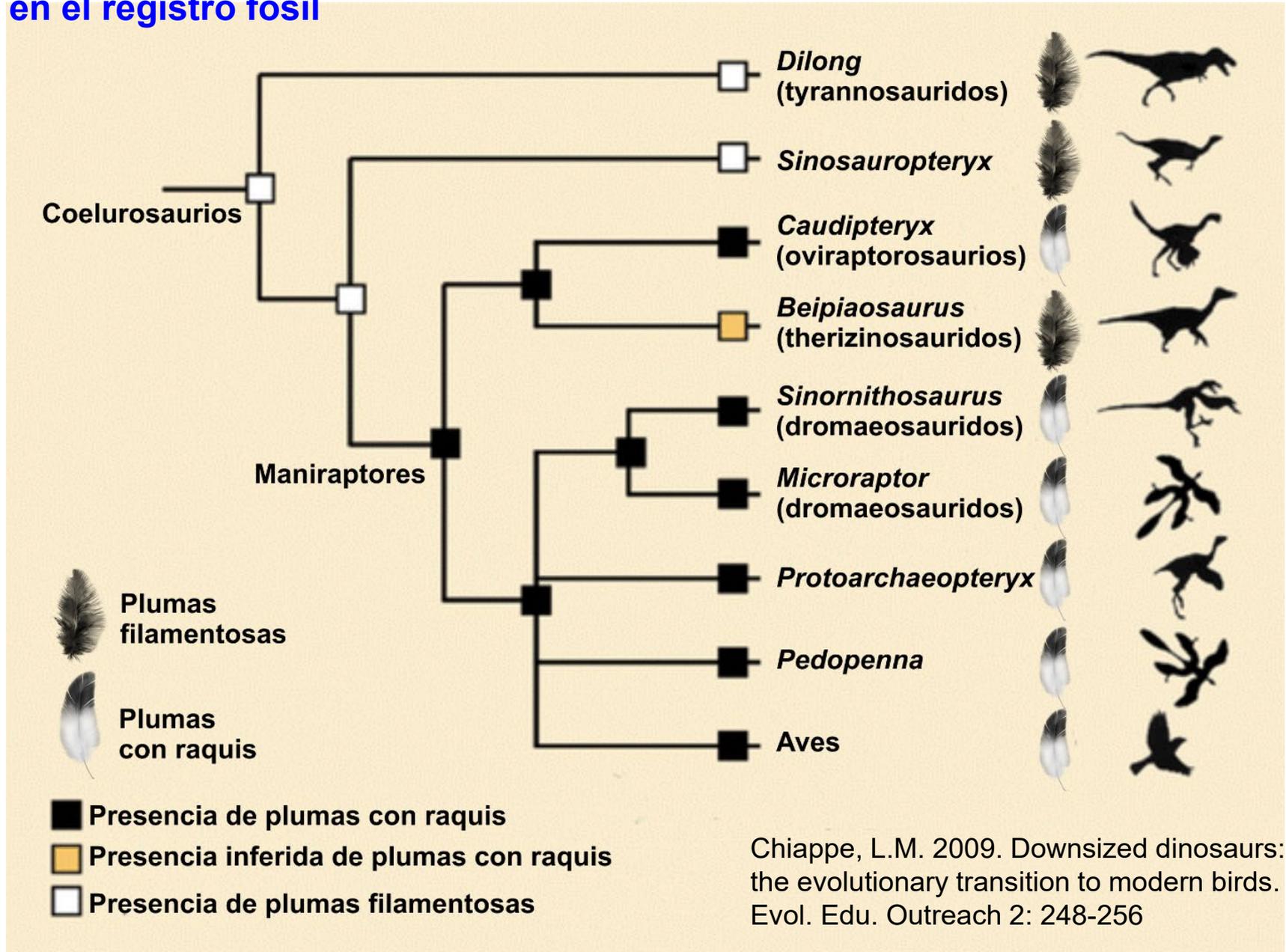
1. Comportamiento
2. Osteología
- 3. Filogenia**
4. Evidencia de plumas en el registro fósil

Análisis cladístico de esas características apoya la evolución de las aves a partir de ancestros como *Coelophysis*, *Allosaurus*, y *Velociraptor*

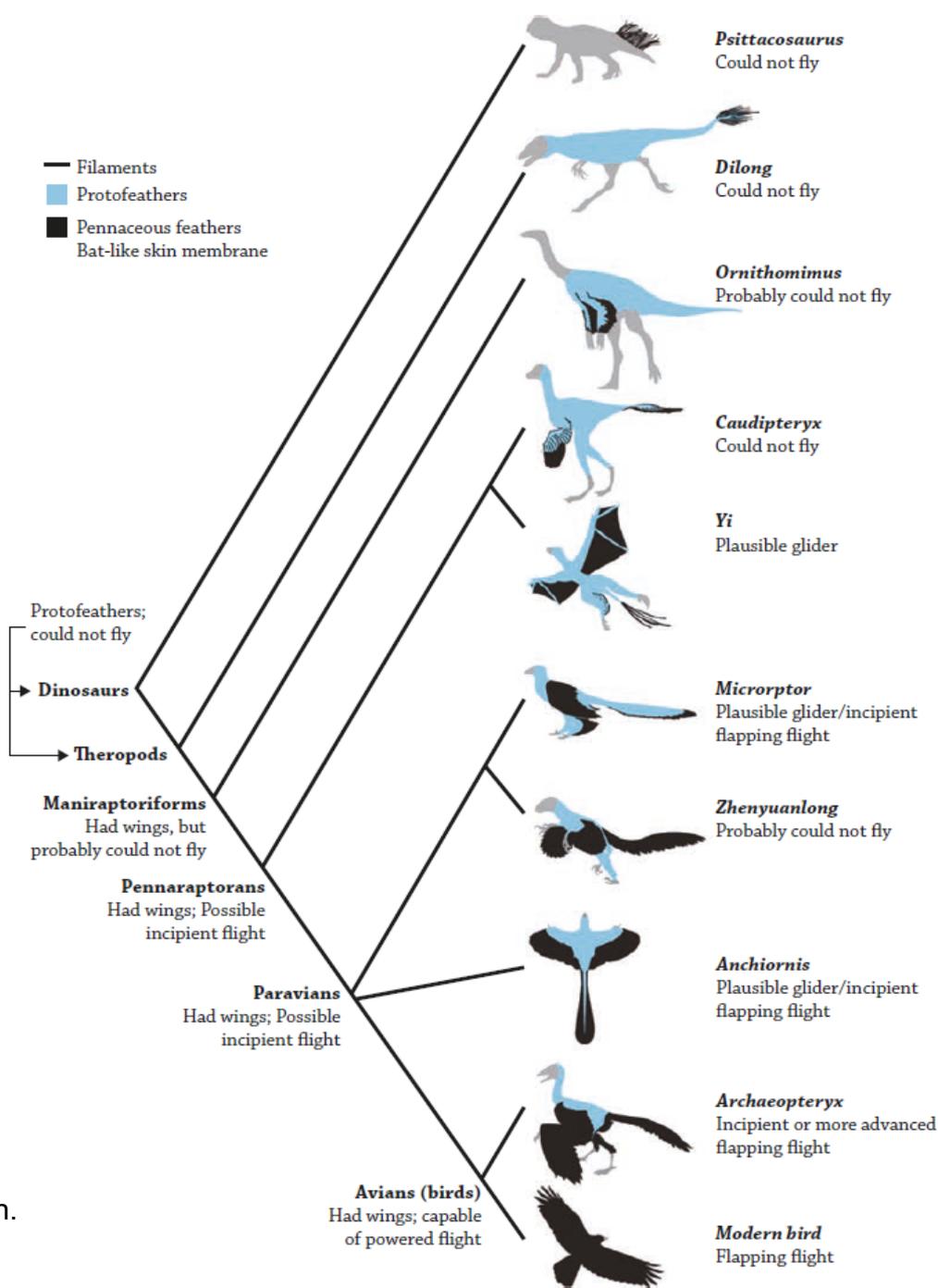


## 4. Evidencia de plumas en el registro fósil

## Historia relacionada a las plumas



Las plumas y las alas evolucionaron en algunos de los primeros dinosaurios, pero el vuelo llegó más tarde y es probable que solo las aves fueran capaces de volar con toda su potencia.

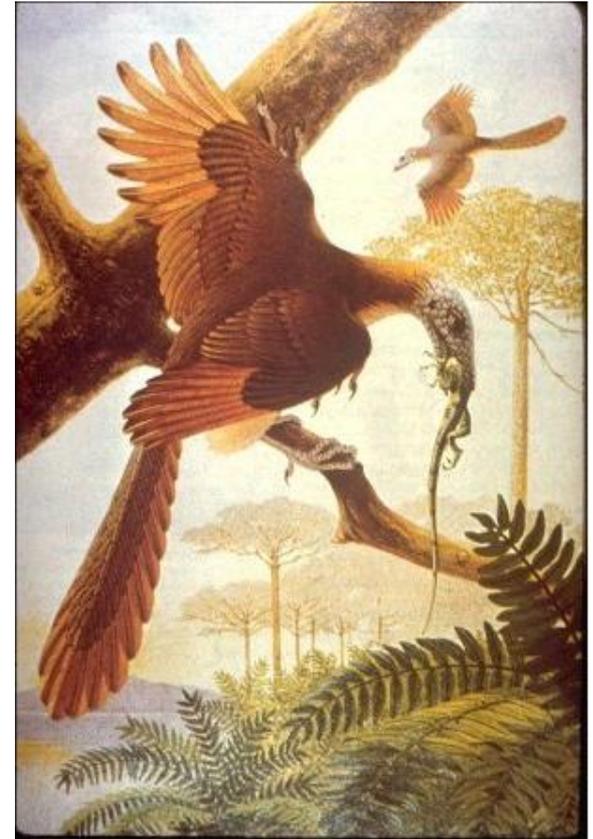


Scott, G. 2020. Essential ornithology. Second edition. Oxford University Press, Oxford, UK. 159 pp.

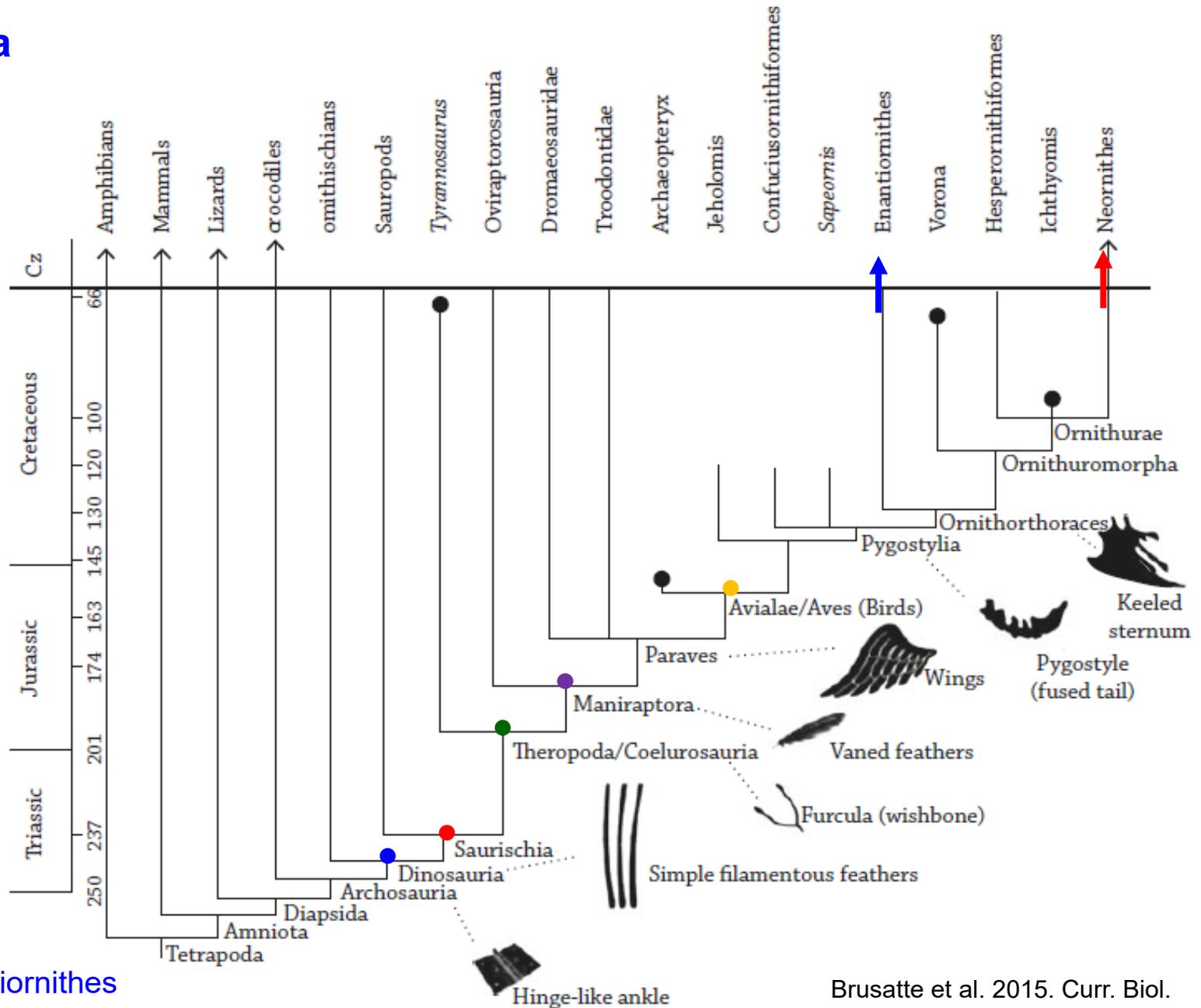
# Orígenes y radiaciones tempranas

*Archaeopteryx lithographica* (+ otra especie: *A. bavarica*)

- Fósil mas antiguo conocido (Jurásico superior)
- Yacimiento de Solnhofen (Alemania)
- Ya era un ave



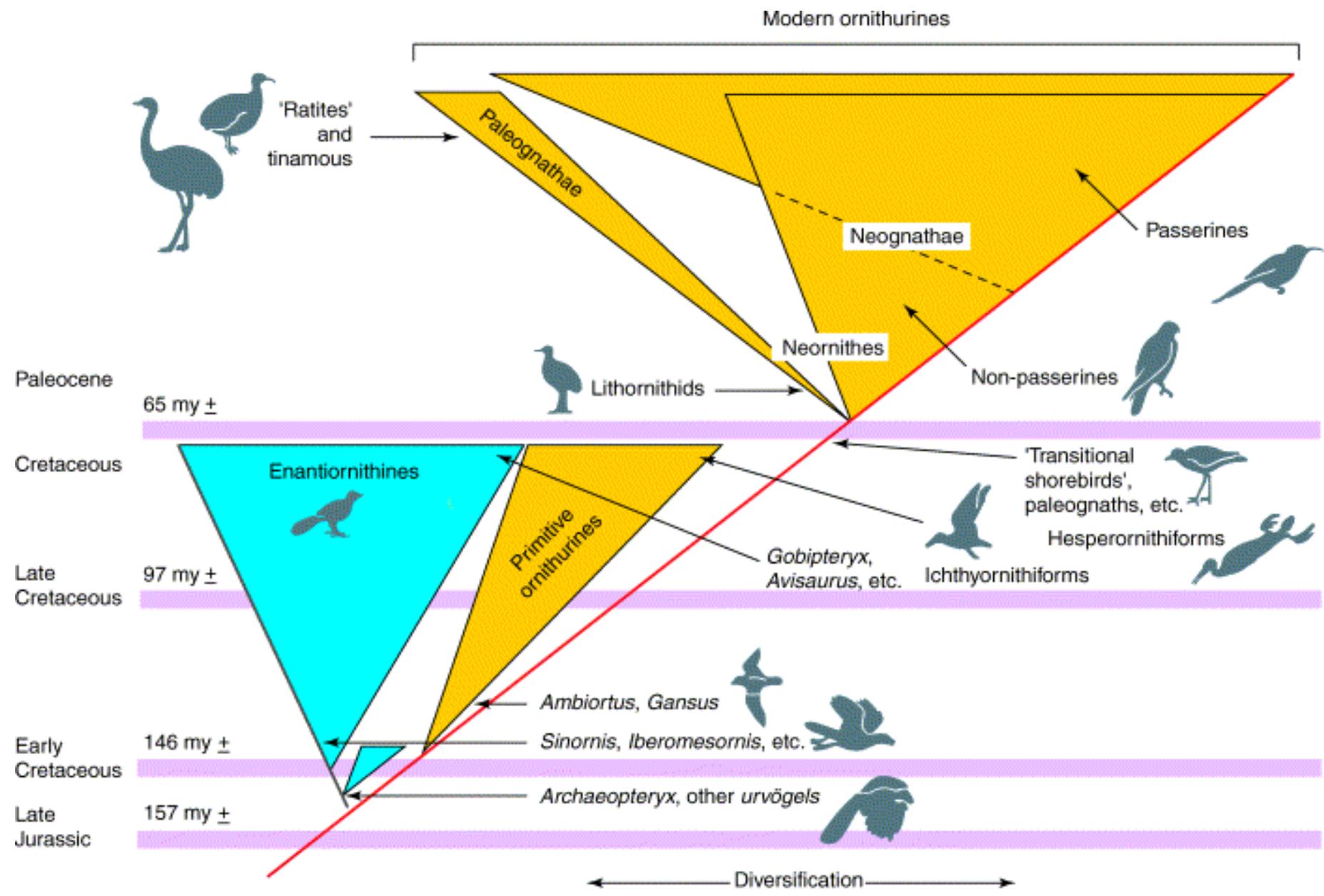
# Sistemática



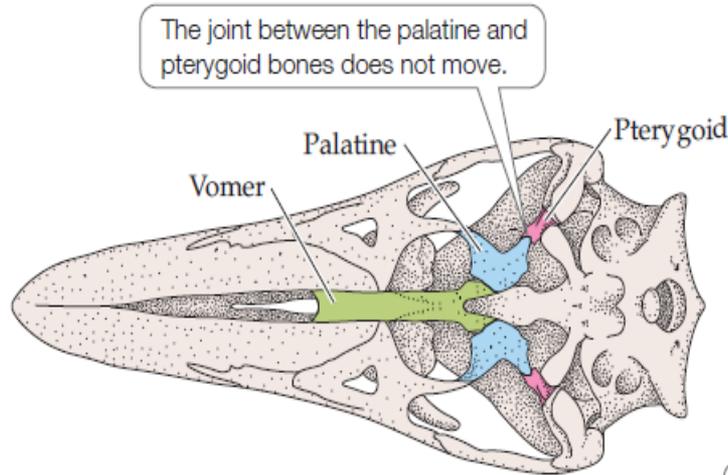
Subclass Enantiornithes

Subclass Neornithes

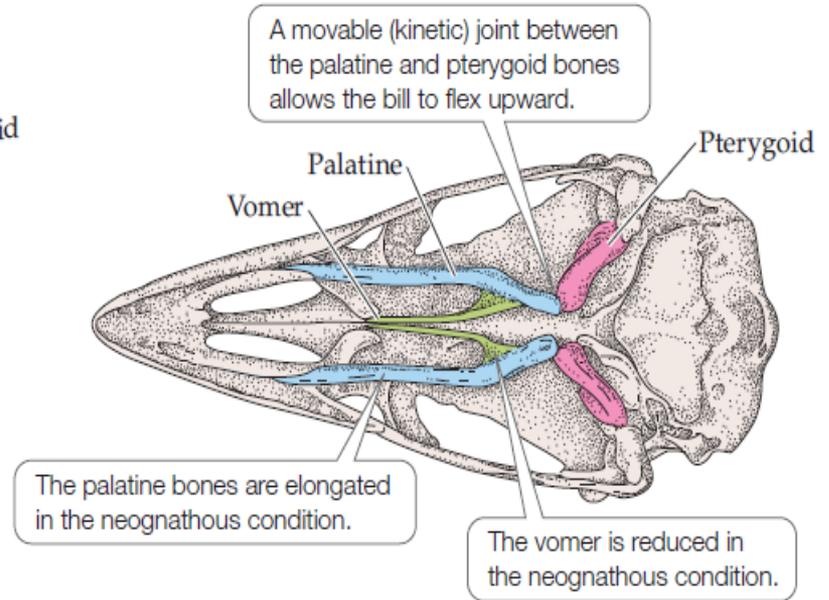
Brusatte et al. 2015. *Curr. Biol.* 25: R888-R898



(A) Paleognathous palate of a rhea, *Rhea*



(B) Neognathous palate of a wild turkey, *Meleagris*

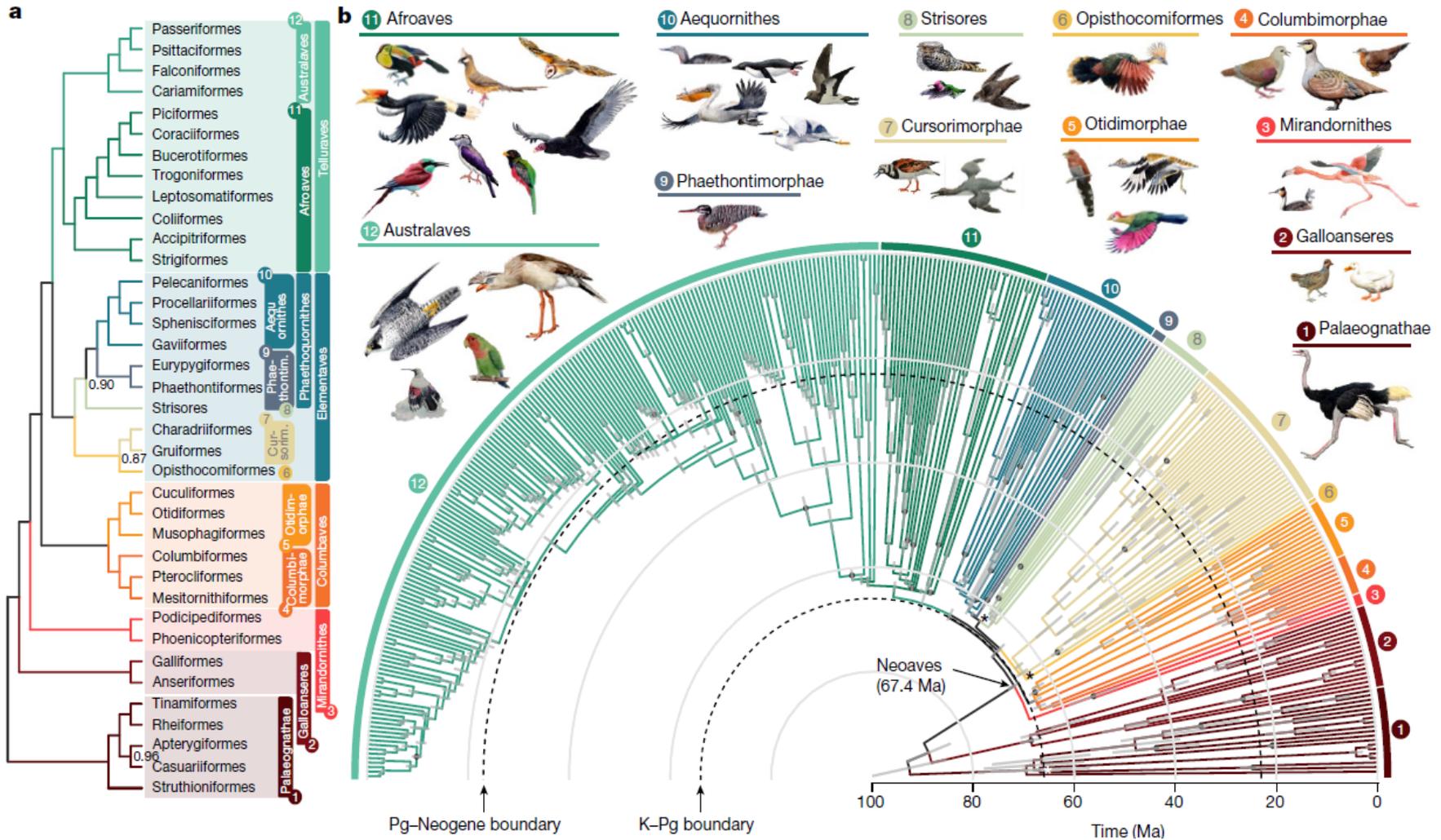


**Figure 21.2 Palatal differences of Paleognathae and Neognathae.** The two main groups within extant birds are distinguished by the form of the palate. (A) The paleognathous palate is robust and rigid, resembling that of earlier theropods. (B) The neognathous palate is more lightly built and contributes to cranial kinesis (mobility of the skull bones). The vomer is reduced, and long, thin palatine bones form kinetic joints with the

pterygoid the pterygoid bone. These changes allowed the palate and bill to move during feeding, which in turn led to widespread specializations for different food sources and methods of feeding. (See credit details at the end of this chapter.)

# Filogenia Aves Neornithes

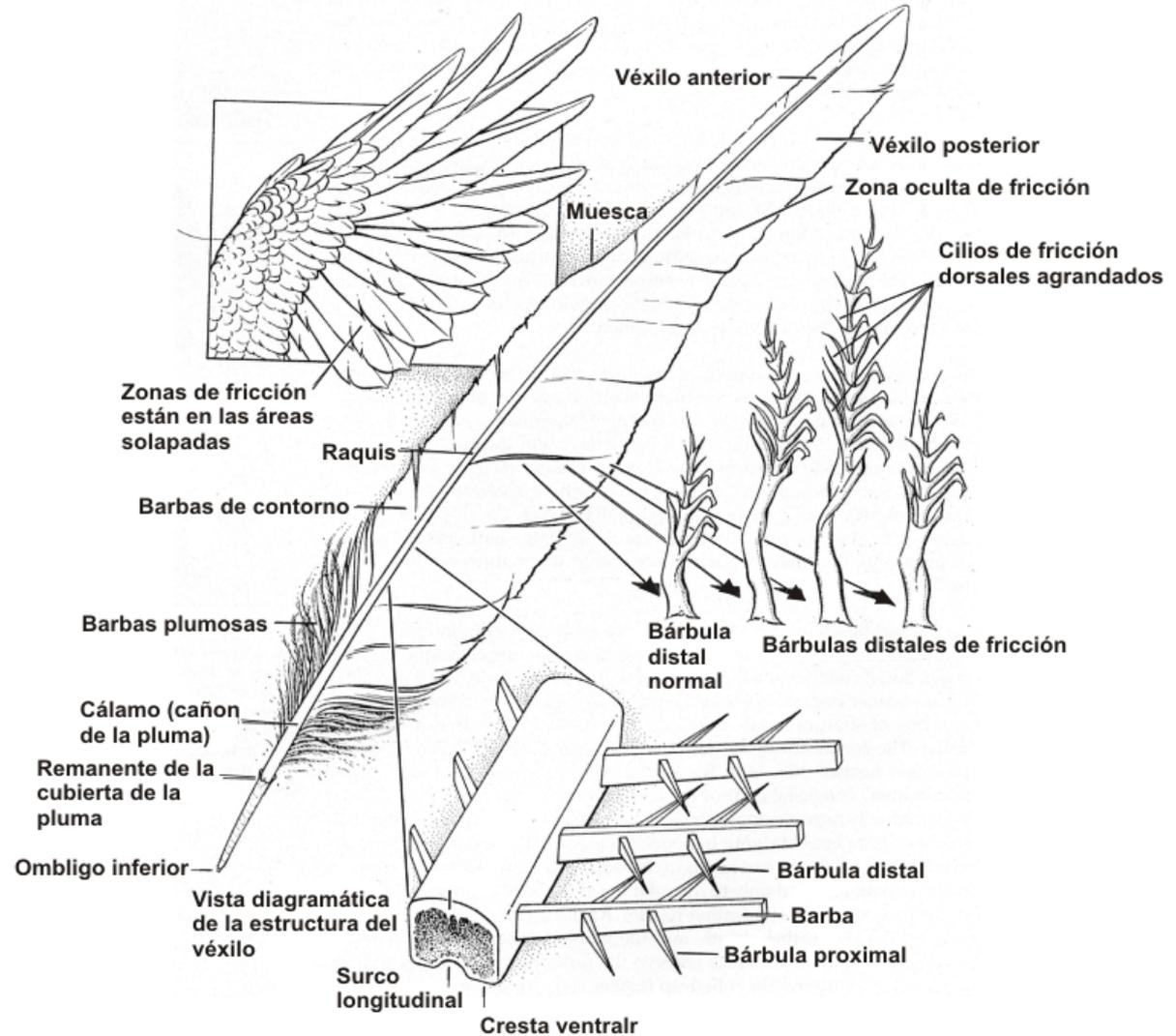
Distribuidos en 12 clados.  
 Palaeognathae + Neognathae (Galloanserae + Neoaves)



# Características de las plumas

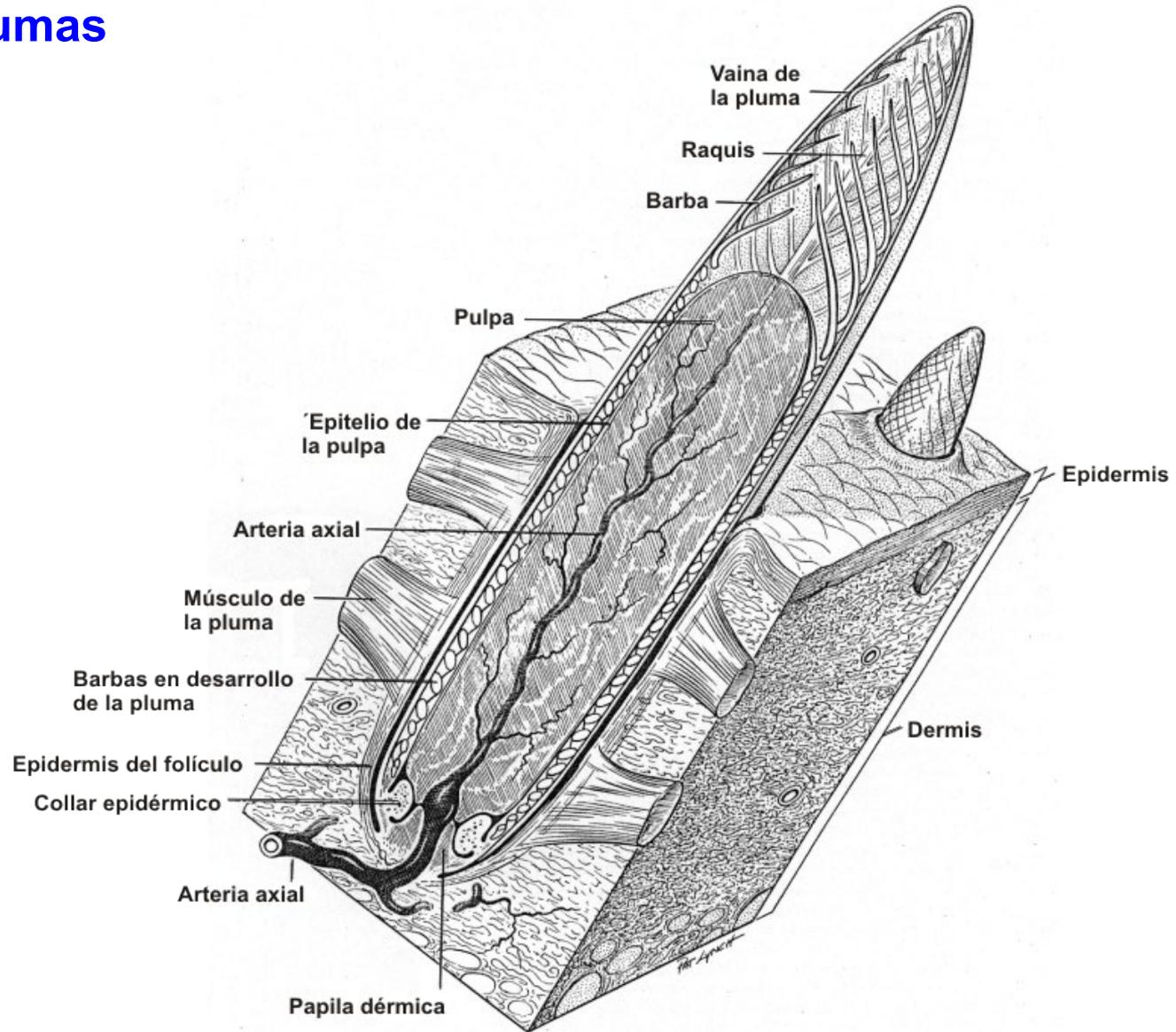
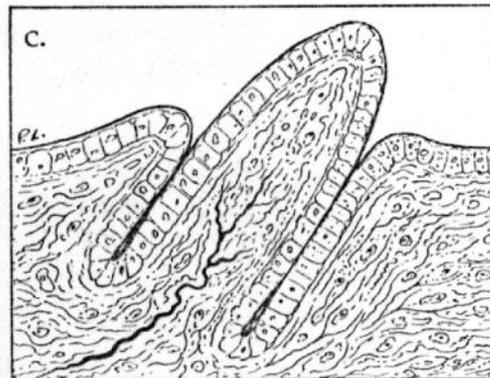
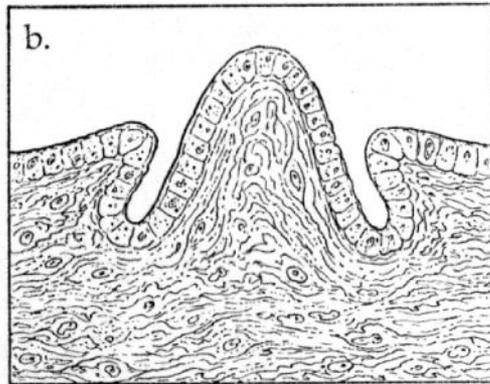
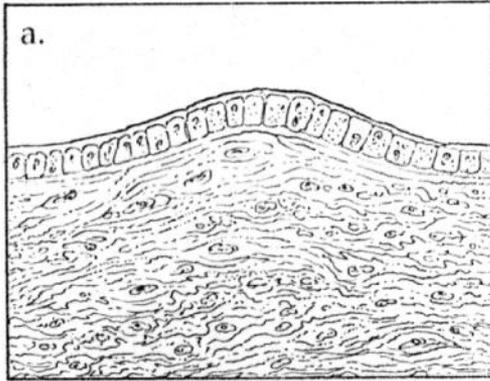
**PLUMAS:** modificaciones de escamas epidérmicas de reptiles

- Adaptaciones para el vuelo



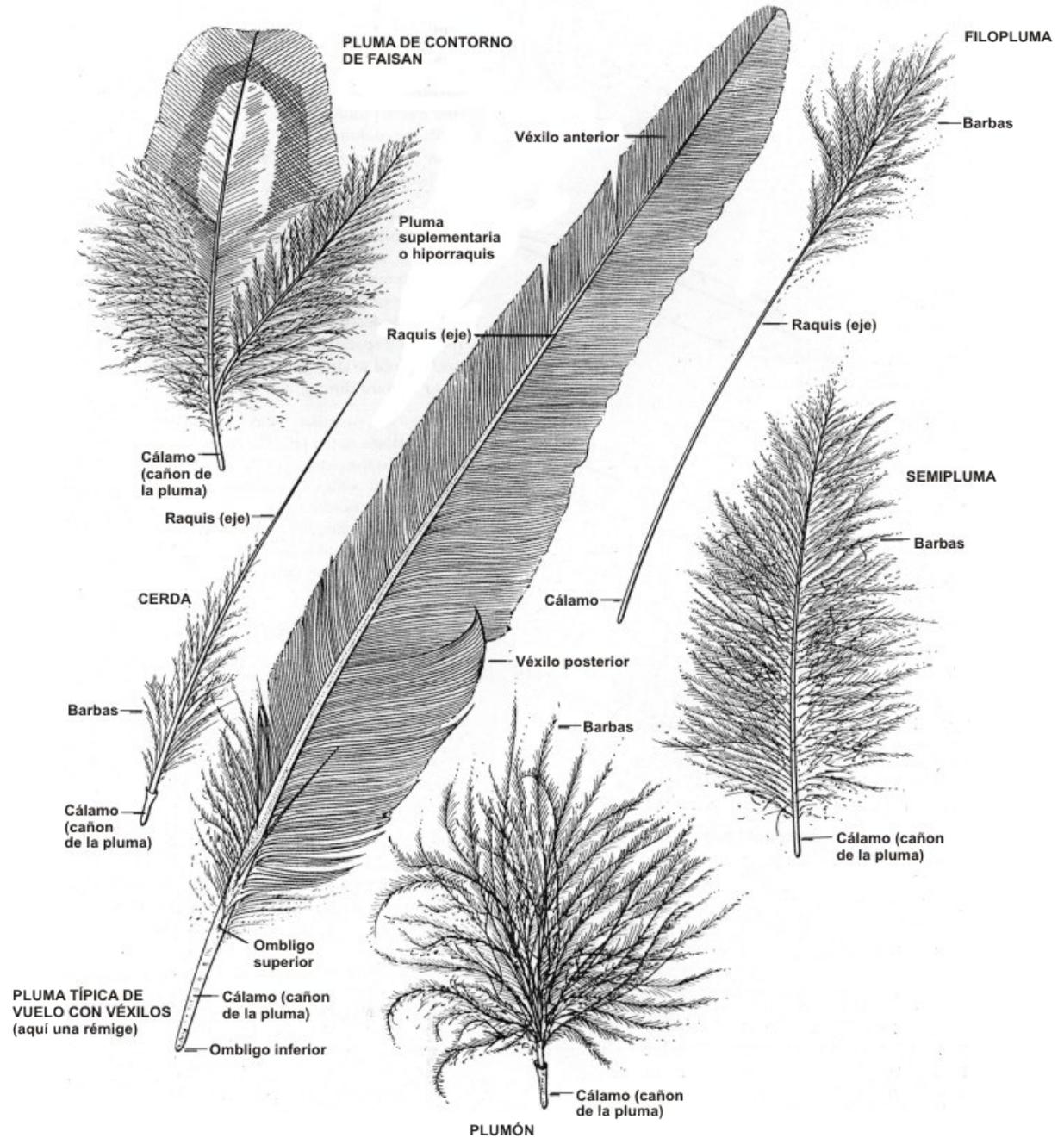
- ✓ Aislamiento térmico
- ✓ Recepción táctil
- ✓ Comunicación sexual

# Estructura de la plumas



**Desarrollo de la pluma**

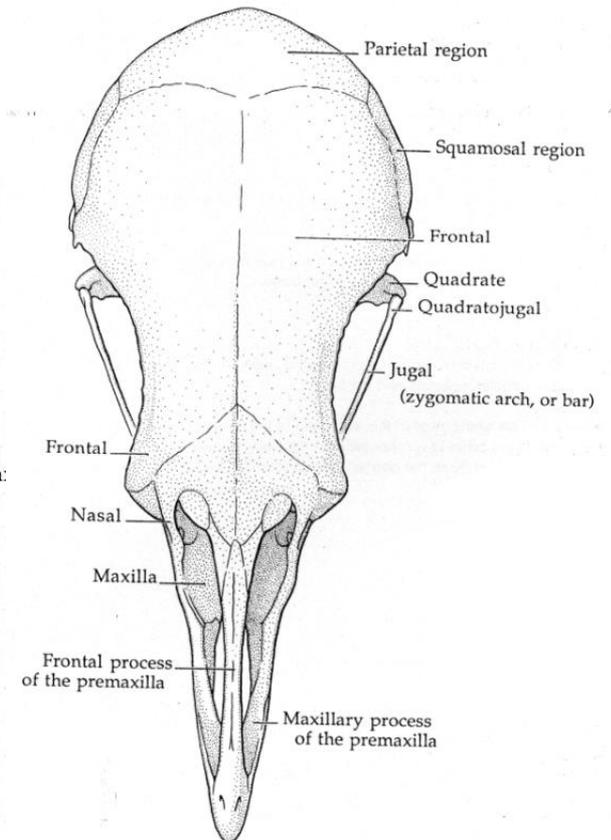
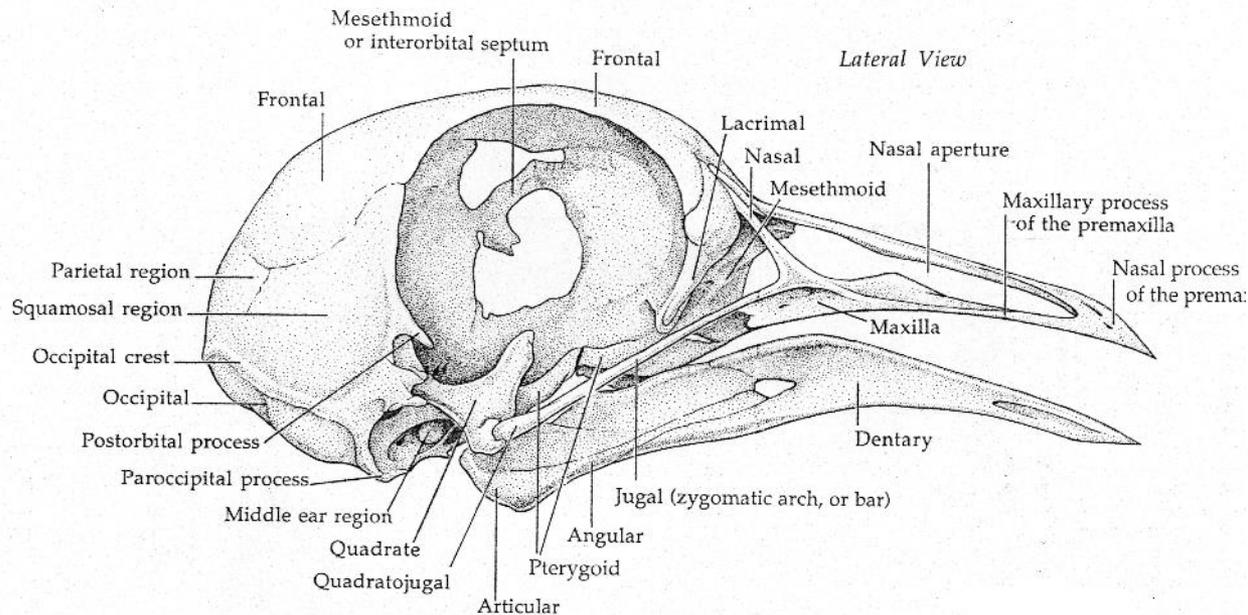
# Tipos de plumas



# Pérdida y fusión de huesos = reducción de peso corporal y compactación del cuerpo

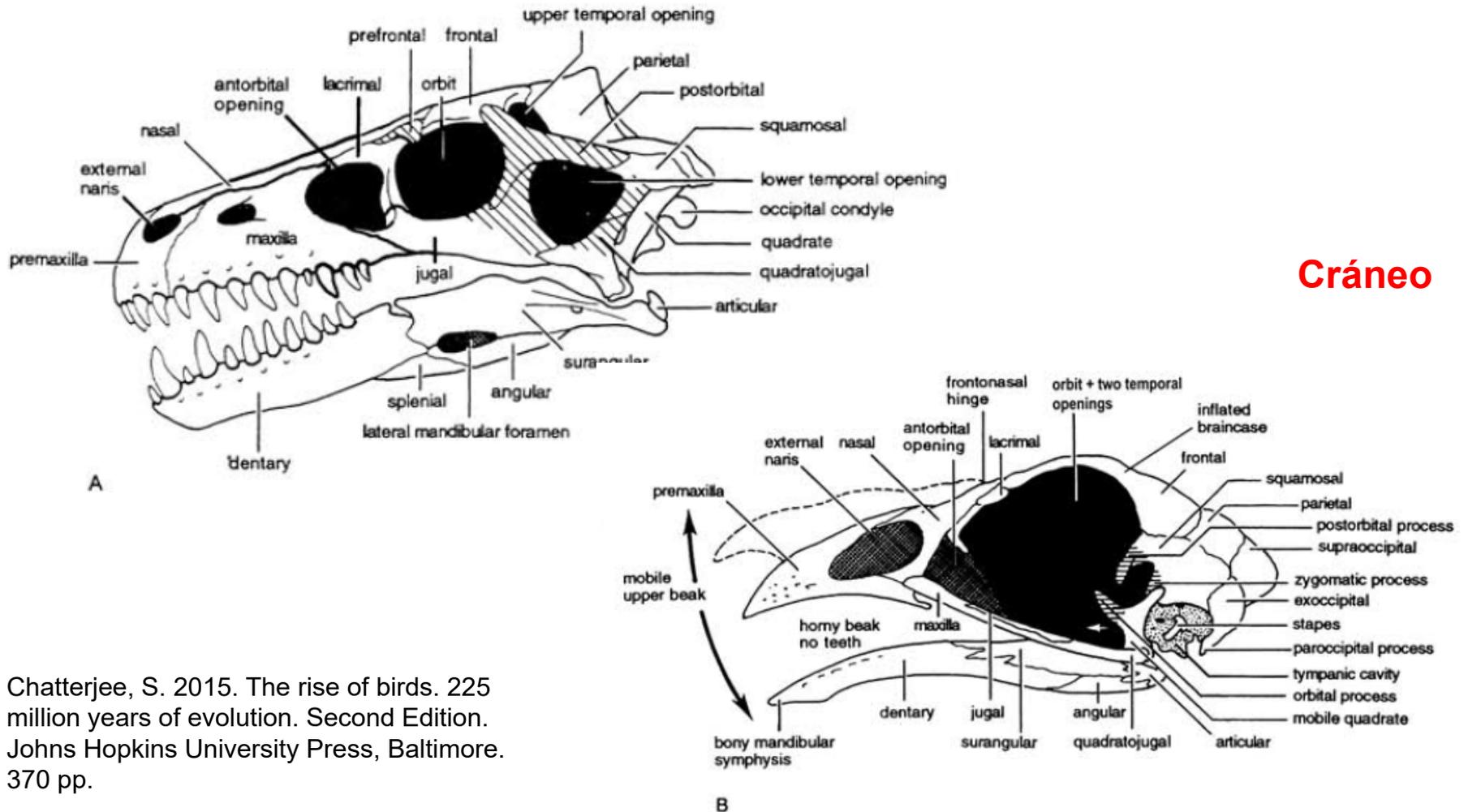
- Modificaciones asociadas al vuelo
  - ✓ Rigidez al ave durante el vuelo

## Cráneo



## Comparación del cráneo de un dromaeosaurio y un pollo

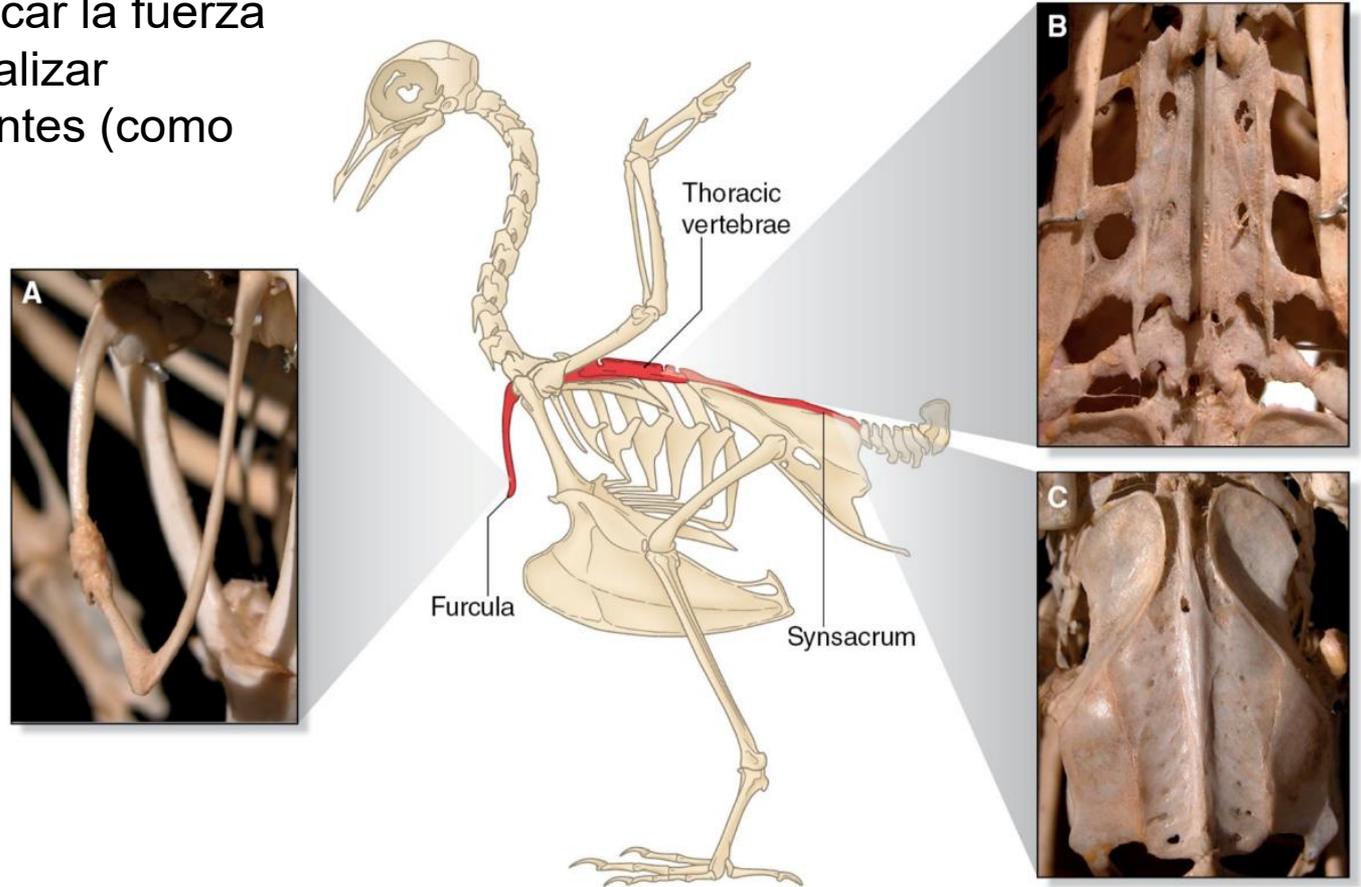
**Innovación más importante en las aves:** modificación de la región temporal del cráneo  
>> orbita del ojo confluye con las fontanelas temporal superior e inferior



Chatterjee, S. 2015. The rise of birds. 225 million years of evolution. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 370 pp.

## Modificaciones asociadas al vuelo

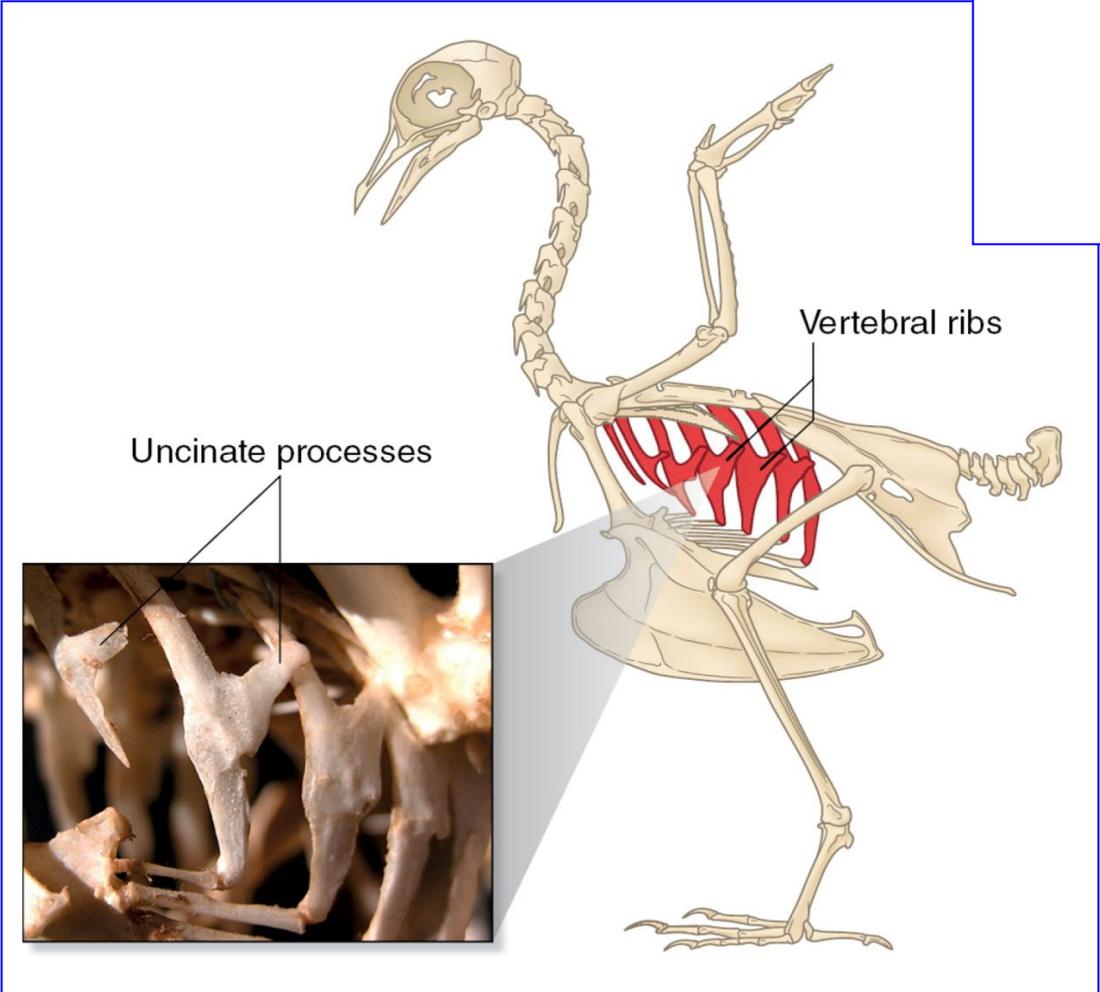
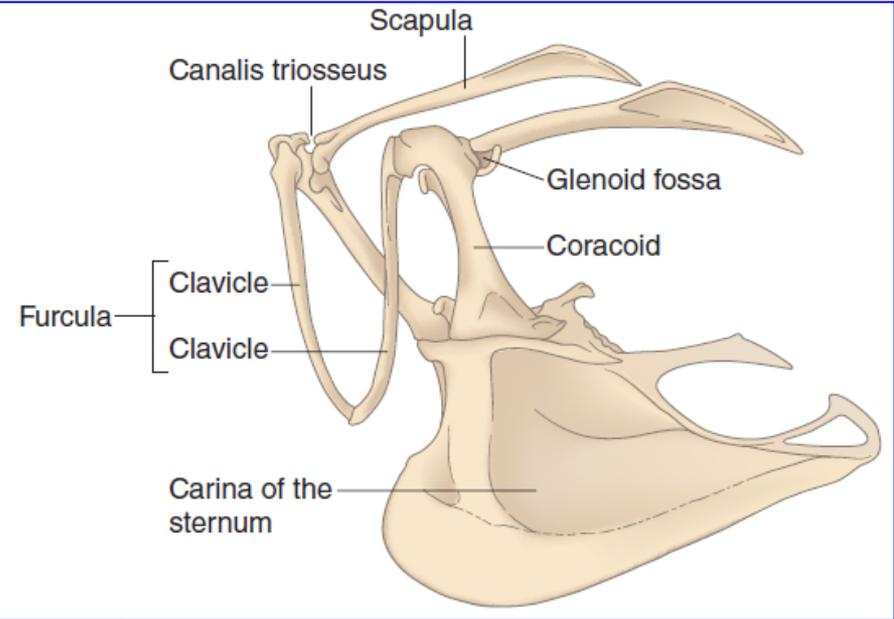
- ✓ Rigidez al ave durante el vuelo
- ✓ Permitir a las aves mantener la ligereza sin sacrificar la fuerza necesaria para realizar movimientos potentes (como golpes de alas)



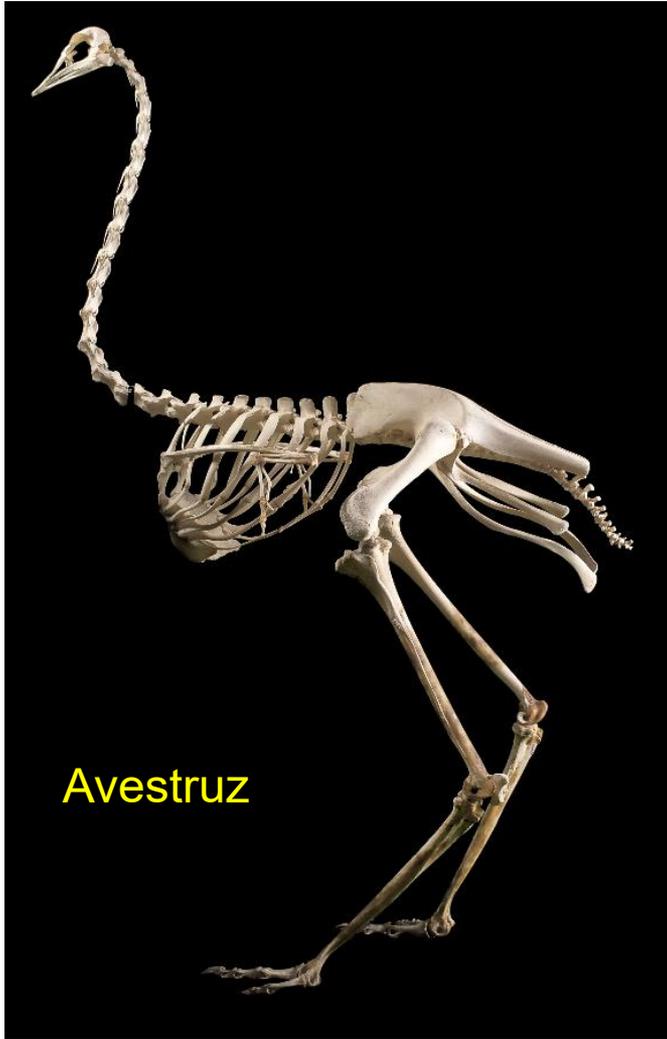
(B) Fusión de vértebras torácicas que sostienen las costillas y sacos aéreos

(C) **Sinsacro:** fusión de vértebras sacrales y huesos pélvicos

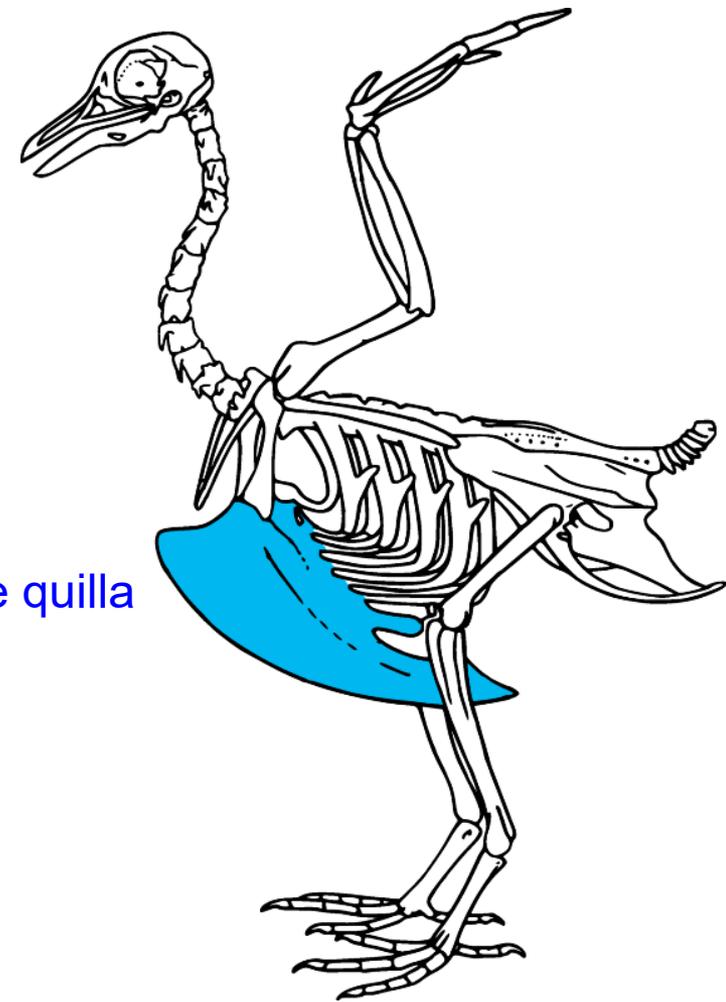
# Modificación torácicas para el vuelo



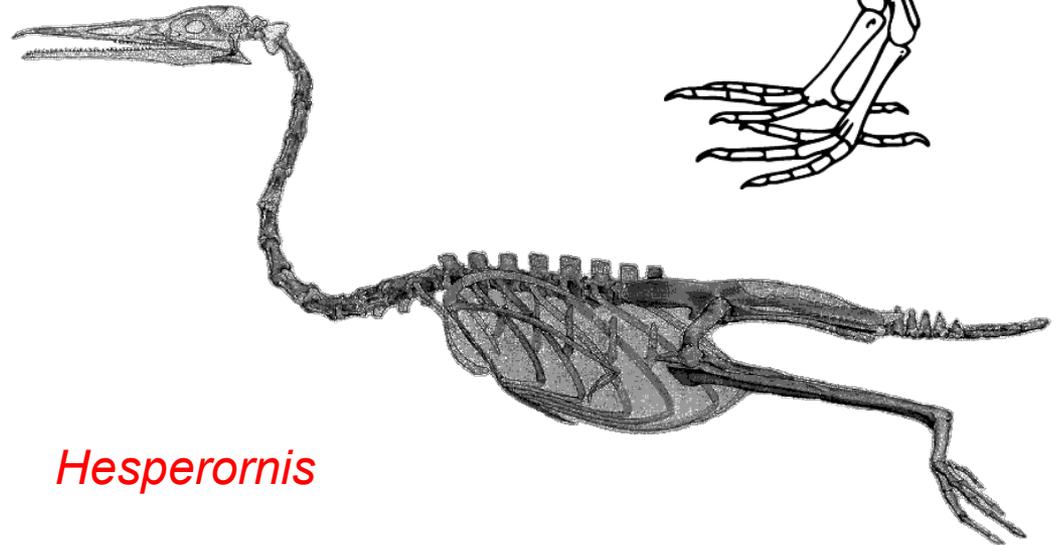
## No voladoras versus voladoras



**Avestruz**

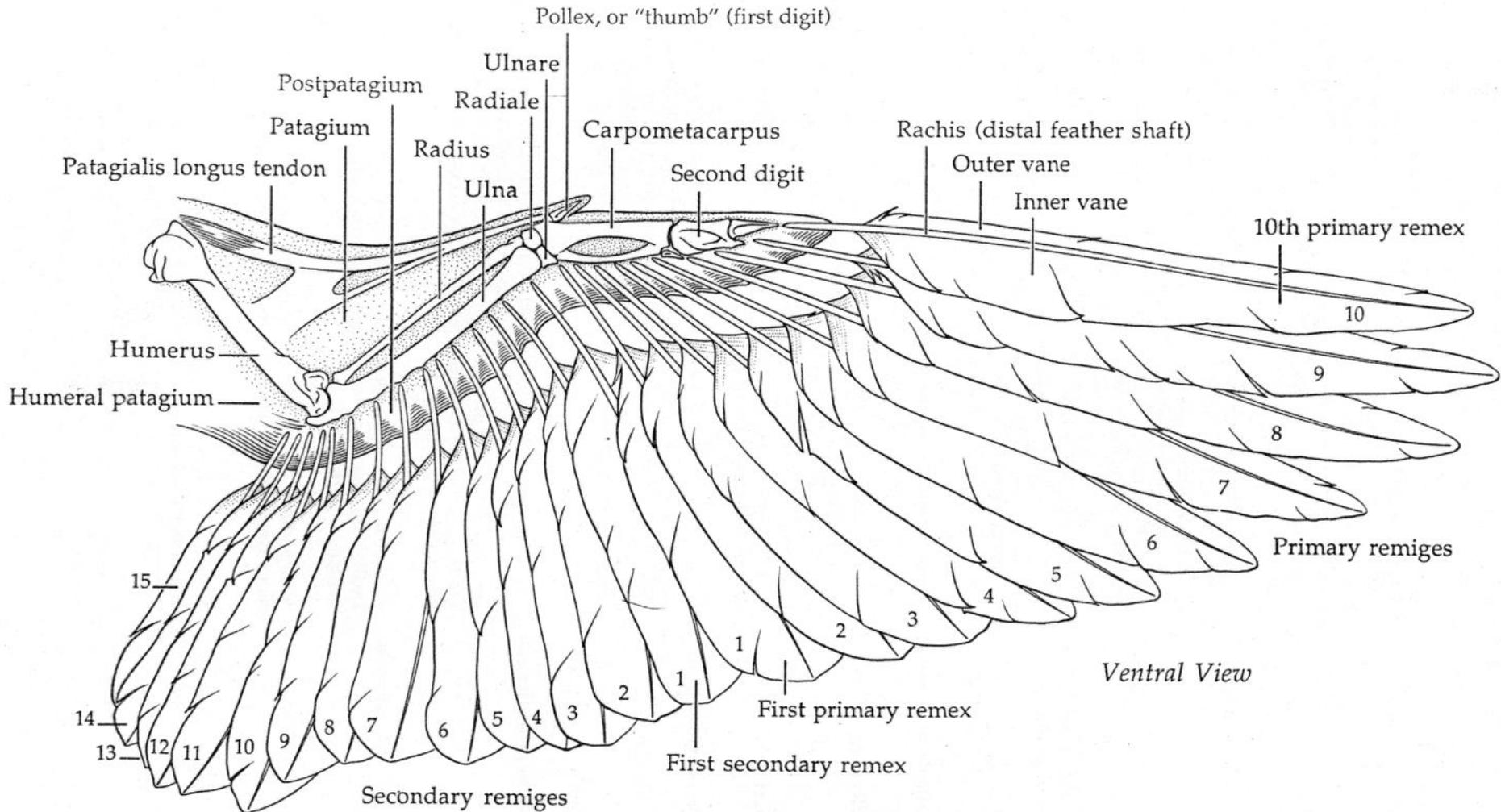


Presencia de quilla  
del esternón

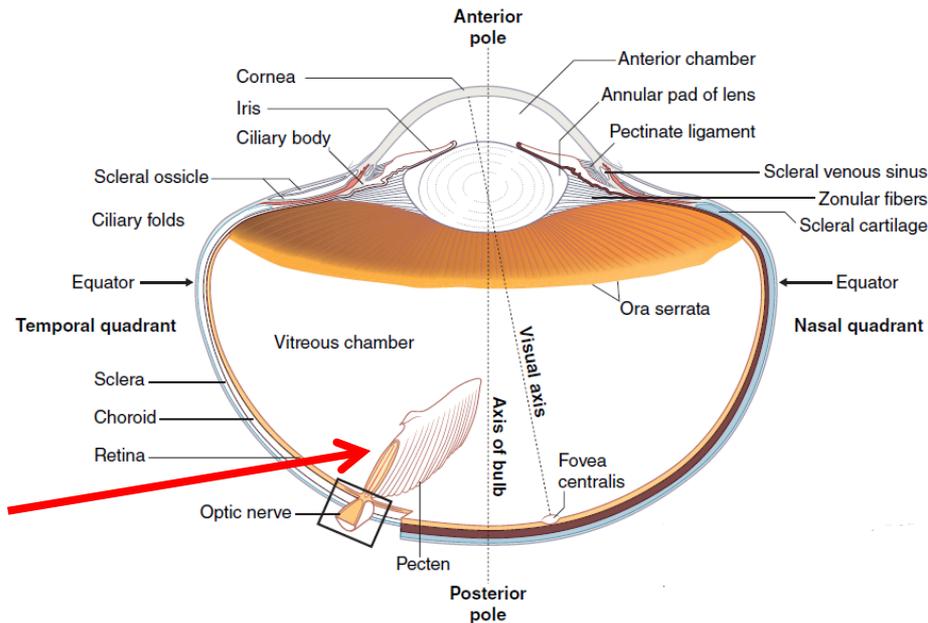
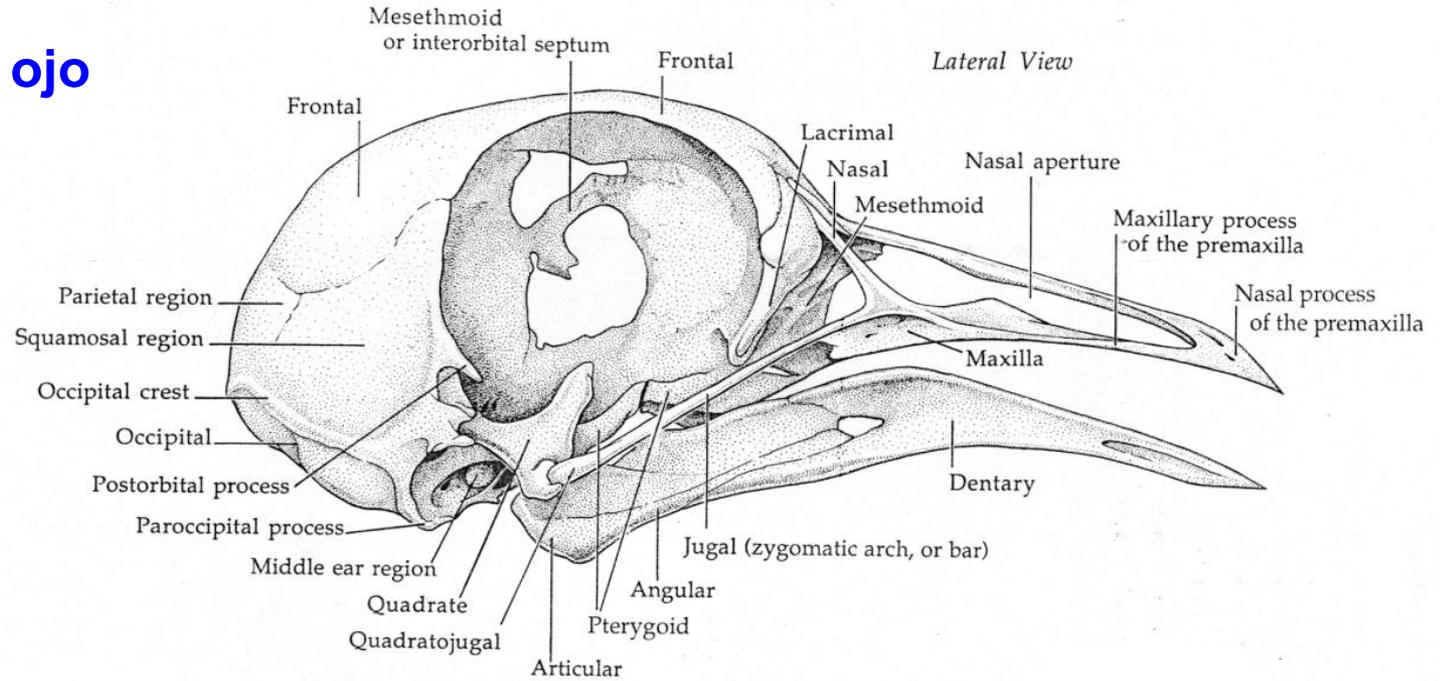


*Hesperornis*

# Alas (extremidades anteriores)

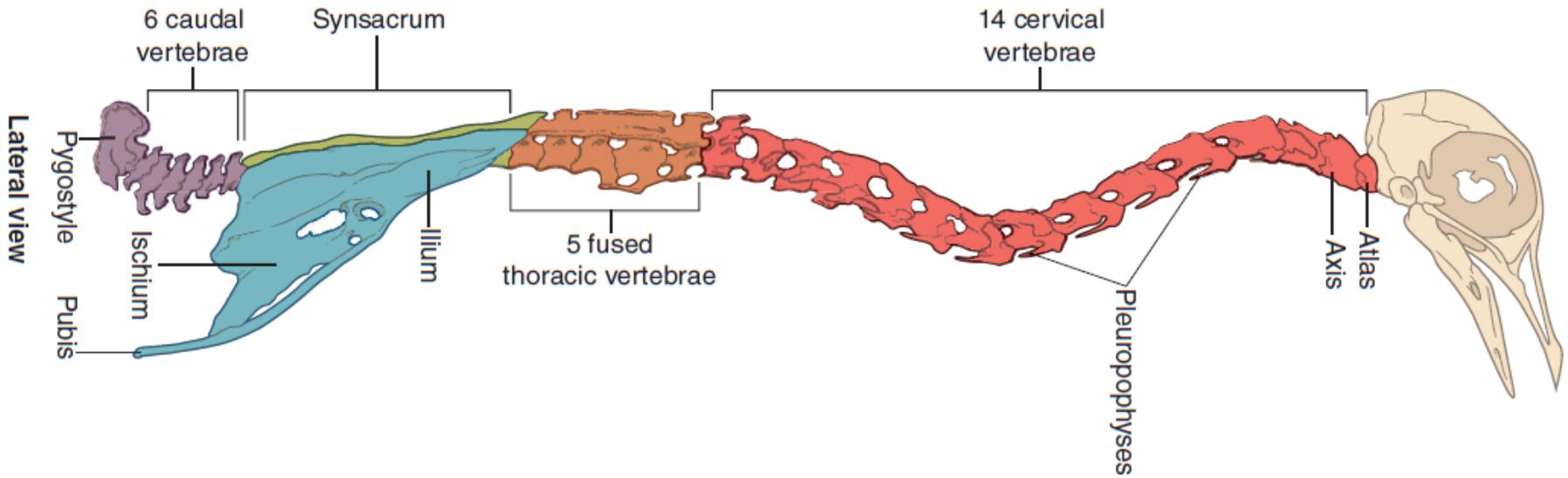


# Cabeza, pico y ojo



Pecten ocular

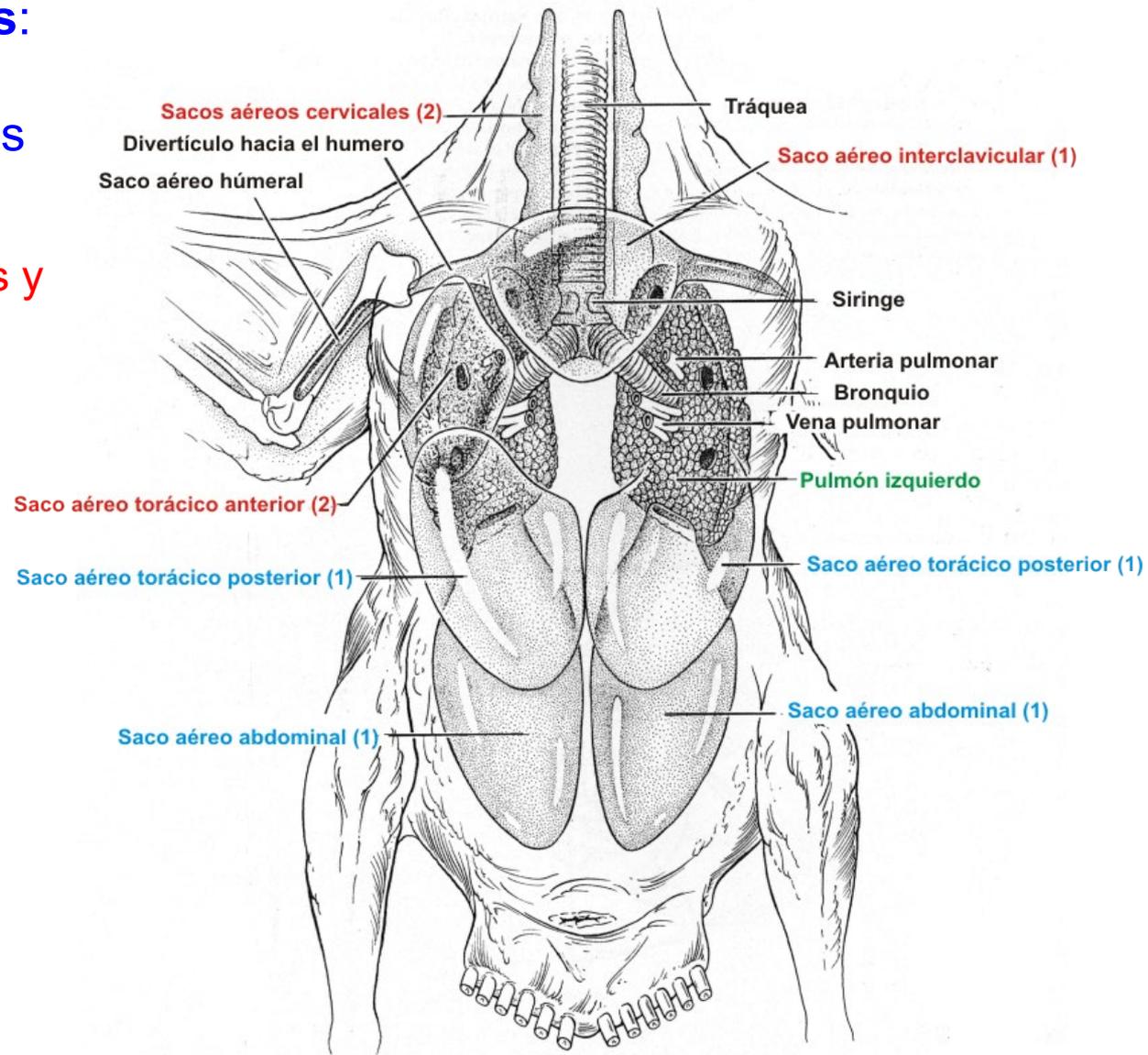
# Modificación del cuello asociado a la alimentación



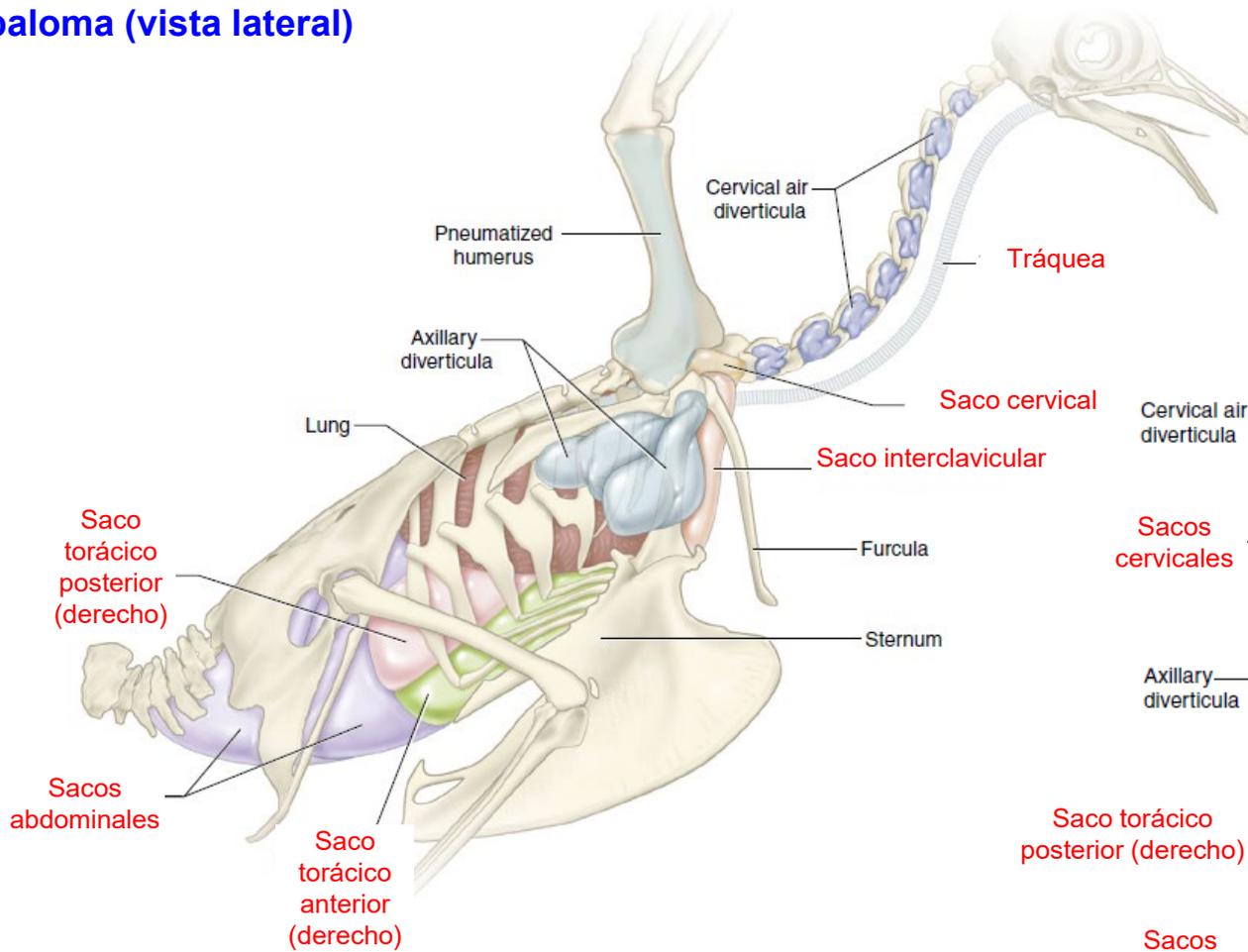
# Respiración en las aves: presencia de sacos aéreos (9) y los pulmones

1. Sacos aéreos anteriores y posteriores
2. Pulmones

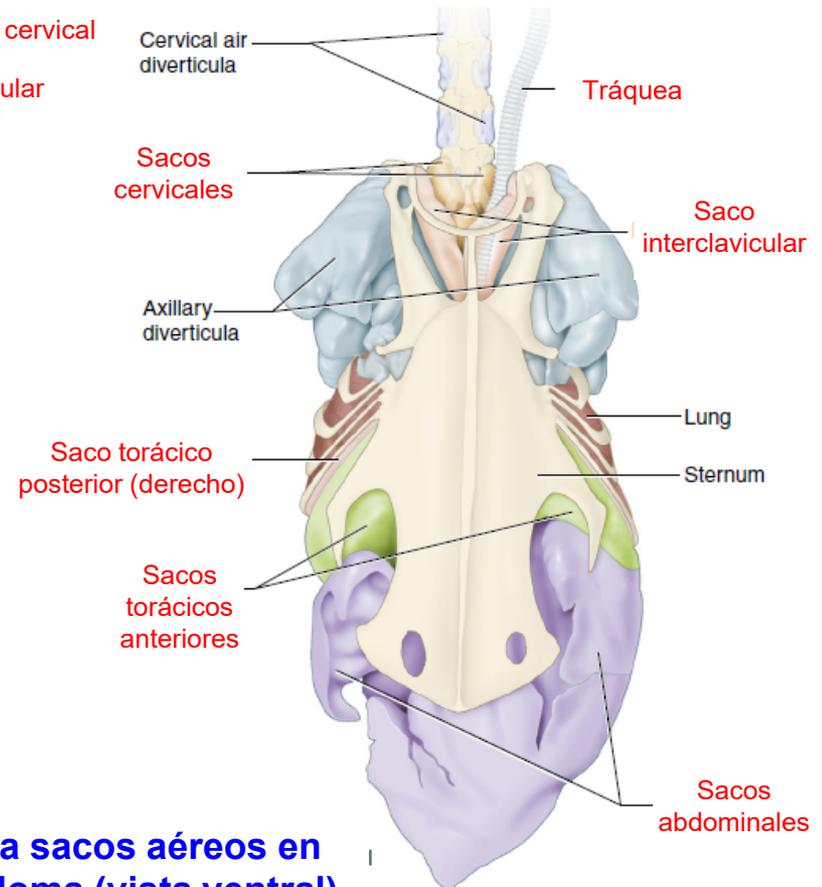
Variación en aves  
Passeriformes (7 sacos:  
fusión de interclaviculares  
con torácicos anteriores)



## Sistema sacos aéreos en una paloma (vista lateral)



## Sistema sacos aéreos en una paloma (vista ventral)



# Evidencia en terópodos de aparición de sacos aéreos

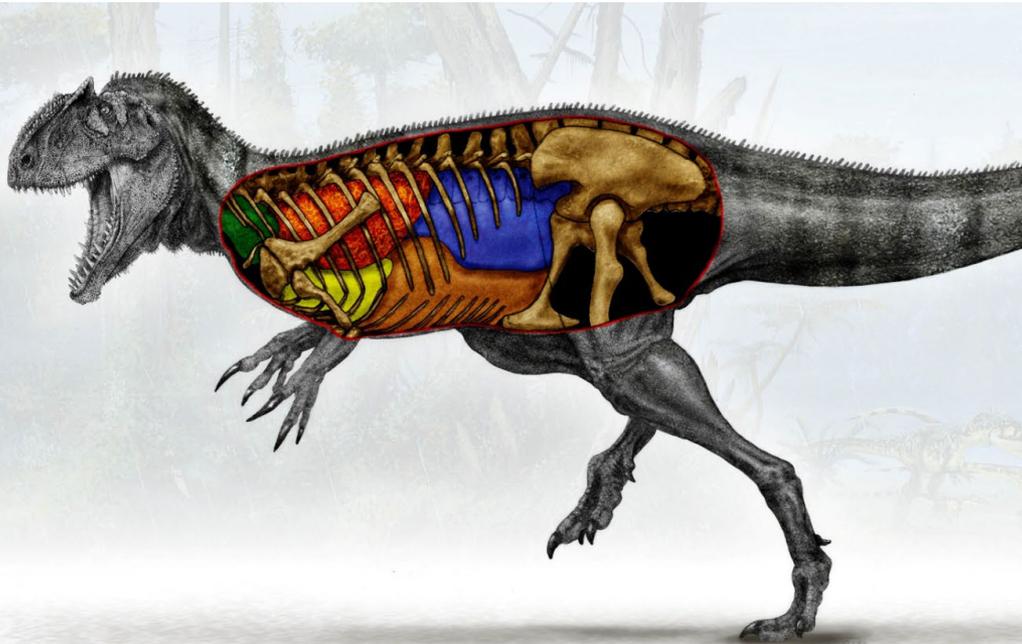
*Aerosteon riocoloradensis* Sereno *et al.* 2008

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS one

## Evidence for Avian Intrathoracic Air Sacs in a New Predatory Dinosaur from Argentina

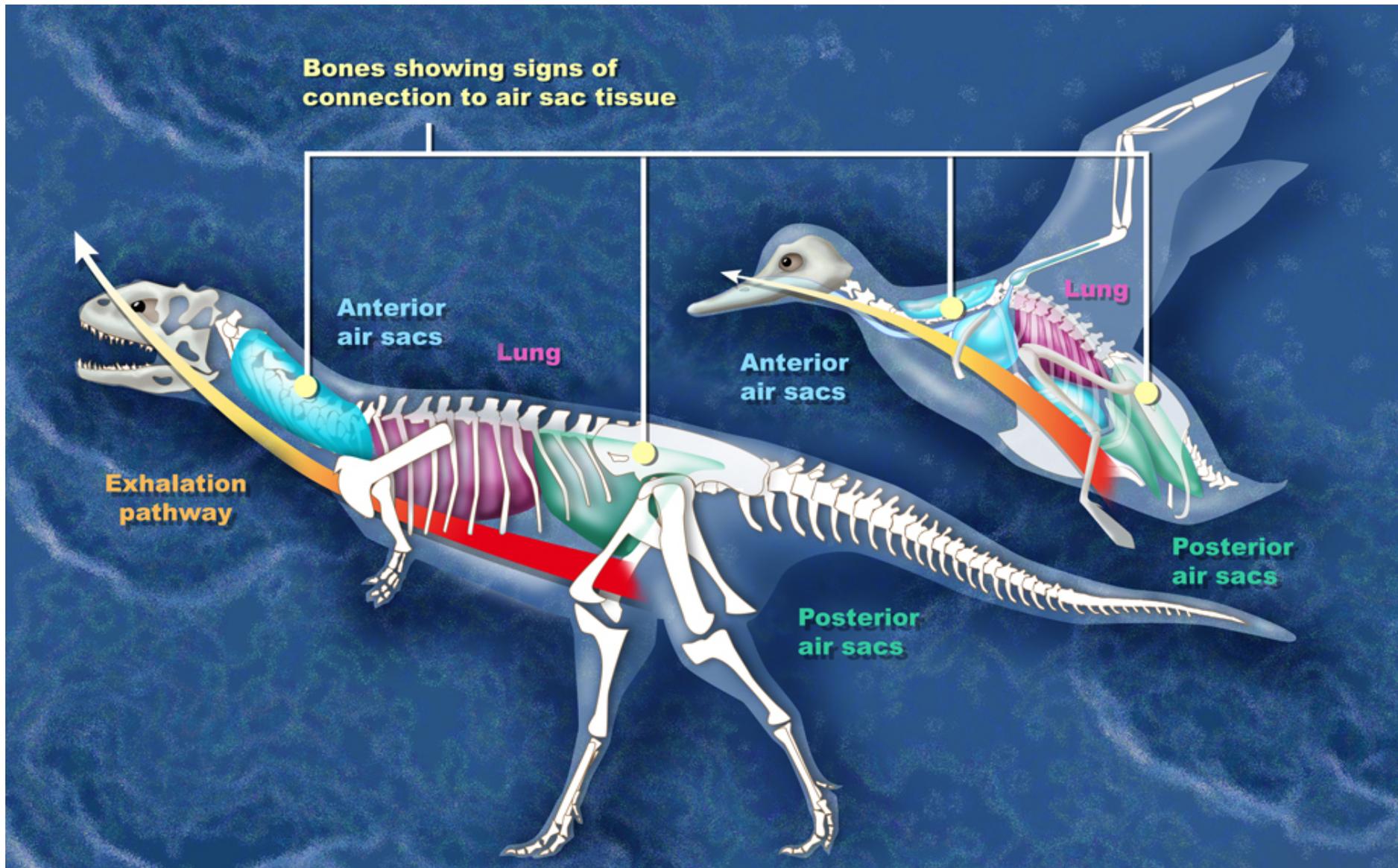
Paul C. Sereno<sup>1\*</sup>, Ricardo N. Martinez<sup>2</sup>, Jeffrey A. Wilson<sup>3</sup>, David J. Varricchio<sup>4</sup>, Oscar A. Alcober<sup>2</sup>, Hans C. E. Larsson<sup>5</sup>



Lungs  
Clavicular air sac  
Anterior thoracic air sacs  
Posterior thoracic air sacs  
Abdominal air sacs

*Aerosteon riocoloradensis*

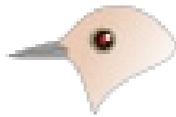
# Similitud terópodo - ave



# Tipos de picos: hábitos alimenticios



Generalist



Insect catching



Grain eating



Coniferous-seed eating



Nectar feeding



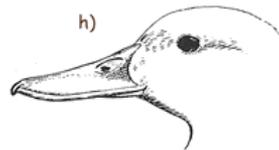
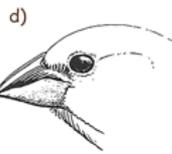
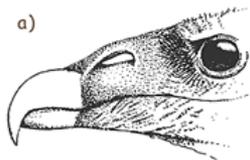
Fruit eating



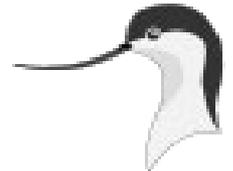
Chiseling



Dip netting



Surface skimming



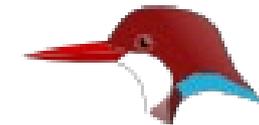
Mud probing



Probing



Filter feeding



Aerial fishing



Pursuit fishing



Scavenging



Raptorial

©

## Aves carnívoras (carroñeras y de rapiña)

- ✓ Estas aves tienen pico **GANCHUDO**  
(fuerte en el caso de águilas y halcones)



## Aves que se alimentan en el agua

- ✓ Patos aguja (*Anhinga*): pico delgado puntiagudo
- ✓ Gaviotas y albatros: pico ganchudo
- ✓ Martin pescador: pico grueso puntiagudo



## Pico filtrador

Pico forma **casi un ángulo recto**. Este diseño facilita:

- ✓ Alimentación: llena el pico con agua y lodos
  - ❖ Lengua actúa como una bomba que expulsa al exterior residuos inorgánicos
    - Nutrientes quedan retenidos en las laminillas que bordean el pico



## Aves insectívoras



- ✓ Carpinteros pico fuerte y recto que funciona como cincel, lenguas retráctiles



- ✓ Atrapamoscas con pico delgados, largos

- ✓ Vencejos, golondrinas, pájaros palo: con picos cortos con bocas grandes



## Aves que se alimentan de frutos y semillas

Los frutos son generalmente suaves y están en algunas épocas del año, por ello no existen adaptaciones morfológicas para este modo de vida, pues las aves que los consumen se alimentan también de insectos



## Aves granívoras

Se alimentan de semillas con cubiertas muy duras. Grado de especialización mayor

Los gorriones **PICO CÓNICO Y CORTO** con bordes filosos donde sostienen la semilla esto permite destruir la cubierta con rápidos movimientos laterales de la mandíbula inferior

- ✓ Las palomas solamente recolectan semillas y las tragan enteras, por lo que gran parte de la digestión se realiza en la molleja que se encuentra llena de piedras



## Aves nectarívoras

- ✓ Los colibríes se alimentan primordialmente del néctar de las flores
- ✓ Las aves nectarívoras introducen su pico largo y delgado a la corola de las flores. Los picos son variables y dependen del tipo de flor que explotan



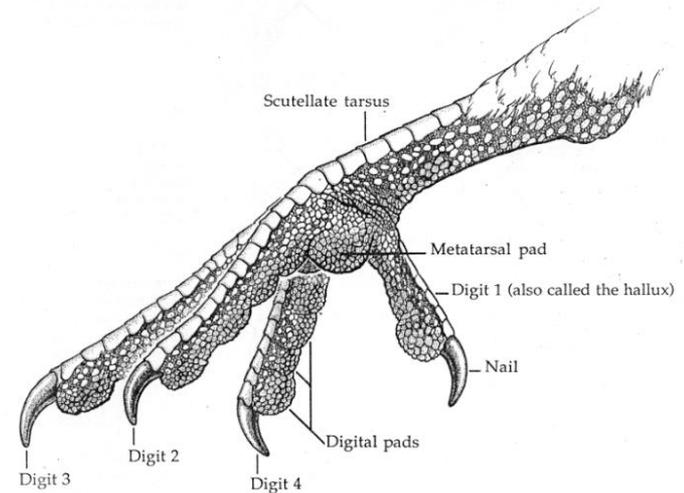
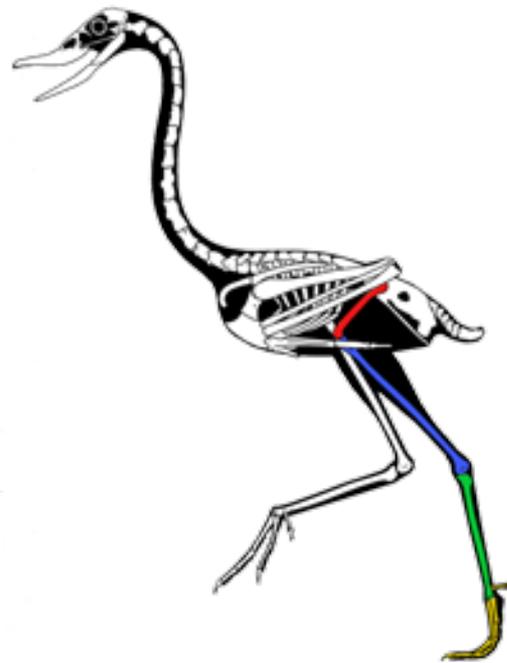
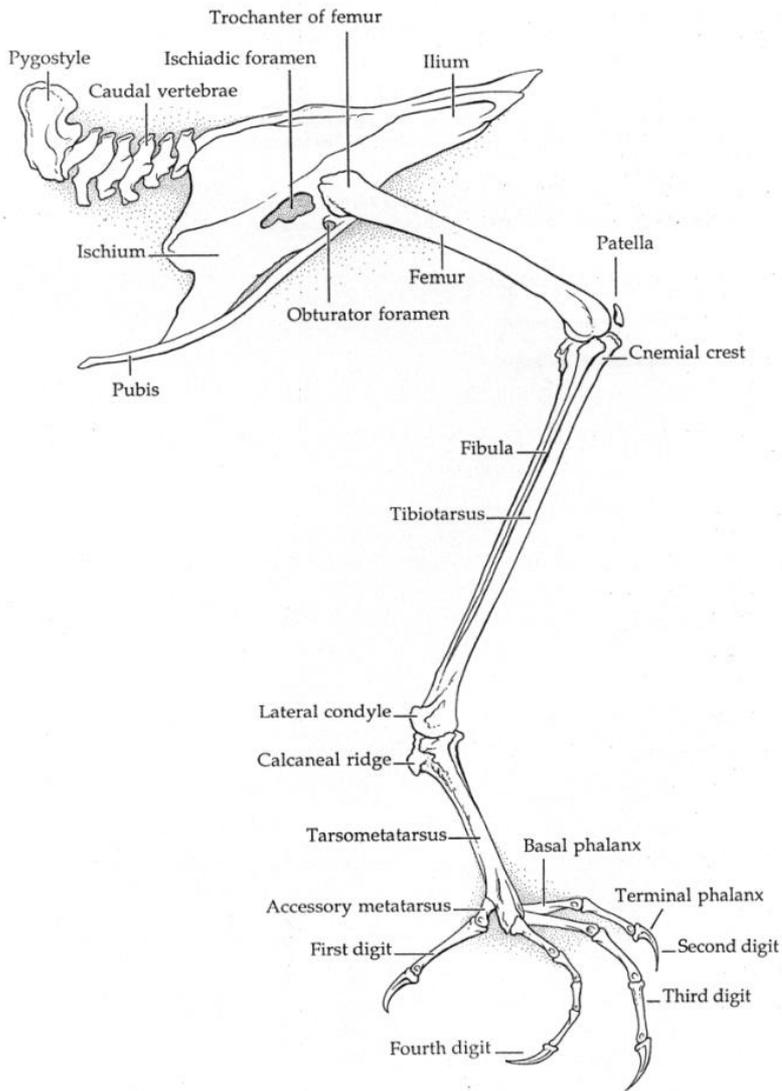


- ✓ Algunas aves como ciertos pinzones de las islas Galápagos se alimentan de la sangre que brota al picar las plumas secundarias de algunos pájaros bobos



- ✓ Los cuervos, urracas y cucús, son omnívoras, se alimentan de frutos, semillas, insectos, pequeños vertebrados y basura; capaces de explotar diferentes recursos. Picos sencillos sin modificaciones

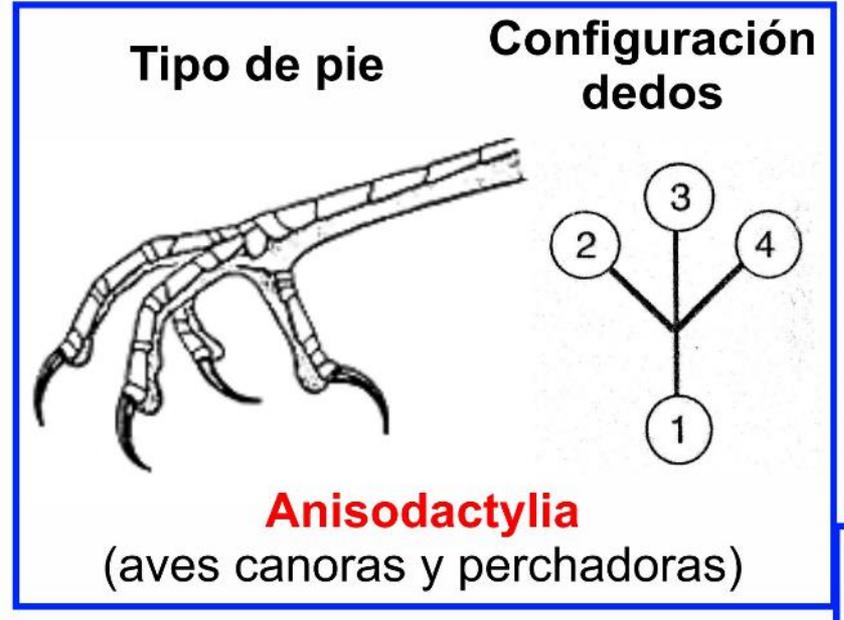
# Patas (extremidades posteriores)



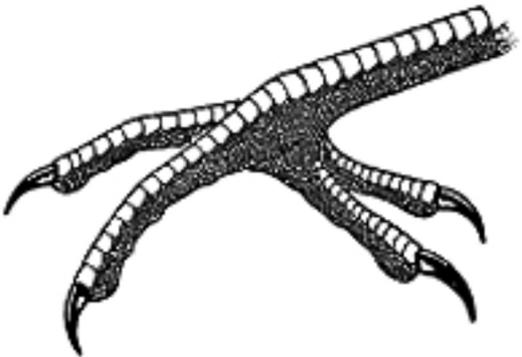
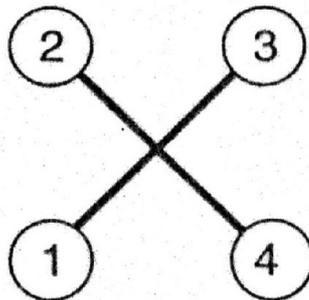
# Tipos de patas (extremidades posteriores)

## Disposición espacial de los dedos

1. **Pata anisodáctila:** tres dedos dirigidos hacia el frente y uno hacia atrás

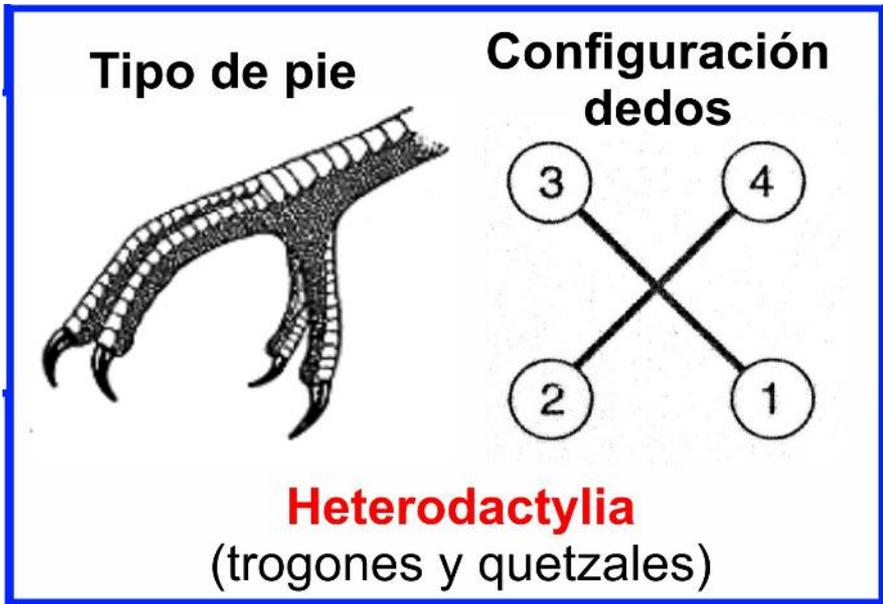


**2. Pata zigodáctila:** dedos (2-3) dirigidos al frente y dedos (1-4) hacia atrás; más facilidad para trepar troncos de árboles, mayor fuerza. Carpinteros, pericos, tucanes. (búhos zigodáctilos facultativos)

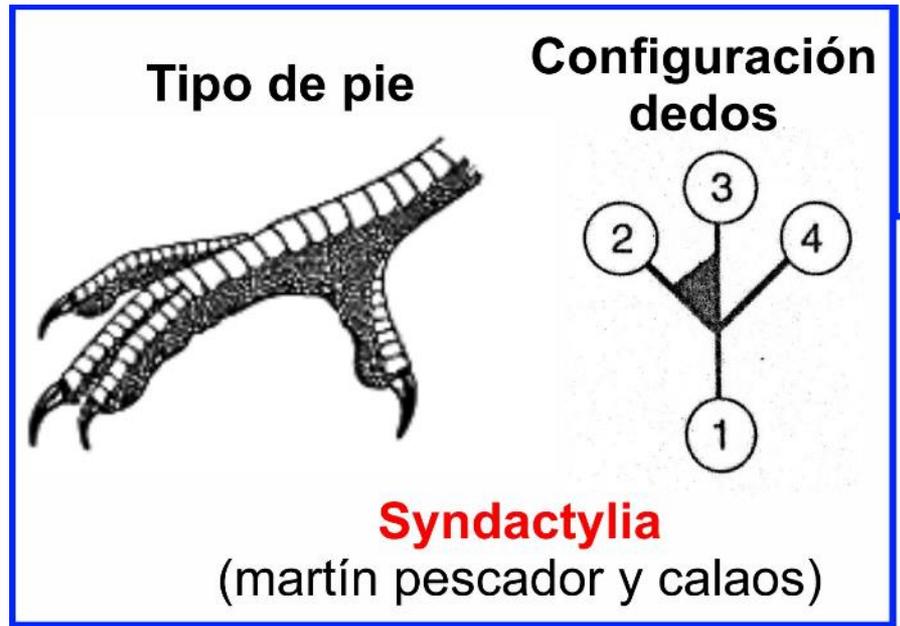
Tipo de pie	Configuración dedos
	
<p><b>Zygodactylia</b> (carpinteros, búhos, cucos, loros, vencejos)</p>	



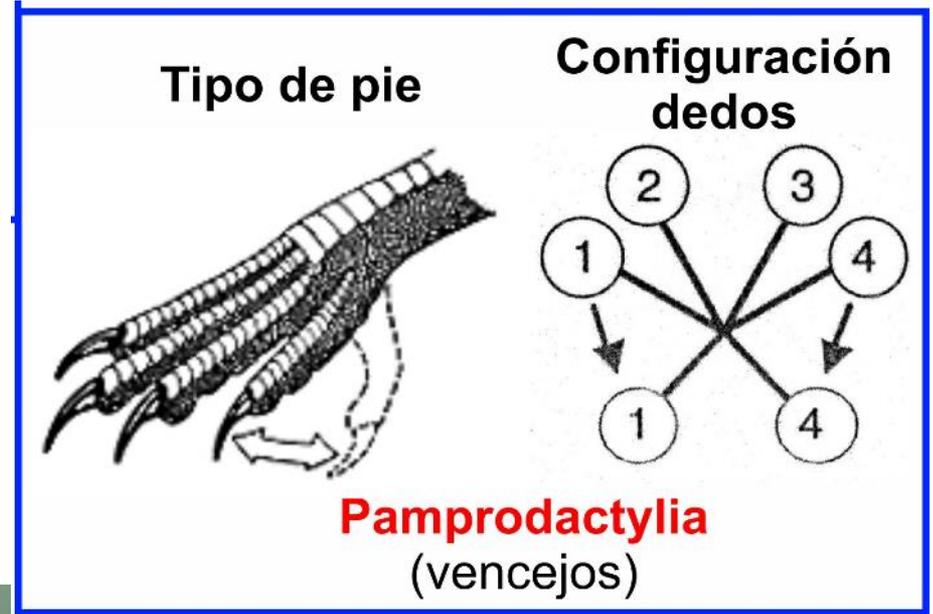
**3. Pata heterodáctila:** dos dedos dirigidos hacia adelante (3-4) y hacia atrás (1-2). Adaptados para posarse en las ramas. Familia Trogonidae (trogones y quetzales)



**4. Pata sindáctila:** dos o más dedos fusionados desde la base, aunque en la parte distal aparecen separados (trepatroncos y especialmente los martín pescadores)



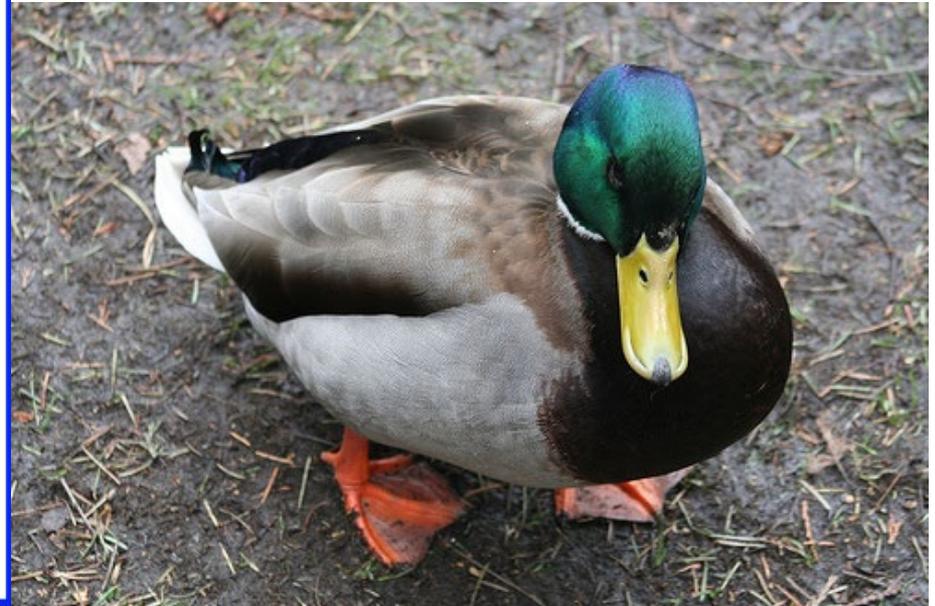
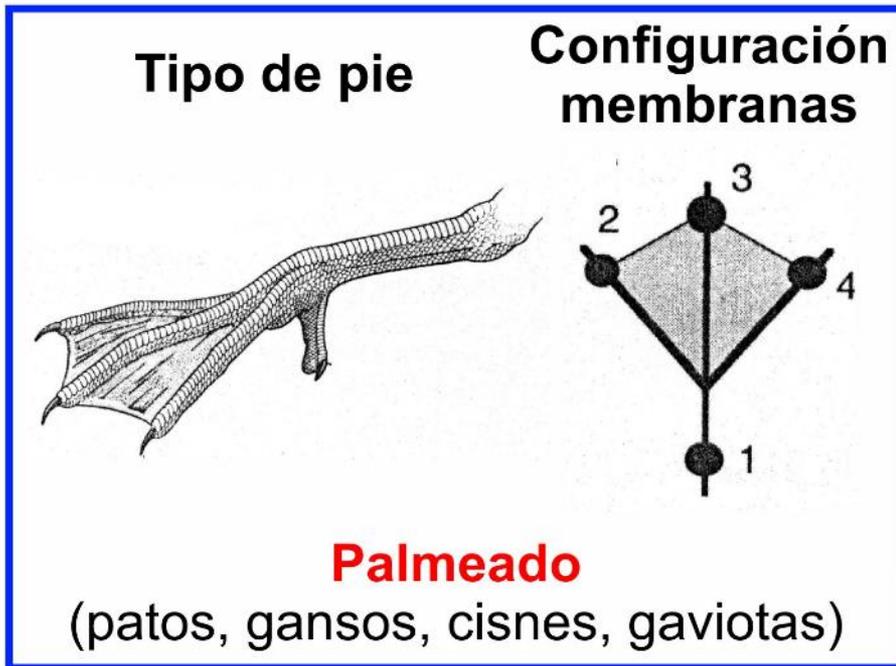
**5. Pata pamprodáctila:** aves que duermen colgadas en los riscos o encima de otros compañeros de la misma especie (vencejos y las aves ratón) son capaces de disponer los dedos de las patas todos hacia adelante a manera de ganchos



# Tipos de patas

## Disposición de membranas entre los dedos

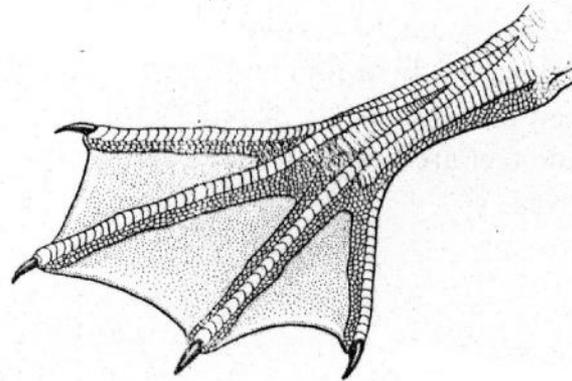
1. **Patras palmeadas:** aves acuáticas o las que se mueven en ambientes poco firmes (nieve y lodo) que necesitan estructuras accesorias en las patas como auxiliares en su desplazamiento (Patos, gaviotas, flamencos)



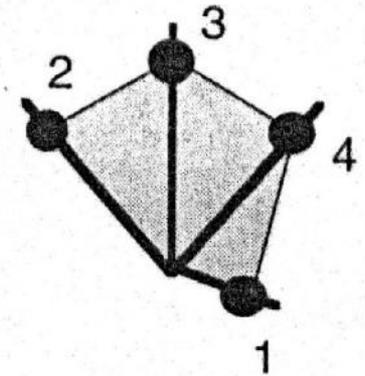
**2. Patas totipalmeadas:** los pelícanos y sus parientes presentan también una membrana, pero ésta abarca los cuatro dedos



**Tipo de pie**



**Configuración membranas**



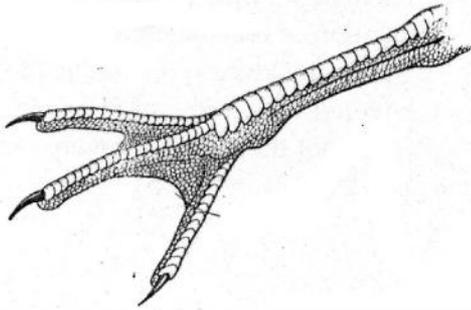
**Totipalmeado**

(pelícanos, cormoranes, piqueros)

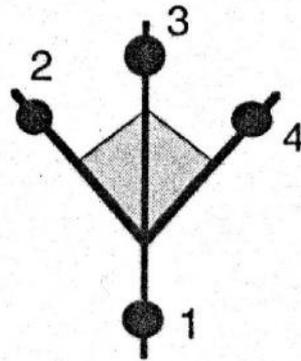


**3. Patas semipalmeadas:** aves que caminan en el lodo o entre la vegetación acuática (garzas y algunas aves de playa como los chorlitos)

**Tipo de pie**



**Configuración  
membranas**

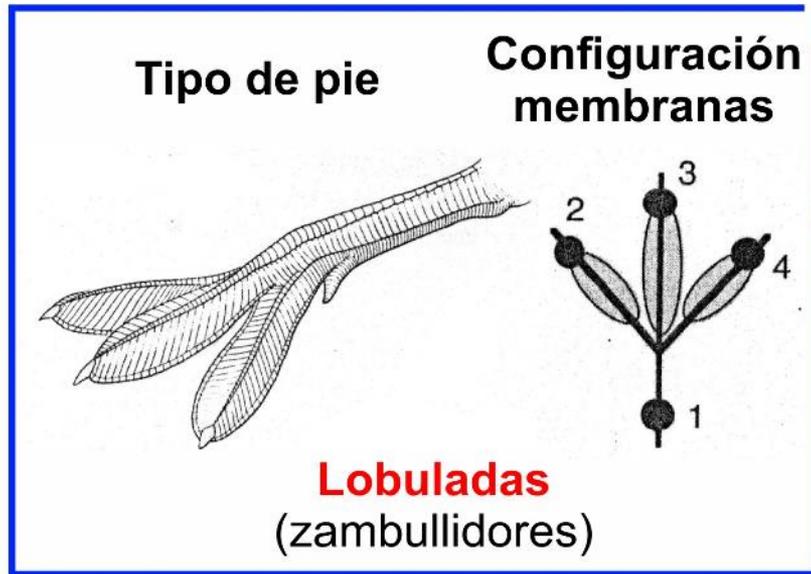


**Semipalmeado**

(Aves playeras-, pollas de agua)

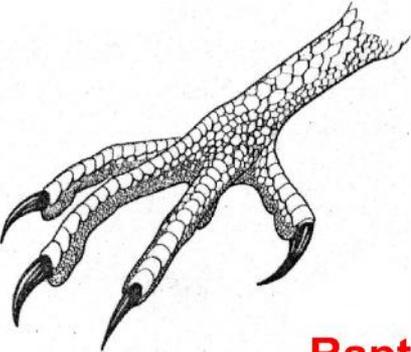


**4. Patas lobuladas:** Los zambullidores, tienen unas proyecciones córneas en forma de paleta a los lados de cada dedo

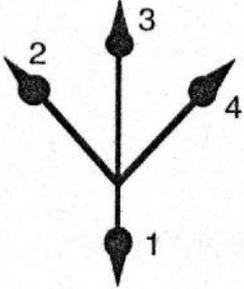


**5. Patas raptoriales:** se caracterizan por ser largas, fuertes dedos con uñas duras para agarrar, sostener y matar a sus presas (águilas, halcones)

**Tipo de pie**



**Configuración membranas**



**Raptoriales**  
(águilas, halcones, gaviñanes)

